

## ESTUDIOS

### [EL TIEMPO EN LA FÍSICA (1)]

**Carlos López**

Profesor Titular

Universidad de Chile

## RESUMEN

Se describe el nacimiento del universo a partir de fluctuaciones cuánticas de la nada y se analiza el intervalo de tiempo más corto imaginable y el más largo conocido. Se analiza también el método que utilizó Galileo para verificar la caída de los cuerpos con una precisión increíble.

### 1. El intervalo de tiempo más corto imaginable

Es el tiempo de vida del universo primordial. Se calcula combinando los valores de tres constantes fundamentales de manera que el resultado tenga dimensión de tiempo (segundos):

$$c = \text{velocidad de la luz al vacío} = 3 \times 10^{10} \left( \frac{\text{cm}}{\text{seg}} \right)$$

$$G = \text{constante de Newton de la gravitación} = 7 \times 10^{-8} \left( \frac{\text{cm}^3}{\text{gm seg}^2} \right)$$

$$h = \text{constante de Plank de la física cuántica} = 7 \times 10^{-27} \left( \frac{\text{gm cm}^2}{\text{seg}} \right)$$

$$T_p = \text{Tiempo de Plank} = \sqrt{\frac{Gh}{c^3}} \approx 10^{-44} \text{ seg}$$

O bien, en notación decimal:

$$T_p = 0,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000$$

000 000

000 000 000 000 01 seg

En cosmología cuántica se considera que el nacimiento del universo ocurrió como consecuencia de fluctuaciones cuánticas de la nada, cuya duración era del orden del tiempo de Plank. En este "caos primordial", por azar, ocurrió alguna vez una fluctuación mucho mayor que las normales, la cual desencadenó la expansión del universo.

## 2. Intervalo de tiempo más largo conocido

En la edad actual del universo. Aproximadamente  $10^{10}$  años, es decir, diez mil millones de años. Es interesante observar que la edad de nuestro sistema solar es del orden de cinco mil millones de años. Esto significa que tanto el sol como los planetas y sus satélites, los cuales se formaron simultáneamente, tienen una edad del mismo orden de magnitud que la edad del universo. Más, aún los seres vivos más antiguos que se conocen aparecieron hace unos tres mil millones años, apenas la temperatura de la atmósfera de la Tierra bajó de 100 grados, lo que permitió la presencia de agua líquida. La edad de la vida es entonces comparable con la edad del universo.

## 3. El tiempo en la época de Galileo

En el libro "consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias", [1] Galileo afirma que verificó experimentalmente su ley de caída libre dejando rodar bolitas en un plano inclinado casi horizontalmente. Como los relojes en su época eran muy imprecisos, Galileo explica que midió los tiempos utilizando una clepsidra o reloj de agua. Sin embargo este método no puede alcanzar la exactitud que Galileo declara haber obtenido, para lo cual requería dividir el tiempo en intervalos iguales menores que un segundo. Este enigma ha sido resuelto recientemente (1975) por Stillman Drake [2] (profesor de historia y filosofía de las ciencias en la universidad de Toronto Canadá), quien descubrió un manuscrito no publicado de Galileo que se conserva en la biblioteca central de Florencia (Italia) donde figuran los caminos recorridos por una bolita en un plano inclinado para intervalos de tiempos iguales. La clave de este procedimiento consiste en que no es necesario conocer los valores numéricos de los tiempos sino asegurarse que son exactamente iguales. Según Drake, Galileo resolvió esta dificultad simplemente silbando una melodía y anotando las distancias recorridas después de cada compás. Lo asombroso es que este método es posible conseguir una exactitud menor que una centésima de segundo, lo cual fue verificado experimentalmente por Drake entonando la canción "Onwards, Christian Soldiers" (Adelante Soldados de Cristo).

El tiempo según el zodiaco.

¿Por qué la semana tiene siete días?

Porque siete días son aproximadamente un cuarto de luna. De aquí resulta que el mes tenga 28 días. El valor exacto actual, conocido como mes sinódico, es el tiempo entre dos lunas nuevas sucesivas que es igual a 29,53 días.

El primer día de la semana correspondía al sol, el astro más brillante del cielo. En inglés es Sunday (día del sol); en alemán es Sonntag que significa lo mismo. En los países de origen latino como Chile es el día del señor (Dominus). Después del sol es siguiente astro más brillante es la luna que corresponde al lunes. Martes al planeta Marte, Miércoles a Mercurio, Jueves a Júpiter, Viernes a Venus y Sabado a Saturno. De aquí se observa que el sol y los seis errantes o planetas visibles a simple vista dieron origen a la semana de siete días. La Tierra no fue incluida porque se la consideraba inmóvil. Los planetas Urano, Neptuno y Plutón sólo son visibles con ayuda de telescopios.

Los pueblos más antiguos no sólo se interesaron en las fases de la luna sino también en el recorrido del sol respecto de las estrellas. Esto se consigue observando las estrellas inmediatamente después de la puesta del sol, como también, poco antes de su salida. Para este estudio resultaba conveniente identificar grupos de estrellas a lo largo de la eclíptica, que es la línea imaginaria que recorre el sol durante el año. Sabemos que en el comienzo de nuestra era ya existía un grupo de 12 conjuntos de estrellas distribuidas en la eclíptica, llamado zodíaco o círculo de los animales. En realidad sólo ocho de los doce signos representan animales, puesto que Acuario, Libra, Gemini y Virgo no lo son.

El origen del zodíaco no se conoce, aunque se supone que es más antiguo que la escritura. Recientemente se ha propuesto un mecanismo que explica como han ido apareciendo los signos a través del tiempo. El autor, Alexander Gurshtein, vicepresidente de la Sociedad Europea para la Astronomía y la Cultura, basa su teoría en el fenómeno llamado "precesión de los equinoccios". Los equinoccios son los puntos en que el plano del ecuador celeste corta a la eclíptica, que es la trayectoria aparente del sol en el cielo. El plano del ecuador celeste es la proyección del ecuador de la Tierra. Ahora bien, la tierra gira como un trompo dando una vuelta cada día. El eje de rotación de la Tierra está inclinado respecto de la eclíptica en un ángulo de 23 grados y 27 minutos. Como la Tierra no es exactamente una esfera, debido a una pequeña protuberancia en el ecuador, su eje describe un cono, dando una vuelta completa cada 25.800 años. De aquí se deduce que cada 2.150 años los equinoccios avanzan un signo.

Según Gurshtein, entre cinco a seis mil años antes de Cristo se identificaron cuatro signos equidistantes entre sí asociados a las cuatro estaciones (primavera, verano, otoño e invierno). A la primavera la correspondía Gemini (los gemelos), al verano Virgo (La virgen, al otoño Sagitario (el arquero) y al invierno Piscis (los peces).

Lo curioso de esta agrupación es que de los cuatro signos sólo uno contiene animales (los peces), de modo que en esa época no tenía sentido hablar de zodiaco.

Transcurridos alrededor de dos mil años (cuatro mil años antes de Cristo) todos estos signos se habían corrido, debido a la precesión de los equinoccios, en una distancia equivalente al tamaño de un signo. Esto hizo necesario introducir cuatro nuevos signos en reemplazo de los anteriores. Estos son Tauro (el toro), Leo (el león), Escorpio (el escorpión) y Acuario (el aguador).

Finalmente, dos mil años antes de Cristo la historia se repitió, siendo necesario introducir cuatro nuevos signos: Aries (el carnero), Cáncer (el cangrejo), Libra (la balanza) y Capricornio (cuernos de chivo).

Naturalmente este procedimiento no podía respetar las distancias entre los grupos de estrellas correspondientes a cada signo. Fue necesario acortar algunos de ellos para darle espacio a los nuevos. Por ejemplo las pinzas del escorpión fueron cortadas para darle cabida a la balanza. Igual cosa ocurrió con uno de los peces para introducir al carnero, como también un brazo de los gemelos para incorporar al cangrejo. Finalmente Capricornio tuvo que encogerse para encontrar un hueco entre Acuario y Sagitario.

## **REFERENCIAS**

[1] Galileo Galilei: "Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias". Jornada tercera: Sobre el movimiento naturalmente acelerado.

Teorema II, Preposición II.

[2] Stillman Drake: "The role of music in Galileo's Experiments". Scientific American. Volumen 232. Nº6. June 1975. Páginas 98-104