



Y sin embargo se mueve /1

David Bahena, PhD *

Una mirada al cielo pudo hacerse desde el antiguo observatorio de Stonhenge. Más tarde, las observaciones astronómicas de Galileo Galilei abrieron las puertas del cielo a la humanidad. Se inició una nueva etapa del conocimiento humano. Hoy, todo el universo está en movimiento, siendo éste una propiedad de la materia cuya forma de existencia es el espacio-tiempo.

1. Introducción

¿Qué sabemos del universo? ¿De dónde surgió? ¿A dónde va? Se dice que en la historia han existido diversas cosmovisiones. Los hindúes imaginaron a la Tierra soportada por seis elefantes y las regiones infernales llevadas por una tortuga apoyándose sobre una serpiente.

Los antiguos mexicanos tenían otra visión. Antes de éste habían existido otros mundos. Para los mayas, descubridores del cero, el universo es un cuadrado delimitado por un lagarto cuyo cuerpo está cubierto de símbolos estelares. Dentro de ese cuadrado se ubican tres niveles: el cielo, la tierra y el inframundo. Del centro de la tierra sale una gran Ceiba, cuyo tronco y ramas sostienen al cielo y cuyas raíces penetran en el inframundo.

En el concepto griego temprano la Tierra flota sobre agua con los cuatro elementos (aire, agua, tierra y fuego) arriba. El éter, o quinta esencia, es el quinto elemento. Las fuerzas naturales son dos: la que sube y la que baja, dependiendo de la densidad de los elementos.

Nuevas ideas surgieron con el Estado esclavista cuyo dominio duró dos mil años. La transición histórica motivó el desarrollo del pensamiento. Lo refleja la Escuela de Atenas, fresco de Rafael Sanzio, que muestra a los filósofos, científicos y matemáticos más importantes de la época, como Platón, Aristóteles, Pitágoras, Parménides, Heráclito, Euclides y Ptolomeo.

En esa época, Aristóteles creía que la Tierra era esférica, no plana, pero estaba estacionaria. El Sol, la Luna, los planetas y las estrellas se movían en órbitas circulares alrededor de ella, y estaban fijas en la esfera celeste.

El sabio griego estaba convencido que la Tierra era el centro del universo y que el movimiento circular era el más perfecto, producido por una fuerza mística más allá de las estrellas fijas. La obra de Aristóteles (literaria, política, ética, física, metafísica, lógica, poética, biológica, astronómica) estaba integrada coherentemente. Era muy difícil atacar una parte sin atacar el todo. Por ello prevaleció tanto tiempo.

Aristarco de Samos hizo un uso emblemático de la Biblioteca de Alejandría, calculó la distancia de la Tierra al Sol y encontró que era mayor que la distancia de la Tierra a la Luna. Según Plutarco y Arquímedes, fue el primero en proponer un modelo heliocéntrico del sistema solar, colocando al Sol y no a la Tierra en el centro del universo conocido. Propuso también que la Tierra gira en círculo oblicuo y rota sobre su propio eje.

2009 elektron 9 (56) 2, FTE de México

En Alejandría, Hiparco de Nicea realizó el primer catálogo de estrellas, inventó el teodolito para indicar las posiciones y magnitudes estelares, y clasificó a las estrellas según su brillo. Inventó a la trigonometría, dividió a la Tierra en meridianos y paralelos, y utilizó las coordenadas de longitud y latitud.

Las ideas de Aristóteles fueron ampliadas por Claudio Ptolomeo, en el siglo II d.C., en cuyo modelo, la Tierra era el centro del universo y estaba en reposo, por ello los objetos caían hacia el centro de la misma. La teoría geocéntrica del universo prevaleció 1,400 años, los mismos que llevaba la iglesia, el Estado esclavista y el feudal.

La iglesia católica adoptó el modelo como una verdad establecida pues la imagen de ese universo estaba de acuerdo con las Escrituras. Además, presentaba la ventaja de dejar fuera de las estrellas fijas una enorme cantidad de espacio para el cielo y el infierno.

En el modelo ptolemaico, la Tierra estaba en el centro rodeada por ocho esferas que transportaban a la Luna, el Sol, y los cinco planetas conocidos en ese tiempo: Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno. La esfera más externa transportaba a las llamadas estrellas fijas. Lo que había detrás de la última esfera nunca fue descrito con claridad.

Una nueva transición histórica estaba en marcha. El llamado descubrimiento de América permitió que la extracción de minerales, el comercio y la navegación se acrecentaran y extendieran a nivel mundial. El feudalismo pronto dejaría su lugar al capitalismo.

En Europa, los siglos XV y XVI representaron un amplio movimiento de ruptura y renovación en las artes, la literatura y las ciencias que retomó los elementos de la cultura clásica. El Renacimiento fue contemporáneo de los descubrimientos y conquistas ultramarinas con la expansión mundial del capitalismo. La introducción de la imprenta y la existencia de las universidades contribuyeron al surgimiento de una nueva relación con la naturaleza.

2- La revolución copernicana

En 1514, quizás por miedo a ser tildado de hereje por la iglesia, Copérnico empezó a circular en forma anónima un modelo según el cual el Sol y los planetas NO giran alrededor de la Tierra. La teoría copernicana chocó con la Inquisición pero abrió el camino a la astronomía moderna afectando a la ciencia, la filosofía y la religión.

En este modelo el Sol estaba estacionado en el centro, y la Tierra y los planetas se movían en órbitas circulares alrededor de él. Con ello, la naturaleza pierde su carácter teológico, el hombre deja de ser el centro del universo.

En 1543, se publicó el libro “De las revoluciones de las esferas celestes” (“De Revolutionibus”). Con un prólogo ajeno se explicaba que se trataba de una hipótesis. Pero el modelo heliocéntrico de Copérnico significó una ruptura con el pasado produciendo una revolución científica. Por supuesto, la teoría fue atacada por el clero. A partir de las ideas de la antigüedad, Copérnico puso a la Tierra en movimiento, proponiendo un sistema solar finito y cerrado, con las estrellas infinitamente alejadas.

El libro causó un gran impacto. Más que heliocéntrico, se trata de un sistema helioestático. El Sol no estaba en el centro del universo sino próximo al mismo, la Tierra describía un giro completo alrededor del Sol en un año y se estableció el orden correcto de los planetas conocidos.

“De Revolutionibus” fue escrito en 6 partes. Las ideas principales de la teoría indicaban que:

- 1- El mundo es esférico.
- 2- La Tierra es esférica y está en movimiento.
- 3- La Tierra junto con el agua forman un globo.
- 4- El movimiento de los cuerpos celestes es regular y circular.
- 5- El movimiento de la Tierra es circular.
- 6- La Tierra NO es el centro.
- 7- El cielo es inmenso comparado con la Tierra.

Después de Copérnico, frente a la rígida visión conservadora de la iglesia, Giordano Bruno expresó en escritos y conferencias sus ideas sobre la pluralidad de los mundos y sistemas solares, el heliocentrismo, la infinitud del espacio y el universo, y el movimiento de los átomos.

Bruno fue perseguido por la Inquisición, acusado de blasfemia, herejía e inmoralidad y siempre rechazó todas las ofertas de retracción. Encarcelado durante ocho años fue expulsado de la iglesia y sus trabajos quemados en la plaza pública.

En 1660, antes de ser ejecutado se le ofreció un crucifijo mismo que rechazó diciendo que moriría como un mártir y que su alma subiría con el fuego al paraíso. Al amanecer, fue quemado vivo en la hoguera.

3- El movimiento planetario

En Uraniborg, luego en Praga, Tycho Brahe diseñó instrumentos para medir las posiciones de las estrellas y planetas. Sus observaciones fueron sistemáticas, noche tras noche, habiendo elaborado nuevas tablas astronómicas. Realizó un catálogo de más de mil estrellas. También observó cometas a los que consideró objetos más allá de la Tierra.

El universo de Brahe es una combinación del ptolemaico y el copernicano, en el cual, los planetas giran alrededor del Sol pero, éste y la Luna lo hacen alrededor de la Tierra. Para Brahe, la Tierra permanecía estática con relación al universo.

En 1572, observó una Stella Nova en la constelación de Casiopea publicando sus observaciones y la evolución de su brillo. El suceso cambió el concepto religiosos de un cielo inmutable. La supernova permitió mirar a una “estrella” que podía observarse a simple vista, de noche y durante el día. Era la explosión de una estrella masiva. Tycho escribió que debía encontrarse más allá de los planetas junto a la esfera de las estrellas fijas.

Johannes Kepler fue invitado por Brahe a Praga. Desde estudiante Kepler era un copernicano convencido. En un principio, creía que el movimiento de los planetas debía seguir la armonía pitagórica o música de las esferas. Según esta idea solamente cinco poliedros podrían ser construidos mediante figuras geométricas regulares. Es decir, el universo estaba asociado con los sólidos platónicos.

Las observaciones de Tycho Brahe sobre Marte le indicaron a Kepler que el movimiento planetario no podía ser explicado por poliedros perfectos. Entonces propuso su primera ley: los planetas tienen movimientos elípticos, no circulares, alrededor del Sol, modificando la teoría de Copérnico.

Las leyes de Kepler cambiaron la física y la astronomía aristotélica y ptolemaica. La tercera ley, que explica como orbitan los planetas, conduciría a Newton al descubrimiento de la ley de la gravitación universal.

Kepler realizó su trabajo fundamental en el campo de la óptica, inventó una versión mejorada del telescopio refractor y legitimó los descubrimientos astronómicos de Galileo.

En 1604, observó una supernova en la Vía Láctea. En su obra “La nueva estrella en el pie de Ophiuchus” proporcionó evidencias de que el universo no era estático sino que estaba sometido a importantes cambios. En 1618 escribió “Sueño de la Luna” libro de ficción en apoyo a la teoría copernicana.

Apenas unos años antes de las grandes observaciones galileanas, Miguel de Cervantes había publicado “El Quijote de la Mancha”, mostrando la imposibilidad de restablecer la caballería andante del feudalismo. “Con la iglesia hemos topado Sancho” le dijo una vez el Quijote a su escudero anticipando lo que vendría.

4. El inicio de la física moderna

Aristóteles consideraba que el reposo era el estado natural de un cuerpo y éste solo se movía impulsado por una fuerza o impulso. Deducía que un cuerpo pesado debía caer más rápido que uno

2009 elektron 9 (56) 4, FTE de México

ligero. También decía que todas las leyes naturales podían deducirse por medio del pensamiento puro, no era necesario comprobarlas por medio de la observación.

Galileo Galilei se preocupó por ver si los cuerpos con diferentes pesos caían con velocidades distintas. Se dice que dejó caer diferentes pesos desde la Torre inclinada de Pisa. Esa historia probablemente no ocurrió. Pero, el principio de “observación” cambió la historia de la ciencia.

El experimento implicaba que los cuerpos caen con la misma rapidez. Por supuesto, una bola de plomo caerá más rápido que una pluma, debido a que ésta es frenada por la resistencia del aire. Pero en la Luna, donde no hay aire, el plomo y la pluma llegan al suelo al mismo tiempo.

Galileo dejó caer bolas de distintos pesos a través de un plano inclinado y midió el tiempo que tardaban en rodar diversas distancias. Sus mediciones indicaron que cada cuerpo aumentaba su velocidad al mismo ritmo, independientemente de su peso, siguiendo un movimiento uniformemente acelerado.

Estas mediciones servirían de base a Newton para la obtención de las leyes del movimiento. Cuando un cuerpo caía rodando, siempre actuaba sobre él la misma fuerza (su peso) y el efecto era acelerarlo de manera constante, es decir, cambiar la velocidad en vez de ponerlo simplemente en movimiento.

La supernova de 1604 renovó en Galileo sus dudas acerca del modelo aristotélico de un cielo inmutable. En 1608, un holandés solicitó una patente para un catalejo que hacía mirar cercanos a los objetos distantes. Galileo lo mejoró diseñando uno más potente. Entonces, utilizó el telescopio para observar el firmamento abriendo literalmente las puertas del cielo a la humanidad.

En el “Mensajero celeste”, publicó que al mirar la Luna, encontró que no era un disco liso y perfecto sino que tenía montañas y estaba llena de cráteres. En una acuarela dibujó las fases de la Luna. Luego, miró cuatro lunas alrededor de Júpiter a las que creía estrellas: Europa, Io, Ganimedes y Calixto. Esto tuvo un gran significado pues los partidarios del geocentrismo defendían que todos los cuerpos giraban alrededor de la Tierra y no era así, Júpiter y sus lunas giraban alrededor del Sol.

A Saturno lo observó en forma oblongada atribuyéndolo a numerosas lunas girando a su alrededor. Con el telescopio disponible no pudo detectar los anillos. Fue hasta 1665 que Christian Huygens observó claramente a Saturno y descubrió su luna Titán.

En Orión, donde otros veían solo nubes Galileo vio estrellas. Además del cinto y espada de Orión encontró más de 500 estrellas esparcidas. Por esa época se conocían siete Pléyades llamadas como las estrellas de Tauro; Galileo miró cuarenta. La Vía Láctea la vio como una acumulación de estrellas unidas en forma de complejo.

Al observar las fases de Venus, Galileo confirmó la teoría de Copérnico de que el planeta gira alrededor del Sol. La iglesia estaba al tanto de los descubrimientos y no tenía manera de objetarlos pero discrepaba de la interpretación que se les daba.

En 1613, Galileo publicó las “Cartas sobre las manchas solares”. Por primera vez defendió por escrito al sistema copernicano. El trabajo fue atacado y Galileo fue denunciado ante la Inquisición. Mientras sus opositores insistían en que el Sol era incorruptible y las manchas eran satélites del mismo, Galileo decía que eran estructuras del Sol en movimiento.

Luego publicó una teoría errónea sobre las mareas. En 1616 fue llamado a Roma y advertido de que las teorías copernicanas eran contrarias a las Escrituras.

Galileo fue llevado a Roma para ser juzgado por herejía ante la Inquisición. Luego de haber sido torturado por órdenes del Papa Urbano VIII, su amigo, admitió que quizá había ido demasiado lejos en sus argumentos a favor del sistema copernicano a pesar de los avisos previos de la iglesia católica romana. Fue obligado a firmar una retracción manuscrita y a abjurar públicamente de sus creencias. De rodillas y con las manos sobre la Biblia pronunció su abjuración en latín:

“Yo, Galileo Galilei, de setenta y dos años de edad, arrodillado ante vosotros Inquisidores de la República Cristiana, juro que siempre he creído, creo ahora y creeré en el futuro todo lo que la Santa iglesia Católica y Apostólica predica y enseña.

“He sido hallado vehementemente culpable de herejía al haber mantenido y creído que el Sol es el centro inmóvil del universo y que la Tierra no es el centro y se mueve.

“Abjuro con razón los dichos y herejías ... nunca más defenderé semejantes sospechas y si conozco a alguno lo denunciaré ante este Santo Oficio. Juro y prometo cumplir cuantas penitencias me impusiese este Santo tribunal. Con mi propia mano suscribo la presente, en el Convento de la Minerva, el 22 de junio de 1633”.

Galileo había cedido verbalmente a las exigencias de la iglesia para continuar sus estudios. Lo que lo había llevado ante la Inquisición fue la publicación del libro “Diálogo sobre los dos principales sistemas del mundo”. En ese libro, Galileo declaró que el sistema heliocéntrico no era una simple hipótesis sino toda la verdad.

El libro está escrito en la forma de una polémica entre un partidario de Aristóteles y Ptolomeo y otro de Copérnico que intentan ganarse para sus respectivas filosofías a un hombre común (Sagredo). En la polémica, la cosmología aristotélica es defendida débilmente por su ingenuo partidario (Simplicio) y atacada vigorosamente por el copernicano (Salviati).

Galileo escribió el libro en italiano. Cuando se publicó hubo protestas masivas. El Papa se sintió aludido como Simplicio. Entonces, Galileo fue convocado a Roma. Por unas semanas rehusó viajar debido a una enfermedad. El Papa, entonces, lo amenazó con llevarlo encadenado.

En el juicio fue condenado a prisión perpetua, sentencia que luego le fue conmutada por un arresto domiciliario, primero en Siena y luego en Florencia. Su obra fue prohibida y se le impuso la pena rezar una vez por semana los siete salmos penitenciales durante tres años.

En 1990, el cardenal Ratzinger, actual Papa, dijo que “el juicio a Galileo fue razonable y justo”.

Galileo reemprendió su trabajo “Diálogo sobre dos nuevas ciencias”. La Inquisición le prohibió publicarlo pero en 1638 se publicó en Leyden, después en Paris. En este libro se establecen los fundamentos de la mecánica poniendo fin a la física aristotélica.

De interés es el llamado principio de relatividad galileano, basado en sistemas de referencia inerciales, para determinar la equivalencia entre el reposo y el movimiento rectilíneo de dos observadores en movimiento relativo. De acuerdo a este principio, el tiempo es absoluto, lo mismo que la aceleración. En cuanto al movimiento de la Tierra, éste se comprobó en 1851 con el Péndulo de Foucault.

* Doctor en Física Teórica, Astronomía y Astrofísica.

Fuente: kosmosmexiko.blogspot.com

Frente de Trabajadores de la Energía,
de México