

# *Evolution of the Cosmological Time Concept*

## *Evolução do Conceito de Tempo Cosmológico*

### **Evolución del Concepto del Tiempo Cosmológico**

**Franchesca Tiglioli H.**

Verona University  
ftiglioli@rediffmail.com

(Artículo de REFLEXIÓN. Recibido el 03/02/2011. Aprobado el 21/04/2011)

#### **Abstract**

The concept of time has evolved, from the ancient Greeks, *along* a period of *more than* two thousand years. With the emergence of the individual sciences, *the* problem shifted from philosophy to natural science, and physics, as the base of *fundamental* science, *performance* an essential role in this matter. Early last century, *Einstein* revolutionized the concept of time with the Theory of Relativity. But what are the logical connections of the modern concept of time with ancient philosophy? This article compares Aristotle's ideas about time with *the* physics posterior at Einstein, and argues how this comparison suggests an interesting interpretation of time in modern cosmology.

#### **Resumo**

O conceito de tempo evoluiu desde os antigos gregos, num período de mais de dois mil anos. Com o surgimento das ciências individuais, o problema passou da filosofia à ciência natural e física, como a fundação da ciência básica desempenha um papel essencial nesta matéria. No início do século passado, Einstein revolucionou o conceito de tempo com a Teoria da Relatividade. Mas quais são as conexões lógicas do conceito moderno de tempo com a filosofia antiga? Este artigo compara as idéias de Aristóteles sobre o tempo com os da física pós-Einstein, e discute como esta comparação sugere uma interpretação interessante do tempo na cosmologia moderna.

#### **Resumen**

El concepto del tiempo ha evolucionado, desde los antiguos griegos, a lo largo de un período de más de dos mil años. Con el surgimiento de las ciencias particulares, el problema se desplazó desde la filosofía a las ciencias naturales, y la física, como la base de la ciencia fundamental, desempeña un papel esencial en este asunto. A principios del siglo pasado, Einstein revolucionó el concepto de tiempo con la Teoría de la Relatividad. Pero, ¿cuáles son las conexiones lógicas del concepto moderno de tiempo con la filosofía antigua? En este artículo se comparan las ideas de Aristóteles acerca del tiempo con las de la física posterior a Einstein, y se argumenta cómo esta comparación sugiere una interesante interpretación del tiempo en la cosmología moderna.

**Keywords:** Time, cosmology, philosophy, Theory of Relativity.

**Palavras-chave:** Tempo, cosmologia, filosofia, Teoria da Relatividade.

**Palabras clave:** Tiempo, cosmología, filosofía, Teoría de la Relatividad.

#### **1. Introducción**

¿Qué es el tiempo? Qué es pues el tiempo, se pregunta San Agustín en el siglo IV, a lo que ofrece su famosa respuesta: "Para mis adentros y sin que nadie me lo pregunte, yo sé qué es. Pero si quiero explicárselo a alguien, no sé" [1, p. 230]. Aristóteles analiza a fondo el concepto del tiempo en su obra, en la que habla de tres problemas fundamentales en relación con el tiempo, y que los filósofos posteriores trataron una y otra vez:

1. La existencia del tiempo
2. La conexión del tiempo y el cambio
3. La continuidad

#### **2. Tiempo y cambio**

Aristóteles articula el tiempo al movimiento o cambio y trata de averiguar lo que es el tiempo en un movimiento. Argumenta que el tiempo se manifiesta en el cambio de las cosas pero que el cambio mismo no es el tiempo. "Debido a que el tiempo también es cambio o algún aspecto del cambio; y ya que no es el cambio en sí, debe ser algún aspecto del cambio", y "...no sólo medimos el movimiento mediante el

tiempo, sino también el tiempo mediante el movimiento, porque uno define al otro" [2, p. 43].

A primera vista este argumento parece de poca utilidad: que el movimiento sea medido con la ayuda del tiempo es bien sabido, por ejemplo, en la medición de la velocidad; también tenemos un tiempo récord en términos de movimiento; el cambio de las manecillas de un reloj nos indica el tiempo transcurrido. Aristóteles es consciente de su argumento circular, y se pregunta ¿cuál es entonces el cambio que determina el tiempo? Sostiene que hay un movimiento lento y rápido, pero que el tiempo es el mismo. La idea principal de Aristóteles consiste en singularizar una marcha "limitada" concreta: "Ahora hay locomoción, y como un tipo de locomoción, la marcha circular, y puesto que cada cosa es contada por una cosa de la misma naturaleza, y por lo tanto también el tiempo por algún tiempo definido, y puesto que, como hemos dicho, el tiempo se mide por el cambio y el cambio por el tiempo... entonces la marcha uniforme es la mayor de todas las medidas..." [2, p. 53].

Pero, ¿qué es la marcha circular? Es la causa por la que piensa que el tiempo es la marcha de la esfera celeste, ya que los otros cambios son medidos por ésta, y el tiempo por dicho cambio [2, p. 53]. Aristóteles introduce 53 esferas celestes para explicar el movimiento de los cuerpos celestes, y para él el tiempo se define por la marcha de estas esferas, especialmente por las estrellas fijas. Sin este tiempo no pueden ser medidas y por lo tanto no es tiempo. En un sentido generalizado se podría decir que el tiempo está determinado por el movimiento de los cuerpos en el universo.

Antes de contrastar estas ideas con el concepto moderno de tiempo en la cosmología, es necesario recordar muy brevemente algunos hitos en el desarrollo del concepto de tiempo. San Agustín critica a Aristóteles en sus "Confesiones" de esta manera: "He escuchado a una persona culta decir que el movimiento del sol, la luna y las estrellas en sí mismos constituyen el tiempo. ¿Por qué debería esto consistir tiempo y no la circulación de todos los objetos físicos? Si los cuerpos celestes paran y una rueda de alfarero gira, no habría tiempo allí..." [1, p. 237]. También duda del concepto de tiempo definido por el movimiento de las estrellas, y es aún más explícito en su declaración: "Que nadie me diga entonces que el tiempo es el movimiento de los cuerpos celestes. En la oración de un hombre el sol se detuvo, por lo que la batalla pudo llevarse hasta la victoria (José.10:12); el sol se detuvo, pero el tiempo continuó avanzando" [1, p. 238]. San Agustín se refiere a la batalla bíblica de José contra los amorreos en el Antiguo Testamento.

### 3. Tiempo absoluto

Más de mil años después de esto, Isaac Newton toma la crítica de San Agustín y postula la existencia de un tiempo absoluto: "El tiempo es absoluto, verdadero y matemático, en sí mismo, y por su propia naturaleza fluye ecuánime sin relación con nada externo..." [3, p. 6-12]. Pero admite que este tiempo absoluto podría ser imposible de medir: "...Todo movimiento puede ser acelerado y retardado, pero el flujo del tiempo absoluto no está sujeta a cambios".

Además, el tiempo absoluto de Newton introduce el concepto de espacio absoluto con respecto al cual el movimiento y el reposo se definen sin ambigüedades. El filósofo y físico austriaco Ernst Mach retoma el tema del tiempo en su tratado y afirma que Newton no cumple con su propia idea de estudiar sólo los hechos: "Este tiempo absoluto no se puede leer en cualquier movimiento, por lo tanto no tiene valor práctico ni científico... somos completamente incapaces de medir el cambio de los objetos con respecto al tiempo. El tiempo es una abstracción a la que llegamos por el cambio de los objetos, ya que no se basa en una medida concreta debido a que todos están interconectados" [4, p. 236]. Mach subraya que no es necesario seleccionar a un cierto movimiento para medir el tiempo, pero en su lugar y debido a la

"interconexión", es posible llegar a una abstracción consistente que se denota como tiempo. Después de Mach, el tiempo absoluto quedó sin ninguna base. En contraste, la interacción de todos los componentes en el universo podría conducir a un tiempo universal.

### 4. Del tiempo real al relativo

A pesar de esta crítica, el concepto newtoniano de tiempo absoluto sirvió como base, por más de 200 años, para la descripción de los aspectos físicos de la naturaleza. Especialmente en la mecánica celeste clásica, como la descripción de las órbitas planetarias, la predicción de los eclipses de sol y de luna, y para describir gravitacionalmente al sistema delimitado en general, ya que las observaciones encuadraban excelentemente con la teoría newtoniana de la gravedad. Sin embargo, a comienzos del siglo pasado se inició una revisión radical del concepto clásico del tiempo por Lorentz, Poincaré y Einstein, principalmente. El tiempo y el espacio se consideraron entidades independientes, y emergió el concepto de espacio-tiempo. Tres años después de que Einstein presentara su Teoría de la Relatividad Especial, Hermann Minkowski, en la reunión de la "Asamblea alemana en ciencias naturales y medicina" en 1908, comenzó su participación en "Espacio y Tiempo" con la frase: "...La visión del espacio y el tiempo que quiero expresar es el que surgió de la base de la física experimental, y es ahí donde radica su fuerza. Ellos son radicales. De ahora en adelante el espacio en sí, y el tiempo por sí mismo, están condenados a desvanecerse en meras sombras, y sólo una especie de unión de los dos podrá preservar una realidad independiente" [5, p. 56]. Lo que se convirtió en el punto de partida para que Einstein analizara el significado de la simultaneidad de los acontecimientos. En 1905 escribió: "Tenemos que considerar que todos nuestros juicios en cuanto al tiempo juegan un papel que se refiere a acontecimientos simultáneos" [6, p. 891].

¿Qué significa la afirmación de que dos eventos son simultáneos en lugares distantes? Y la pregunta relacionada: ¿Cómo sincronizar relojes distantes? Intuitivamente parece conocerse el significado de "simultáneos": eventos que se observan en el mismo momento. Pero esto en realidad no es preciso, ya que cualquier señal se propaga a una velocidad finita; incluso la luz de los objetos distantes nos llega más tarde que la que emiten los de las inmediaciones. Por lo tanto, se observa el estado de los objetos distantes en un estado anterior. Esto no aparece en la cotidianidad, pero es un hecho bien conocido en la astronomía. Cuanto más lejos se mira en el universo, más se observa en el pasado. En general, la visual y por tanto la recepción, no presenta una imagen simultánea del mundo exterior. Se puede argumentar que en el viaje de las señales del tiempo esto se podría tener en cuenta y de ese modo construir la simultaneidad, pero es en este punto en el que se basa la Relatividad. Mientras que en la visión newtoniana se llega a una construcción única de la

simultaneidad, debido a la existencia de un tiempo absoluto, esto no funciona para la teoría de Einstein. Después de él, la simultaneidad no es única ya que depende del estado de movimiento del observador. Diferentes observadores podrían construir diferentes imágenes simultáneas del estado del mundo.

El matemático Kurt Gödel escribió un breve ensayo acerca de las implicaciones filosóficas de esta nueva estructura del espacio-tiempo: "...esto parece como una prueba inequívoca para la opinión de aquellos filósofos que, como Parménides, Kant y los idealistas modernos, niegan la objetividad del cambio y consideran al cambio como una ilusión o apariencia debido a nuestro modo especial de percepción" [7, p. 556].

### 5. Del tiempo relativo al dinámico

En la teoría de la Relatividad Especial, la simultaneidad pierde su significado absoluto y con ella el concepto de un tiempo absoluto. La Relatividad General da un paso más: El tiempo no es sólo influenciado por el movimiento, sino también por la materia del universo. Los relojes avanzan más lento en cercanías de grandes masas. Tanto la influencia del movimiento como el efecto gravitacional son ejemplos relevantes cuando se sincronizan los relojes de los satélites para los sistemas de posicionamiento global –GPS. Estos satélites en la órbita de la Tierra, a una altitud de unos 20.000 km., no tienen en cuenta los efectos relativistas que hacen al sistema, en unos pocos minutos, inútil para detectar una posición.

La geometría del espacio-tiempo, y con ella el transcurrir del tiempo, es influenciada por la distribución de la materia y por lo tanto se convierte en dinámica. Cada historia de un cuerpo tiene su "propio" tiempo, con dependencia de su movimiento y la distribución de los demás organismos –más generalmente masa y energía– en el universo.

## REFERENCIAS

- [1] Saint Augustine. "Confessions". Oxford: Oxford University Press, H. Chadwick translator, 352 p. 1998.
- [2] Aristotle. "Physics". USA: Oxford University Press, R. Waterfield translator, 384 p. 2008.
- [3] I. Newton. "Philosophiae Naturalis Principia Mathematica". USA: Harvard University Press, 952 p. 1972.
- [4] E. Mach. "Die Mechanik in ihrer Entwicklung, historisch-kritisch dargestellt". Berlin: Brockhaus, 494 p. 1912.
- [5] H. Minkowski. "Raum und Zeit". In H. A. Lorentz, A. Einstein and H. Minkowski "Das Relativitätsprinzip", Germany: Nabu Press. 102 p. 2010.
- [6] A. Einstein. "Zur Elektrodynamik bewegter Körper". *Annalen der Physik*, Vol. 322, No. 10, pp. 891-921. 1905.
- [7] K. Gödel. In "Albert Einstein: Philosopher-Scientist". P. A. Schilpp (Ed.), London: Open Court, 800 p. 1998. 

### 6. Del tiempo dinámico al cosmológico

La teoría de la Relatividad General tiene su mayor alcance de implicación para la física y la filosofía cuando se aplica al cosmos en general. Lo que interesa aquí es la cuestión de cómo la interacción entre la materia y la geometría influencia del concepto de tiempo. Las ecuaciones de Einstein implican que no puede haber un universo estático. El mismo Einstein trató de eludir esta consecuencia adicionando la llamada constante cosmológica y por lo tanto modificó sus ecuaciones originales. Pero en 1929 el astrónomo Edwin Hubble llegó a la conclusión de que todas las galaxias se alejan a una velocidad proporcional a su distancia de nosotros. Hoy sabemos que una gran cantidad de materia se distribuye de manera uniforme en el cosmos. De este modo se puede interpretar el movimiento de las galaxias como una expansión general del universo. Pero es esta expansión global la que permite definir un sistema de referencia universal ligado al flujo de materia. Todos los observadores que se mueven con este flujo de Hubble tienen el mismo tiempo propio, el cual define un tiempo universal. Es este momento cuando se dice que han pasado cerca de 14 billones de años desde el big bang.

Este tiempo cosmológico nos lleva de nuevo al concepto de tiempo de Aristóteles, quien definió el tiempo como el movimiento de las esferas celestes. En la cosmología moderna el tiempo está dado por el movimiento global de la materia en el universo. Pero la analogía es más profunda. Aristóteles dice que el movimiento simple es tiempo, es decir, que sin el movimiento de las esferas celestes no habría tiempo. La Teoría de la Relatividad vincula a la geometría del espacio-tiempo con la materia y la energía. En la cosmología la materia determina la geometría del espacio-tiempo de forma amplia y por tanto en el tiempo.