

Elogio de Parménides

Una modesta visión de la eternidad

Gustavo E. Romero

1- Teoría y realidad

El objetivo de una teoría física es representar la realidad (p. ej., Bunge, 1967). Una premisa básica de la ciencia es que hay "cosas" en el Mundo y que esas cosas tienen propiedades (esta es una hipótesis ontológica). Las propiedades pueden ser representadas por funciones matemáticas y por otros objetos abstractos inventados por los seres humanos conforme a reglas coherentes (p. ej., Bunge, 2006). El valor de las funciones y la estructura de los objetos matemáticos de la teoría están restringidos por ecuaciones y condiciones matemáticas que representan leyes físicas, es decir, restricciones al espacio posible de los estados de las cosas. Cuando cambian las propiedades de las cosas, decimos que ocurre un *evento*. Un evento se puede especificar por un par ordenado representaciones de estados de una cosa (ver Bunge, 1977). Cada estado está caracterizado por una colección de valores de funciones de estado. Ciertamente la caracterización de una cosa no es única. El modelo específico de una cosa depende de aquellos aspectos de la realidad que la teoría aborda. La sucesión de eventos (o procesos) que ocurren con una cosa forma su *historia*.

Toda teoría física se refiere a algún tipo de entidad concreta. La existencia de esas entidades es supuesta por la teoría. Si la teoría es exitosa, ganamos confianza en la existencia de las entidades. Si la teoría fracasa, podemos considerar a las entidades postuladas sólo como hipótesis exploratorias que pueden ser abandonadas. Por ejemplo, el modelo estándar de la física de partículas supone la existencia de dos tipos diferentes de *cuantones*: leptones y quarks. Estos interactúan por medio de partículas llamadas *bosones*. La existencia de los bosones W^{+-} y Z^0 fue una hipótesis de trabajo del modelo de interacción electrodébil hasta el descubrimiento de las partículas en experimentos a finales de la década de 1970. Ahora, estos bosones son considerados tan reales como los fotones. Los taquiones, por el contrario, han sido actualmente descartados por causa tanto de razones teóricas como por la falta de evidencias observacionales. Otras partículas, como el bosón de Higgs, continúan hipotéticas, aunque plausibles hasta el momento.

Los tipos de objetos que las teorías físicas suponen como elementos del mundo pueden cambiar a medida que evoluciona nuestro conocimiento. Desde las plantas, los animales y los planetas hasta las partículas elementales y las estrellas de quarks, nuestra visión del universo puede cambiar, alterando nuestras nociones de lo que creemos que existe, de cómo son las cosas y cómo se relacionan.

2- El modelo de variedad del espacio-tiempo

La relatividad general es la teoría del espacio, el tiempo y la gravitación formulada por Albert Einstein en noviembre de 1915 (Einstein, 1916). Se trata de una teoría extraordinariamente exitosa que pasó muchas pruebas, sobre todo en los límites de campo débil o bajas energías. Es una teoría altamente compleja, donde el campo gravitacional está descrito a través de la curvatura del espacio-tiempo. Las ecuaciones de campo son diez ecuaciones diferenciales no lineales en los coeficientes del tensor métrico del espacio-tiempo. La teoría alcanza su máximo desarrollo cuando es expresada independientemente de las coordenadas en el lenguaje de la geometría diferencial abstracta. En esa formulación, conocida como modelo de variedad del espacio-tiempo (p. ej., Hawking & Ellis, 1973; Joshi, 1993). La teoría puede ser aplicada en los contextos más variados, desde objetos compactos con gravedad fuerte hasta el universo entero.

El concepto básico de esa formulación de la relatividad general es el del espacio-tiempo, introducido por Hermann Minkowski, en 1908 (Minkowski, 1909). El espacio-tiempo puede ser definido como la suma ontológica [1] de todos los eventos que ocurren en todas las cosas. No se trata de un mero conjunto, que es un objeto matemático (es decir, una ficción), sino de una propiedad relacional emergente de todas las cosas. Todo lo que ocurrió, todo lo que ocurre, todo lo que va a ocurrir es apenas un elemento del espacio-tiempo.



Figura 1: Hermann Minkowski

Como para toda propiedad física, podemos representar el espacio-tiempo como alguna estructura matemática. La estructura matemática y la propiedad representada no deben ser confundidas: la correspondencia nunca es perfecta, permanece siempre provisoria. El modelo de variedad del espacio-tiempo adopta la siguiente estructura matemática:

El espacio-tiempo puede ser representado por una variedad real C^∞ -diferenciable y cuatridimensional.

Una variedad cuatridimensional real es un conjunto que puede ser completamente cubierto por subconjuntos cuyos elementos estén en correspondencia uno en uno con subconjuntos de \mathbb{R}^4 . Cada evento es representado por un punto en la variedad (el inverso no es necesariamente cierto). Cada elemento de la variedad *representa* un evento. Adoptamos 4 dimensiones porque parece suficiente dar 4 números reales para localizar un evento y eso puede hacerse independientemente de la geometría intrínseca de la variedad. Si existe más de una caracterización de un evento, siempre podemos encontrar una ley de transformación entre los diferentes sistemas coordenados. Esta es una propiedad básica de las variedades.

Si queremos calcular distancias entre dos eventos, necesitamos más estructura en la variedad: necesitamos una estructura geométrica. Podemos conseguirla introduciendo un campo tensorial métrico g_{ab} para determinar distancias. La separación infinitesimal entre dos elementos de la variedad, que representan dos eventos del espacio-tiempo, es dada por:

$$ds^2 = g_{ab} dx^a dx^b. \quad (1)$$

El espacio-tiempo, entonces, es enteramente representado por un par ordenado (M, g) donde M es la variedad y g es el campo tensorial métrico. En la relatividad general, la métrica del espacio-tiempo esta determinada por la energía-impulso de los sistemas físicos a través de las ecuaciones de campo de Einstein. La propia métrica representa el potencial gravitacional y sus derivadas determinan las ecuaciones de movimiento a través de la conexión afín de la variedad. En forma simplificada, las ecuaciones de Einstein pueden escribirse como:

$$G_{ab}(g_{ab}) = k T_{ab}, \quad (2)$$

donde el lado izquierdo es puramente geométrico y el derecho representa a los sistemas físicos. Así, las ecuaciones relacionan la métrica del espacio-tiempo con la materia, y permiten explicar la gravitación como mera curvatura del espacio-tiempo.

Como ocurre con cualquier otra teoría física, el modelo de variedad del espacio-tiempo supone algunas entidades que son representadas matemáticamente. La premisa básica aquí es la existencia de lo que es representado por los puntos de la variedad: la totalidad de los eventos, los cambios de todas las cosas.

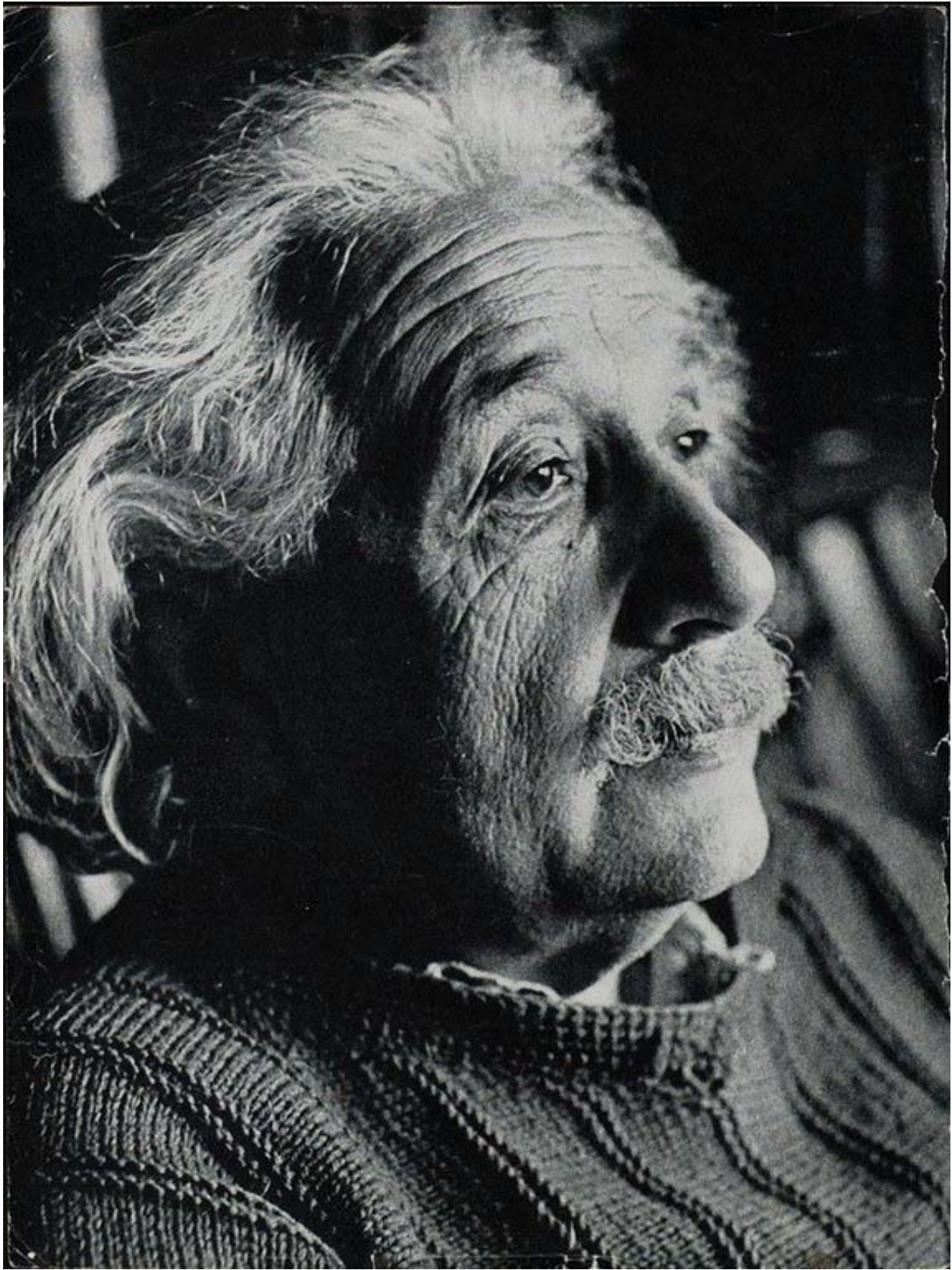


Figura 2: Albert Einstein.

Como la variedad es cuatridimensional, un proceso, o incluso toda la historia de una cosa tridimensional, puede ser repensado por un objeto cuatridimensional (p. ej., Heller, 1990; Balashov, 2010). Si bien la experiencia humana con el cambio pudo ser usada para inspirar el concepto de variedad, una vez adoptado, es posible describir el espacio-tiempo desde un punto de vista cuatridimensional, donde no existe cambio global. Una alteración del espacio-tiempo exigiría una dimensión extra que en él no esté incluida. Eso, a su vez, implicaría que el espacio-tiempo es una cosa con una propiedad relacional emergente que debería ser mediada por la dimensión extra o 'meta-tiempo'. No existe razón física para introducir tal ontología. Y si alguien estuviera dispuesto a pagar el precio para hacerlo, se sigue inmediatamente una regresión infinita, porque el 'súper espacio-tiempo' de 5 dimensiones podría cambiar, exigiendo más dimensiones extra. La inflación ontológica se tornaría inadmisibles.

Series de cambios y procesos irreversibles de cosas físicas son descriptos por asimetrías, características intrínsecas, del espacio-tiempo. La dinámica es el resultado de la comparación de diferentes porciones del espacio-tiempo. El 'presente' no es una cosa que se mueve. Es solamente un concepto, una clase de eventos. Todo eso conforma la llamada ontología del universo en bloque (p. ej., Smart, 1963; Balashov, 2010). Esa visión también fue expresada, de forma bastante poética, por Hermann Weyl (1949):

El mundo objetivo simplemente es, no transcurre. Solamente desde el punto de vista de mi conciencia, recorriendo la línea de la vida de mi cuerpo, es que una sección de ese mundo ve la vida como una imagen efímera en el espacio que cambia continuamente con el tiempo.

3 – El universo parmenidiano

Parmenides nació y vivió en Elea, una ciudad en la costa occidental del sur de Italia, desde fines del siglo VI hasta mediados del siglo V a.C. Escribió un poema titulado *Sobre lo que es*. Casi toda la primera parte del poema y fragmentos de la segunda sobrevivieron gracias a Simplicius, que copió parte del texto en el siglo VI d.C. en su comentario sobre la *Física* de Aristóteles.

La primera parte del poema se llama *El camino de la verdad*. Esa obra contiene el primer ejemplo conocido de un sistema deductivo aplicado a la realidad física. Parménides no se contentó sólo con dar su visión del mundo. Sustentó su interpretación del mundo por la deducción lógica a partir de lo que consideraba premisas evidentes. Afirmaba que no hay cambio, no hay un convertirse, no hay un llegar a ser. La realidad se muestra inmutable, eterna, inmóvil, perfecta y única. Sólo existe una cosa: el mundo. Su monotonía es absoluta. Lo que creemos es un mundo cambiante es sólo el resultado de ilusión y engaño.

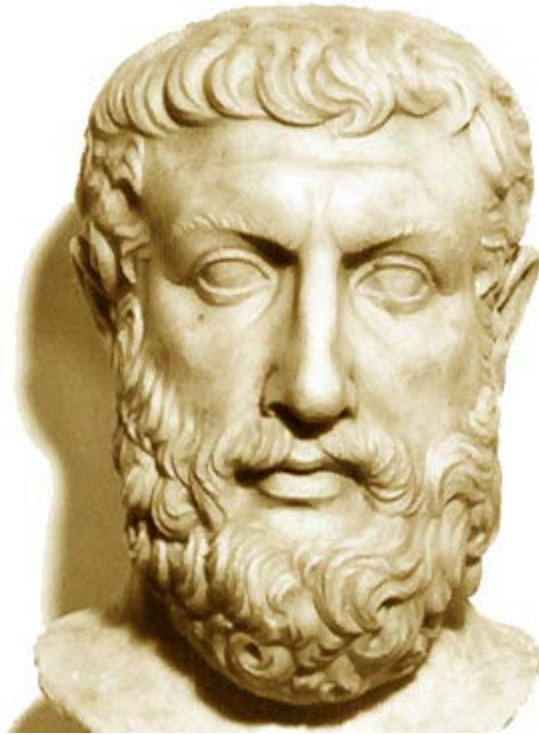


Figura 3: Parménides de Elea

Las premisas del argumento de Parménides pueden ser escritas de la siguiente forma:

-Lo que es, es.

-Lo que no es, no es.

Así, nada puede llegar a ser a partir de lo que no es, porque 'lo que no es' no es cosa alguna. *Creatio ex nihilo* no tiene sentido. El cambio es imposible, ya que, para Parménides, el cambio es la ocupación del espacio vacío, pero no puede haber 'espacio vacío'. La realidad debe ser, entonces, un bloque inmutable.

Muchos siglos después de Parménides, con el surgimiento de las teorías de campo, quedó claro que el cambio puede ocurrir aún en un universo lleno: el cambio no requiere un espacio vacío. Una perturbación en un campo que ocupe todo el universo es un cambio.

El concepto de cambio es imprescindible en el modelo de variedad del espacio-tiempo. Pero una vez que la geometría de la variedad es determinada por un campo tensorial su estructura esta fija. El universo es representado por el triplete (M, g, T) , donde T es el campo tensorial que representa las propiedades (energía e impulso) de las cosas. Puntos de la variedad representan eventos, pero no hay eventos o cambios afectando el espacio-tiempo como un todo. El espacio-tiempo cuadrimensional, matemáticamente representado por la variedad, es inmutable, eterno, inmóvil, único, así como el universo de Parménides. Lo que llamamos procesos irreversibles son descritos por asimetrías en la variedad. Los objetos que constituyen el universo son cuadrimensionales. Tienen 'partes temporales', así como partes espaciales. De esta forma, el niño que un día fui es solamente una parte de un ser

mayor, yo, que es cuatridimensional. Lo que llamamos 'nacimiento' y 'muerte' son apenas fronteras temporales de ese ser. El cambio aparece sólo cuando consideramos porciones tridimensionales de objetos cuatridimensionales. En las palabras de Max Tegmark:

El tiempo es la cuarta dimensión. El paso del tiempo es una ilusión. Tenemos esa ilusión de un mundo cambiante, tridimensional, aunque nada cambia en la unión cuatridimensional del espacio y del tiempo de la teoría de la relatividad de Einstein. Si la vida fuese una película, la realidad física sería un DVD entero: cuadros pasados y futuros existen tanto como el presente [2].

No parece injusto llamar a esa interpretación del espacio-tiempo una visión parmediana del mundo. Parménides, podemos decir, esta de vuelta con una venganza, en 4 dimensiones.

4 – Objeciones

Recientemente, Mario Bunge (2011) criticó duramente la interpretación del modelo de variedad del espacio-tiempo arriba descrito. La idea central de su argumentación es la siguiente:

Si puntos en una grilla del espacio-tiempo son identificados como eventos, en vez de decir que representan eventos posibles, el devenir desaparece. Pero eso es un absurdo: usted aún esta vivo, sus bisnietos aún no nacieron, la próxima crisis económica aún esta por venir, el sol aún no estalló, y así sucesivamente. Novedades ocurren objetivamente todo el tiempo, aún cuando el origen del tiempo sea convencional. Como la conclusión neo-parmenidiana es totalmente falsa, su premisa debe ser falsa también. ¿Cual era la premisa? Que puntos del espacio-tiempo = eventos, en lugar de puntos del espacio-tiempo representan eventos. O sea, el problema en cuestión es una falacia semántica: la de identificar el mapa con el territorio, el retrato con el retratado, el diagrama con la red, el modelo con su referente.

Sostengo que no hay una falacia semántica aquí. Como queda claro a partir de las definiciones dadas arriba, el espacio-tiempo no tiene 'puntos'. El espacio-tiempo fue definido como una colección de *eventos*. Es una propiedad relacional emergente de todas las cosas cambiantes. La variedad, que es ciertamente un concepto matemático, *representa* el espacio-tiempo, y los elementos de la variedad representan eventos. No concuerdo con que el espacio-tiempo sea una *cosa*, conforme sostienen los substantivistas (p. ej., Nerlich, 1994). Sostengo que el espacio-tiempo es una propiedad emergente de todas las cosas materiales. Se trata de la mismísima posición sostenida por Bunge (1977) y desarrollada por Perez-Bergliaffa et al. (1998), entre otros. El 'retrato' es el modelo de variedad, el 'retratado' es el espacio-tiempo, y el espacio-tiempo emerge de cosas cambiantes. Por lo tanto, la premisa ontológica del modelo de variedad del espacio-tiempo es la de que las cosas cambian, algo que Bunge probablemente no va a negar. Pero el propio espacio-tiempo no puede cambiar, al menos que aceptemos un tiempo multidimensional, no estando las dimensiones extras incluidas en el espacio-tiempo (ver argumentos contra el tiempo multidimensional en Bunge, 1958).

La emergencia del espacio-tiempo a partir de cosas básicas cambiantes también es esencial para los fundamentos de la gravedad cuántica (p. ej., Rovelli, 2004). Si las cosas se relacionan discontinuamente, el propio espacio-tiempo debería exhibir características cuánticas.

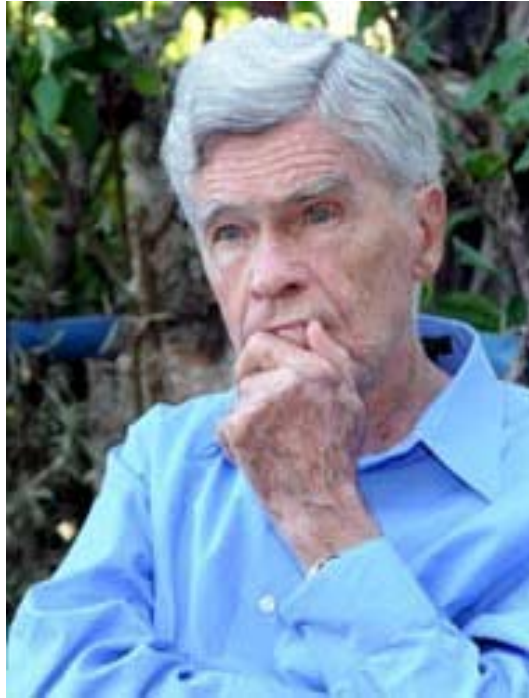


Figura 4: Mario Bunge

Otro argumento de Bunge es:

... la noción de que el tiempo es sólo una dimensión geométrica, en conjunto con las otras tres (o siete), es falsa también, como es demostrado por el papel privilegiado que tiene en las ecuaciones de movimiento. Por ejemplo, la ecuación de Hamilton $dp/dt = \partial H/\partial x$ no tiene contrapartida espacial. Del mismo modo, las condiciones de frontera, tan importantes en la mecánica del continuo y en la mecánica cuántica, no tienen contrapartidas temporales.

Esas afirmaciones se basan en una interpretación incorrecta del modelo de la variedad. El tiempo no está en pie de igualdad con las otras dimensiones, ya que la métrica del espacio-tiempo es representada por un campo tensorial de traza -2, y no 4. La variedad es localmente lorentziana, no euclidiana, y por lo tanto representa correctamente el papel distintivo del tiempo. Una mera 'espacialización' del tiempo es inconsistente con nuestro conocimiento actual de la naturaleza. Además de esto, pueden encontrarse inconsistencias en el presentismo defendido por Bunge: en un universo con una velocidad constante y finita para la propagación de las interacciones, la simultaneidad no es absoluta como en un espacio newtoniano (Einstein, 1905) y el pasado y el futuro de eventos no conectados casualmente son relativos a un sistema de referencia. Eso no significa que algunos eventos existan con respecto a un sistema y no a otro. Las restricciones impuestas a un sistema de referencia físico son epistemológicas, no ontológicas. La existencia es invariante sobre transformaciones generales de coordenadas. Los eventos que llamamos 'futuros' son tan reales como aquellos que llamamos 'pasados' (p. ej., Putnam, 1967).

En cuanto a las condiciones de borde, sus contrapartidas temporales son las llamadas

condiciones iniciales. Las condiciones de borde en el espacio-tiempo deben ser fijadas en 4 dimensiones para hacer predicciones. No debemos confundir el poder predictivo de nuestras teorías con el determinismo ontológico. Este es una doctrina metafísica: la doctrina de que todos los eventos existen, independientes de nuestra capacidad de conocerlos o predecirlos. El modelo de variedad del espacio-tiempo es ontológicamente determinista, aunque sea compatible con la indeterminación epistémica.

Puede ser que el modelo de espacio-tiempo sea, en última instancia, incorrecto. Todas las representaciones de la realidad son meras aproximaciones imperfectas. Pero los problemas del modelo no son semánticos. Están más relacionados probablemente con la aplicabilidad del concepto de variedad para representar eventos en la escala de Planck.

5 – El río de Heráclito

Es común oponer a las ideas de Parménides de realidad inmutable la visión heraclítica de que 'todo fluye'. Esa opinión, ciertamente, no se basa en los fragmentos existentes, sino que en la interpretación de Platón, presentada en su *Cratilo* (DK 22A6 [3]):

Todas las cosas se mueven y nada queda, y, asemejando cosas existentes con el fluir de un río, él dice que no se puede entrar dos veces en el mismo río.

El origen de esto parece estar en el fragmento de Heráclito DK 22B12:

Para los que entran siempre en los mismos ríos, fluyen aguas siempre diferentes.

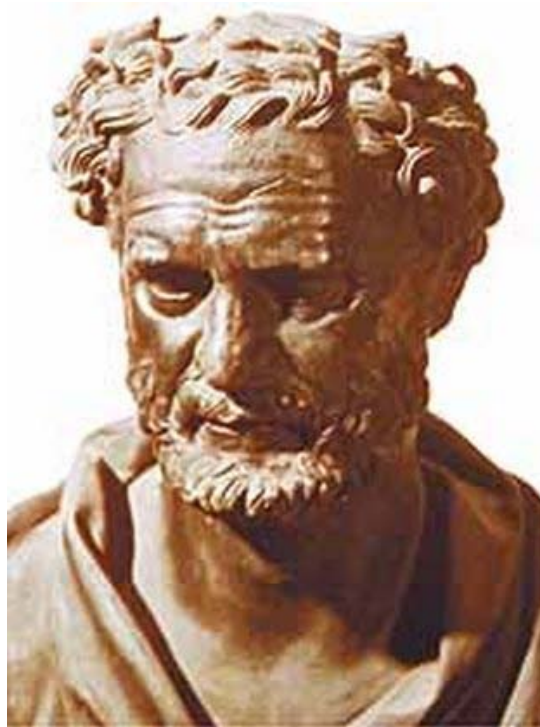


Figura 5: Heráclito de Éfeso.

En el *Teeto*, Platón además atribuye a Heráclito la idea de que todas las cosas están siempre cambiando en todos los aspectos. Como ya fuera indicado por McKirahan (1994), Platón está considerando no el pensamiento de Heráclito, sino algunas elaboraciones extremistas hechas mucho más tarde por heraclitianos o tal vez hasta por Cratilo. Los fragmentos de Heráclito parecen enfatizar la estabilidad a través de cambio y no un COSMOS en mutación (κόσμος). Es más, un COSMOS basado solamente en el cambio, sin estabilidad o ARMONÍA (αρμονία), es una contradicción en términos, una *contradicto in adjecto*: sería el CAOS (Χάος). La idea más importante en los fragmentos de Heráclito es que existe un LOGOS (λόγος) en el COSMOS, una especie de principio general que se aplica a todo. Si permanecemos fieles a los fragmentos existentes, vemos que Heráclito declara que la estabilidad es alcanzada a través del cambio continuo. Si un río no fluye, si no 'contiene' cambio, no es un río: es un lago. Es sólo a través del cambio que el río alcanza su estabilidad. Lo mismo se puede extender a todas las cosas. Fragmento DK 22B84a:

Cambiando, está en reposo.

Heráclito, además, comparte algunas inquietudes epistemológicas y ontológicas con Parménides, como se muestra en DK 22B59 y DK 22B123, respectivamente:

Escuchando no a mí, sino al LOGOS, es sabio concordar que todas las cosas son una sola.

La naturaleza gusta de esconderse.

Ofrezco al lector la sugerencia de que el antagonismo ontológico entre Parménides y Heráclito, normalmente mencionado por tantos autores, es el resultado de una tradición doxográfica que se origina en Platón. No hay mucho en el poema de Parménides, ni en los fragmentos existentes de Heráclito, que apoyen una oposición frontal. El COSMOS (el espacio-tiempo en una visión más moderna) puede ser inmutable y, no obstante, estar formado por cosas cambiantes. Tal como el río de Heráclito.

6 – Conclusión: el tiempo no pasa

No predico la espacialización del tiempo. Sostengo, meramente, que el espacio-tiempo, una propiedad emergente de todas las cosas, no puede cambiar. No hay nada respecto de lo cual el espacio-tiempo pueda cambiar, ya que lo incluye todo. Procesos irreversibles son representados por asimetrías de la variedad que proporciona un modelo para el espacio-tiempo. El espacio-tiempo puede ser modelado porque forma parte de la realidad física, como cualquier otra propiedad relacional. El tiempo no fluye. No puede fluir porque no es una cosa. El tiempo no pasa. Nosotros, sí.

Apéndice

Presentismo

El presentismo, doctrina defendida por Bunge, puede definirse como la tesis de que sólo el presente es real. Más precisamente (ver Crisp, 2010):

Presentismo. Es siempre el caso en que, para cada x , x es presente.

El 'presente' parece referirse a un dado instante de tiempo. El tiempo es normalmente representado por un continuo de una dimensión real. Es claro que la elección del origen de coordenadas, cuando adoptamos una métrica para el tiempo, es convencional. Los eventos señalizados por diferentes instantes, en cambio, no lo son. ¿Qué evento es presente? ¿Cuándo es el presente? La respuesta para ser "ahora". 'Ahora', como sugerí en otro lugar, parece ser una clase de eventos que se relacionan con un dado estado cerebral (Romero 2011, ver también Grünbaum, 1973). Si esta hipótesis es correcta, el 'presente' es una construcción del cerebro basado en su interacción con una clase de cosas cambiantes que lo afectan. El 'presente' no es una cosa que se desplaza del pasado hacia el futuro. Todo proceso cerebral conciente tiene su propio presente.

Algunas personas piensan en el presente como un tipo de frontera entre lo que existió (y de alguna forma desapareció) y lo que no existe: el futuro. Las cosas surgen de la nada, existen durante un período, y después desaparecen para siempre. Eso viola lo que probablemente sea el principio más básico de la ciencia, un principio introducido por Parménides: nada surge de la nada. El presentismo implica que todo surge de la nada, todo el tiempo, y desaparece de vuelta en la nada después de un intervalo de tiempo indivisible. Hasta Heráclito, me atrevo a decir, quedaría aterrorizado.

El presentismo es también incompatible con la física moderna. Consideremos dos eventos: yo digito esta línea (evento $e1$) y una supernova explota en la galaxia M83 ($e2$). Esos eventos pueden ser considerados simultáneos para algunos 'observadores' (o sea, cuando los medimos en algún sistema de referencia), o relacionados por ' $e1$ anterior a $e2$ ' en otro referencial, o ' $e1$ es posterior a $e2$ ' en aún otro referencial. El hecho es que ambos eventos existen, sean presente o no para algunas personas. De la misma forma, Parménides existe en alguna región del espacio-tiempo, que cubre Elea y parte de la Grecia antigua entre, digamos, 515 y 450 a.C. Y, durante algún tiempo, compartió su presente con Zenón. Yo existo más allá de la región del espacio-tiempo ocupada por Parménides. Nunca nos encontraremos. Pero ambos somos parte del mismo espacio-tiempo. Me siento afortunado por eso.

Agradecimientos

Estoy muy agradecido al profesor Mario Bunge por discusiones, charlas y consejos a lo largo de ya más de 20 años. Agradezco a Santiago Perez Bergliaffa, a Valenti Bosch-Ramon y a Daniela Pérez por comentarios valiosos sobre el texto original. María Victoria del Valle me ha brindado una valiosa ayuda en la traducción del este texto.

Referencias

- Y. Balashov (2010). Persistence and Spacetime. Oxford: Oxford University Press.
- M. Bunge (1958). On multi-dimensional time. *British J. Phil. Sci.* 9: 39.
- M. Bunge (1967). *Foundations of Physics*. Berlin: Springer-Verlag.
- M. Bunge (1977). *Ontology I: The Furniture of the World*. Dordrecht: Kluwer.
- M. Bunge (2006). *Chasing Reality*. Toronto: University of Toronto Press.
- M. Bunge (2011). *Parmenides redux?*, preprint.
- T.M. Crisp (2003). Presentism. In: M.J. Loux and D.W. Zimmerman (Eds.), *The Oxford Handbook of Metaphysics*. Oxford: Oxford University Press (pp. 211-245).
- E. Eaves (2008). What is Time?, in *Forbes*, February 29th.
- A. Einstein (1905). Zur Electrodynamik bewegter Körper, *Annalen der Physik* 322, 891-321.
- A. Einstein (1916). Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie, *Annalen der Physik* 49, 769-822.
- A. Grünbaum (1973). *Philosophical Problems of Space and Time*. Dordrecht: Reidel, 2nd ed.
- S.W. Hawking, and G.F.R. Ellis (1973). *The Large Scale Structure of Space-Time*. Cambridge: Cambridge University Press.
- M. Heller (1990). *The Ontology of Physical Objects*. Cambridge: Cambridge University Press.
- P.S. Joshi (1993). *Global Aspects in Gravitation and Cosmology*. Oxford Clarendon Press.
- R.D. McKirahan (1994). *Philosophy before Socrates*. Indianapolis Hackett Publishing Co..
- H. Minkowski (1909). Lecture "Raum und Zeit, 80th Versammlung Deutscher Naturforscher (Köln, 1908)". *Physikalische Zeitschrift* 10, 75-88.
- G. Nerlich (1994). *The Shape of Space*, Cambridge: Cambridge University Press.
- S.E. Perez Berglia_a, G. E. Romero, and H. Vucetich (1998). Toward an axiomatic pregeometry of space-time, *Int. J. Theor. Phys.* 37, 2281-2298.
- H. Putnam (1967). Time and Physical Geometry, *The Journal of Philosophy* 64, 240-247.
- G.E. Romero, *Brain and Cosmos*, en prensa (2012).

C. Rovelli (2004). *Quantum Gravity*, Cambridge: Cambridge University Press.

J.J.C. Smart (1963). *Philosophy and Scientific Realism*. New York: Routledge and Kegan Paul.

H. Weyl (1949). *Philosophy of Mathematics and Natural Science*. Princeton: Princeton

Notas

[1] Escribo *suma ontológica* y no 'agregación mereológica' porque no considero el espacio-tiempo como una cosa, ni como un individuo, pero, sí, como una propiedad emergente de todas las cosas cambiantes. Ver Perez Bergliaffa et al. (1998).

[2] A partir de una entrevista de Eaves (2008).

[3] La notación se refiere a doxografía en H. Diels e W. Kranz, *Die Fragmente de repente Vorsokratiker*, 6ª ed., Berlín, 1951.

Sobre el autor:

Gustavo E. Romero es Doctor en Física por la Universidad Nacional de La Plata. Actualmente es Profesor Titular de Astrofísica Relativista en la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la UNLP e Investigador Principal del CONICET, con lugar de trabajo en el Instituto Argentino de Radioastronomía. Dirige el Grupo de Astrofísica Relativista y Radioastronomía (GARRA), ha sido Profesor Visitante de las universidades de Barcelona, Paris VII, Campinas y Hong Kong, entre otras, e Investigador Visitante del Max-Planck-Institut für Kernphysik (Heidelberg), el Service d'Astrophysique (Saclay, Francia), el Instituto di Astrofísica Spaziale e Física Còsmica (IASF, Bologna, Italia), etc. Ha recibido los máximos premios a la investigación científica en Argentina: El Premio Bernardo Houssay del MCyT (único argentino en recibirlo en dos oportunidades), el Premio J.L. Sérsic de la Asociación Argentina de Astronomía y el Premio E. Gaviola de la Academia Nacional de Ciencias. Fue Presidente de la Asociación Argentina de Astronomía. También ha recibido varias distinciones internacionales, incluyendo dos menciones de honor de la Gravity Research Foundation. El Dr. Romero ha publicado más de 290 artículos sobre gravitación, astrofísica, filosofía y religión. Entre sus libros se destacan "¿Es Posible Viajar en el Tiempo?" (Ed. Kaicron, BsAs, 2010) e "Introducción a la Astrofísica Relativista" (Publicaciones de la Universidad de Barcelona, 2011). Actualmente es Subdirector de nuestro Instituto.



Gustavo E. Romero, en Éfeso.