

UNIDAD 2

EL GRAN PROBLEMA DEL MOVIMIENTO Y LOS INICIOS DE LA CIENCIA MODERNA

En el número 77 (2005) de la revista de divulgación científica ¿Cómo ves?, publicada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Verónica Guerrero Mothelet escribió un artículo El chapopote, un nuevo tipo de volcán, que comienza de la siguiente manera:

El mar no es indescifrable. Puede regalarnos muchas sorpresas cuando se tiene la paciencia suficiente y se sabe cómo buscar. Fue así, por una mezcla de intuición, rigor científico y tesón, que un grupo de investigadores realizó un hallazgo asombroso en el Golfo de México a más de tres mil metros de profundidad.

Lo anterior se refiere al descubrimiento realizado por un grupo de científicos en la región Sur del Golfo de México, cerca de las costas de Campeche. El artículo narra cómo los investigadores encontraron indicios de actividad volcánica en una zona en la que no debería registrarse este tipo de fenómeno.

[...] en la madrugada, Elva Escobar, que atendía su turno para vigilar los monitores, advirtió algo extraordinario. “Allí estábamos, en un cuartito con las cortinas corridas, para poder apreciar las imágenes en los monitores, cuando distinguimos una estructura que parecía un muro de roca. Primero, alguien pensó que se trataba de un volcán de roca ígnea, pero... como que no encajaba”, comenta.

El hallazgo generó interés por tratarse de una situación fuera de lo común. Uno esperaría encontrar actividad volcánica en el Océano Pacífico por ser una zona geológicamente joven; por el contrario, el Golfo de México es geológicamente más antiguo, por lo que presentó ese tipo de actividad hace ya varios millones de años.

Intrigados por el descubrimiento, el grupo de científicos decidió investigar más, encontrando algo que no esperaban:

[...] Para su sorpresa, los datos de video y navegación indicaban que el “volcán” avistado no era de lava, sino de asfalto. ¡Algo nunca antes visto! Los investigadores comprobaron este hecho al analizar muestras recolectadas al azar, con una enorme pala de dragado guiada por una cámara de video; con ella obtuvieron varios kilos de asfalto en fragmentos irregulares.

El asfalto es un líquido muy viscoso que se compone de carbón, hidrógeno y agua, y se encuentra en el petróleo crudo. Usualmente se mezcla con grava y se utiliza para pavimentar calles y carreteras. En México se le conoce también con el nombre de “chapopote”. ¿Alguna vez te imaginaste que pudiera existir algo como un volcán de chapopote?

El vulcanismo es un proceso ligado a otros tantos que ocurren en el interior de la Tierra. Igualmente sorprendente es que podamos conocer estas cosas, a pesar de estar, como en el ejemplo del volcán de asfalto, a más de tres mil metros de profundidad bajo el océano.

El avance científico y tecnológico de nuestra sociedad nos ha permitido develar el misterio detrás de un sinnúmero de fenómenos naturales en nuestro Universo. Hemos logrado analizar hasta el último detalle de un buen número de fenómenos, aunque es necesario reconocer que en el terreno de la ciencia aún hay muchas cosas que mantienen su carácter de misterio. Biología molecular, nanoquímica, física cuántica, son tan sólo algunos ejemplos del desarrollo que ha alcanzado la ciencia contemporánea. Seguramente durante tu vida estudiantil has conocido algunos elementos básicos de las ciencias naturales y sociales, pero te has preguntado:

¿Cuál es el origen de la ciencia y qué diferencia existe entre un estudio científico y otro que no lo es?

¿Cómo nos ha ayudado la ciencia a entender el comportamiento y la evolución del universo?

¿Qué nos dice la ciencia acerca de nuestro hogar: la Tierra?

Aristóteles, nacido en la región de Estágira en 384 a.C., es considerado uno de los más grandes pensadores de todos los tiempos. Como filósofo se le considera el padre de la lógica formal, y como científico fue un gran biólogo, generador de una clasificación de los seres vivos que fue la antecesora de la gran obra del naturalista sueco Carlos Linneo, quién en el siglo xviii formuló los fundamentos de la nomenclatura taxonómica que se utiliza hoy en día.

A pesar de su destacado papel como filósofo y biólogo, Aristóteles tiene una enorme deuda con la física, pues sus ideas erróneas acerca del movimiento condenaron al fracaso a la Mecánica por más de mil años. Principalmente fueron dos los mayores errores:

1) Suponer que los cuerpos que se mueven requieren de una fuerza de empuje que los mantenga en movimiento, es decir que al lanzar una pelota se requiere de una “mano invisible” que vaya empujando la pelota a lo largo de todo su vuelo.

2) Afirmar que los objetos más pesados caen más aprisa que los ligeros.

Estas dos ideas permanecieron en la mente de las personas durante cientos de años, hasta que en el siglo xvii se demostró su falsedad.

Los errores de Aristóteles en el terreno de la física podrían atribuirse en parte a su postura filosófica, pues para él un filósofo debía ocuparse de buscar la causa final de las cosas a través de la razón. Probablemente una observación minuciosa de los fenómenos le hubiera

hecho cambiar de parecer, pero Aristóteles desdeñaba la percepción por considerarla fruto de la imperfecta interpretación de los sentidos.

Durante la Edad Media, cientos de años después de la muerte de Aristóteles, sus ideas relativas al movimiento fueron aceptadas sin mayor cuestionamiento.

Además se pensaba que el movimiento de los cuerpos celestes tenía cierta naturaleza, mientras que el movimiento que se podía observar en la Tierra era de una naturaleza distinta.



Claudio Ptolomeo

Fue un astrónomo y matemático alejandrino, artífice de un modelo matemático del Sistema Solar capaz de describir con cierta precisión las posiciones de los planetas en la bóveda celeste. El modelo ptolomaico se refiere al movimiento del Sol, la Luna y los planetas alrededor de la Tierra en órbitas circulares que, a su vez, tienen otras órbitas circulares en su interior, llamadas epiciclos. Los epiciclos permitían explicar de una manera sencilla y relativamente precisa el movimiento variable de los planetas, razón del éxito del modelo.

En lo que al movimiento de los astros se refiere, el modelo ptolomaico de esferas celestes era ampliamente aceptado; además, la Iglesia se encargó de difundir la idea de que la esfera de la bóveda celeste, al igual que las esferas de los planetas, la Luna y el Sol eran movidas por ángeles ocultos que las empujaban en todo momento.

Incluso, Tomás de Aquino llegó a postular que la primera prueba de la existencia de Dios era el movimiento de las esferas celestes. Esta demostración fue refutada

después por Guillermo de Ockham, quien decía que el movimiento no requería del contacto constante de un impulso, y como ejemplo daba el movimiento que impartía un imán a algunos trozos de metal.

En lo que concierne al movimiento de los cuerpos en la Tierra, las ideas aristotélicas afirmaban que un objeto podía mantenerse en movimiento debido al constante impulso que ejerce el aire que trata de llenar el vacío que ha dejado el cuerpo al moverse a través de él. Sin embargo, esta teoría fue puesta

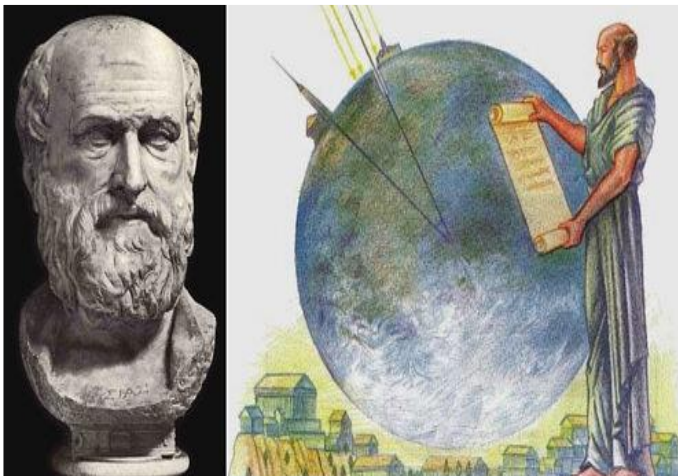
rápida en duda ante los ojos críticos de las generaciones de los siglos xiii y xiv. Por ejemplo, alrededor de 1327 el rector de la Universidad de París, Jean Buridan, cuestionaba la lógica aristotélica utilizando un ejemplo simple: un cuerpo que gira no desplaza aire pues se mantiene en su mismo sitio aunque esté en movimiento.

La historia da fe de los primeros asomos de una ciencia moderna en esta época.

Actualmente, para que una teoría científica pueda ser considerada como cierta debe poder someterse a múltiples pruebas y salir airoso de todas ellas; una vez que se ha encontrado un fenómeno que no puede explicarse por medio de la teoría, se requiere de un replanteamiento que en algunos casos puede llevar, incluso, a desecharla.

Durante el siglo xv la gente se replanteaba constantemente ideas y pensamientos que anteriormente eran considerados correctos. El espíritu crítico

flotaba en el aire, invitando a todo mundo a reflexionar acerca de la verdad. La observación y experimentación de los primeros científicos se fue volviendo metódica y las evidencias que soportaban nuevos paradigmas eran contundentes. Un ejemplo claro fue la circunnavegación alrededor del planeta; es cierto que en la época de los griegos era plenamente aceptada la idea de la esfericidad de la Tierra, sin embargo, durante la Edad Media era comúnmente aceptado que la Tierra era plana. Esta idea fue puesta en duda cuando en 1492 Cristóbal Colón llegó a América, y años más tarde fue desechada cuando en 1521 Juan Sebastián Elcano completara el viaje de circunnavegación que iniciara Fernando de Magallanes. Por cierto, el éxito de estos viajes produjo un gran desarrollo de la industria naviera y junto con ella, la necesidad de mejorar las cartas astronómicas que servían de guía a los viajeros que no contaban aún con un mapa detallado de la Tierra.



Eratóstenes

Filósofo y matemático alejandrino, fue el primero en calcular el diámetro de la Tierra (los griegos pensaban que era esférica) con una precisión que sigue sorprendiéndonos hoy en día; además, es el autor del calendario “Juliano”, adoptado por los romanos en el gobierno de Julio César en 45 a.C.

El impulso final que necesitaba la revolución intelectual del siglo xv llegó desde un evento extrañísimo. En el año 45 a.C. el emperador romano Julio César implementó un calendario que se basaba en las estimaciones hechas por Eratóstenes respecto de la duración del año, estimada en 365 días y 6 horas, es decir, 365.25 días. En ese calendario el año ordinario constaba de 365 días y cada 4 años se añadía un día adicional en el mes de febrero para compensar la falta de un cuarto de día de cada año. Sin embargo, el cálculo hecho por Eratóstenes no era del todo preciso, pues en realidad el año tiene una duración menor, de alrededor de 365.2425, que equivale a

365 días, 5 horas, 49 minutos y 12 segundos. La diferencia de 10 minutos y 48 segundos podrá parecer imperceptible, sin embargo con el paso de los años se convierte en una cantidad nada despreciable.

Hacia el año 325 d.C., la Iglesia católica celebró una reunión entre sus obispos, conocida como el Concilio de Nicea, en el que se acordó fijar el día 21 de Marzo

como el día del equinoccio de primavera. Esta fecha resultaba de suma importancia pues servía como base para fijar la fecha en la que la Iglesia celebraría la pascua, es decir, la celebración de la resurrección de Jesucristo.

Con el paso de los años y debido al error del calendario Juliano, la fecha en la que realmente sucedía el equinoccio dejó de coincidir con el 21 de Marzo; mientras más años transcurrían, la discrepancia se iba haciendo cada vez mayor, hasta que en el siglo xvi la Iglesia decidió poner manos en el asunto. Se convocó a los mejores astrónomos y matemáticos dentro de las filas eclesiásticas para corregir el calendario, lo que hizo que las grandes mentes de ese tiempo tuvieran que hacer una revisión exhaustiva de las ideas que hasta entonces habían considerado como verdaderas. El resultado de este trabajo se dio a conocer en el año de 1582 por el Papa Gregorio xiii; ese año el último día del calendario Juliano fue el 4 de Octubre y por mandato del Papa el día siguiente fue el 15 de Octubre.

La revolución copernicana y las observaciones de Tycho Brahe

Hacia el año de 1473 nació en Polonia un hombre cuyo impacto en la ciencia moderna es inconmensurable: Nicolás Copérnico. Durante sus estudios de doctorado en la Universidad de Padua tuvo la oportunidad de profundizar en los trabajos de Heráclito de Ponto y de algunos pitagóricos que proponían que los planetas (incluida la Tierra) giraban alrededor del Sol. Asimismo estudio la obra de Ptolomeo, el Almagesto, cuyo modelo planetario le molestaba en exceso por su enorme complejidad.

Copérnico vivió en una época caracterizada por un marcado espíritu revolucionario, no sólo en el ámbito filosófico, sino en un sentido político, económico y social.

El Renacimiento significó para muchos pensadores una oportunidad de demoler los convencionalismos con la finalidad de crear una cultura de conocimiento totalmente nueva. En el terreno político, la amenaza musulmana que prometía reconquistar grandes extensiones del continente europeo, motivó la transformación de los reinos feudales en

pequeñas ciudades-estado que se asociaban para aumentar su poder. Copérnico fue contemporáneo de Lutero y Calvino, quienes encabezaron con éxito revueltas en contra de la hegemonía de la Iglesia católica.

Hacia el año 1503 Copérnico regresó de la Universidad de Padua a su tierra natal para convertirse en canónigo de la catedral de Frauenburg. Algunos años más tarde recibió la invitación de las autoridades eclesiásticas para integrarse en el equipo que estudiaba los problemas del calendario juliano. El astrónomo declinó la invitación, sugiriendo que las teorías y observaciones con las que se contaba en ese momento no permitirían una corrección adecuada del calendario, y se avocó a encontrar una solución al movimiento de los planetas, pues sospechaba que el modelo de las esferas de Ptolomeo era causante de los errores. Copérnico abordó el problema desde dos vertientes: por un lado, se dedicó a obtener datos más precisos de la ubicación de la Luna, el Sol y los planetas mediante una tabla ranurada que contenía dos transportadores y una plomada; por otro lado, retomando algunas técnicas de los astrónomos

matemáticos pitagóricos, se dedicó a buscar un modelo matemático que fuera compatible con los datos que acababa de obtener. Los resultados de este trabajo fueron publicados el año de la muerte de Copérnico por Andrés Osiander con el título *De revolutionibus orbium caelestium* (Revoluciones de las esferas celestes).

A lo largo de la historia se considera que *De revolutionibus* ha sido la piedra angular sobre la que se sustenta la ciencia moderna, pues en este libro Copérnico propone un cambio de paradigma al sugerir que la Tierra gira alrededor del Sol y no al revés, como se aceptaba comúnmente. Como en este modelo es el Sol y no la Tierra el que ocupa el centro, se le denomina heliocéntrico. La hipótesis se puede considerar osada si se le ve como una franca oposición a las ideas de la época, sin embargo, el espíritu con el que fue escrito probablemente no revele sino un elemento técnico del que Copérnico echó mano para justificar los datos que obtuvo con su tabla ranurada.

El filósofo e historiador de la ciencia, Thomas Kuhn, escribió en su libro titulado

La revolución copernicana lo siguiente:

La revolución copernicana fue una revolución en el campo de las ideas, una transformación del concepto del universo que tenía el hombre hasta aquel momento y de su propia relación con el mismo.

Se ha dicho una y mil veces que este episodio de la historia del pensamiento renacentista representó el punto álgido de un cambio de perspectiva irreversible en el desarrollo intelectual del hombre occidental.

Sin embargo, dicha revolución tuvo lugar sobre las más oscuras y recónditas minucias de la investigación astronómica. [...]

Así pues, la importancia del *De revolutionibus* está menos en lo que dice por sí mismo que en lo que ha hecho decir a otros.

Probablemente Copérnico no hubiera publicado su libro pues consideraba que las ideas ahí expuestas no contaban con suficiente sustento (de todos los datos que obtuvo con su tabla sólo unos cuantos podían considerarse como

precisos). Sin embargo, cedió ante la presión de su ayudante y amigo Geog Joachim Rhaeticus, quien organizó y redactó la versión final del escrito.

A pesar de que el modelo heliocéntrico de Copérnico prestó un enorme servicio

a los encargados de la corrección del calendario, se convirtió también en la bandera de los detractores de la Iglesia, que por ese entonces cursaba por un periodo de crisis. Hubo quienes lo apoyaron o se enfrentaron a él utilizando fragmentos de la Biblia; la interpretación que daban a algunos de ellos servían lo mismo para apoyarlo que para contradecirlo; otros tantos buscaban la respuesta en los antiguos escritos griegos, pero hubo otros que decidieron hacerlo de una forma metódica, echando mano de las matemáticas, diseñando mejores instrumentos de medición y acumulando datos acerca de la posición de los planetas.

Un caso sobresaliente fue el de Tycho Brahe, quien en su afán de refutar el modelo heliocéntrico aportó pruebas contundentes a su favor. Tycho nació en el seno de una familia acomodada el 14 de diciembre de 1546, en el castillo de Elsinor en Dinamarca. Debido a los favores que su familia hizo al rey Federico II a Tycho se le concedió el aprovechamiento de la isla de Hven, en donde instaló un observatorio astronómico. Gracias a los conocimientos e instrumentos que acumuló durante su vida de estudiante en Copenhague, Leipzig, Wittenberg, Rostock y Basilea y gracias al interés que le produjo observar un eclipse parcial de Sol a la edad de 14 años su observatorio se convirtió en uno de los mejores de la época.

Tycho Brahe dedicó gran parte de su vida a la observación minuciosa de los cielos, logrando acumular una enorme cantidad de datos relativos a la posición de Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno respecto de la Tierra. Con los datos que recabó demostró que la idea

copernicana de que los planetas giran en órbitas circulares alrededor del Sol no era del todo correcta, pues se apreciaban algunas inconsistencias; él mismo trató de regresar al ideal geocéntrico (en el que todo gira alrededor de la Tierra) proponiendo que el Sol giraba en torno a la Tierra, mientras los planetas giraban alrededor de él, sin embargo, sus observaciones le demostraron que esa idea tampoco era correcta. A la muerte de Tycho uno de sus ayudantes conservó los datos para generar su propia representación de los cielos: Johannes Kepler.

El 27 de diciembre de 1571 nació en Weil, Alemania, el astrónomo y matemático Johannes Kepler. No obstante sus problemas de salud demostró ser un niño muy inteligente y hábil en el manejo de las matemáticas. Sus ancestros habían gozado de una posición social acomodada, pero para el tiempo de Johannes la familia iba en franca decadencia; su madre se dedicaba a una especie de brujería y su padre era un mercenario a las órdenes del Duque de Württemberg. No obstante sus padres encontraron la forma de enviarlo a la universidad, en donde su maestro de matemáticas, Michael Maestlin, le enseñó el modelo planetario de Copérnico. En el año de 1600 se trasladó a Praga, en donde fue invitado a colaborar con Tycho Brahe.

A la muerte de Brahe Kepler pudo conseguir los datos que el danés había acumulado y al graficarlos pudo constatar que, efectivamente, no era posible describir las órbitas de los planetas en términos de círculos u otras figuras simétricas, como la tradición aristotélica lo demandaba. Después de muchos esfuerzos que resultaron vanos

pudo identificar en las rutas planetarias una figura geométrica que no gozaba de mucha popularidad: la elipse.

Kepler había finalmente concluido que los planetas (incluida la Tierra) giran alrededor del Sol describiendo órbitas elípticas (no circulares), en las cuales el Sol ocupa uno de los focos. Publicó sus resultados en un libro titulado: *Astronomía nova* (Nueva astronomía). La publicación de este libro tuvo grandes implicaciones, no sólo en el campo de la Astronomía, sino en la filosofía de la época. En palabras de Fermín Viniegra, tomadas de su libro *Una mecánica sin talachas*, podemos decir que:

De pronto ante la evidencia, [Kepler] aceptó sumisamente que los planetas no siguen los caminos que la tradición y la fe dictaban. Por primera vez, se trataba de un científico desprovisto de todo compromiso con la religión o el dogma, afirmando un hecho surgido de la pura observación, sin trabas ni ataduras.

Ese valor que tuvo Kepler de aceptar la evidencia por encima de las creencias le valió ser considerado como uno de los