

Posición de la tierra.

En la antigüedad, solo con observar el cielo se trataba de establecer diferentes teorías sobre la ubicación de la tierra en el universo.

Los primeros astrónomos creían que los astros y la Vía Láctea se asemejaban a una gran bóveda que estaba alrededor.

Al descubrir la existencia de planeta(astros que se movían), le atribuyeron todo tipo de estudios sobre sus movimientos, y fueron el principal foco de atención de los astrónomos del s. XVII.

Aparecieron planteamientos sobre la ubicación de la tierra en el universo:

– Teoría geocentrica

• Teoría heliocéntrica

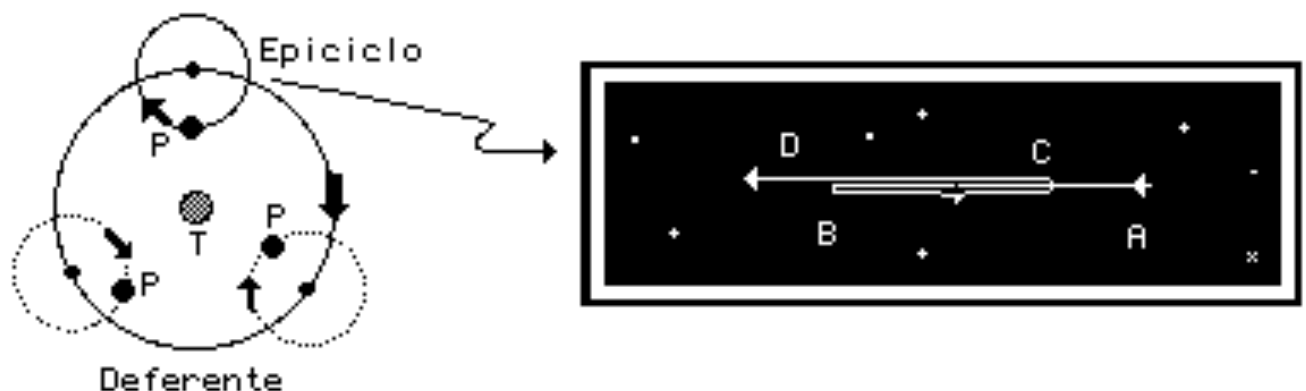
Teoría geocéntrica

Es la hipótesis más simple o básica sobre la ubicación de la tierra. Como su nombre bien lo dice, es la teoría que plantea que la tierra es el centro y los planetas giran entorno a ella (geo: tierra; centrismo: centro). Este era el modelo de Aristóteles Hasta el siglo XVI.

Pero la teoría de Aristóteles no explicaba el hecho de que el sol, Venus, Marte, Júpiter y la luna aparecieran más brillantes y cercanas a la tierra y otras veces más lejanas. Por este motivo **Claudio Ptolomeo** resolvió las dificultades que exponía la teoría anterior.

El modelo astronómico Ptolemaico

El modelo geocéntrico fue caracterizado y completado por Claudio Ptolomeo (138–180 d. C.). Este astrónomo y matemático de origen griego estructuró el sistema y solucionó en parte el problema de la posición de la tierra, los planetas, la luna y el sol. Ajustar las complicadas trayectorias (no circulares) de los planetas fue la tarea de Ptolomeo. En su obra el Almagesto Ptolomeo introdujo el sistema de Epiciclos y Deferentes. Un planeta se caracteriza por tener dos movimientos ligados; uno de ellos es un epiciclo o trayectoria circular alrededor de un punto central el cual a su vez gira en torno de la Tierra en una trayectoria también circular denominada deferente.



El Sistema Ptolemaico de Epíclidos y Deferentes servía para explicar la el acercamiento y lejanía observada desde la tierra en el movimiento de los planetas. La combinación de los dos movimientos circulares explica este aparente cambio en la dirección, el que se repite varias veces sobre el deferente. Teóricamente la trayectoria del punto centro del epíclido vuelve a ocupar el origen después de un tiempo, sin embargo los datos de las observaciones no mostraban este hecho, las trayectorias no son cerradas. Esto motivó a Ptolomeo a introducir más epíclidos y complicar el sistema.

El origen del movimiento epíclido puede verse muy bien en el desplazamiento de una rueda sobre el suelo o sobre un carril. Un observador situado en el borde de la carretera ve que el eje describe una línea recta, mientras que un punto del perímetro de la rueda describe para él un movimiento ondulado, que en el caso de una rueda normal de automóvil muestra un pico y en el caso de una rueda de ferrocarril, un bucle. En este último caso, el movimiento que interesa es el de un punto situado en la pestaña o corona exterior de la rueda.

Esta combinación describe teóricamente los procesos de retrogradación, pero presenta dos problemas al compararse con las observaciones sistemáticas:

- En primer lugar, no se completan las trayectorias circulares después de varios epíclidos.
- En segundo lugar no explica los cambios de brillo –máximo y mínimo– en Venus, Marte y Júpiter, cuya frecuencia debería ser más alta que la observada.

Ante estas dificultades los sucesores de Ptolomeo introdujeron una serie de epíclidos (menores) sobre epíclidos y las denominadas excéntricas (desplazamiento del centro de la Tierra) complicando aún más el sistema, sin alcanzar resultados concluyentes.

Con Ptolomeo tenemos el último gran astrónomo de la antigüedad, que junto con Aristóteles marcaron el pensamiento occidental en los campos de la astronomía y la cosmología. El aporte griego al conocimiento libera a la humanidad del mito y la superstición; después del decaimiento de sus métodos de estudio y la destrucción de la célebre Biblioteca de Alejandría, se expande sobre el pensamiento humano el halo oscuro de la edad media. Transcurrieron trece siglos de historia bajo la autoridad intelectual de la iglesia, en los que no surgieron aportes importantes a las obras de los sabios antiguos. Tuvo gran influencia el pensamiento aristotélico y ptolemaico en todos los ámbitos, su adopción en la Edad Media, Renacimiento y hasta la Edad Moderna se ve reflejada en un ejemplo literal; Dante Alighieri reflejó esta teoría en la Divina Comedia, allí nos muestra un conjunto de esferas en donde la humanidad ocupa un lugar intermedio entre las regiones infernales y degradantes, y las regiones del espíritu puro. En la obra de Dante el pecado y la salvación están amoldados al gran plan del universo.

Esta teoría tuvo gran éxito, por lo que perduró hasta el siglo XVI. He hizo que la Iglesia católica adoptara este modelo para explicar la naturaleza del universo, obviamente, implicando a Dios, creador de la tierra.

Teoría Heliocéntrica:

En el siglo III a.C. Aristarco de Samos planteó un esquema distinto al anterior; Aristarco expone la siguiente idea: El sol es el centro del universo y los planetas se mueven sobre órbitas alrededor de éste.

Sobre Aristarco sólo quedan los comentarios hechos por Arquímedes.

La hipótesis de Aristarco no tuvo mayor relevancia, pero fue una importante base para los estudios de Copérnico. Dieciocho siglos después Copérnico se da a la luz siguiendo las ideas de Aristarco:

Copérnico. La alternativa heliocéntrica

En 1543 (el mismo año de su muerte), el clérigo, astrónomo y pensador neoplatónico polaco Nicolás

Copérnico publica en Nuremberg su libro *De revolutionibus orbium caelestium*. El *De revolutionibus* fue escrito por Copérnico con el objeto de solucionar algunos defectos de la astronomía tradicional, de los que destacamos básicamente tres:

- El callejón en que se hallaba la astronomía medieval, pues según el modelo Ptolemaico, resultaba cada vez más complicado ajustar la teoría con los nuevos datos observacionales: se necesitaban ya más de 80 epiciclos para describir las trayectorias planetarias, de manera que a partir de las mejoras de las observaciones, en vez de haberse resuelto los problemas, se había, en palabras del propio Copérnico, "engendrado un monstruo".
- La no sistematicidad del modelo ptolemaico, pues éste debía tratar de un modo distinto a cada planeta, lo que iba en detrimento de la unidad y la armonía del conjunto.
- La artificialidad de algunos conceptos, como el de punto ecuante, un punto situado fuera del centro de la deferente respecto al cual el movimiento es uniforme– que en vez de explicar la uniformidad de los movimientos planetarios, la violenta.

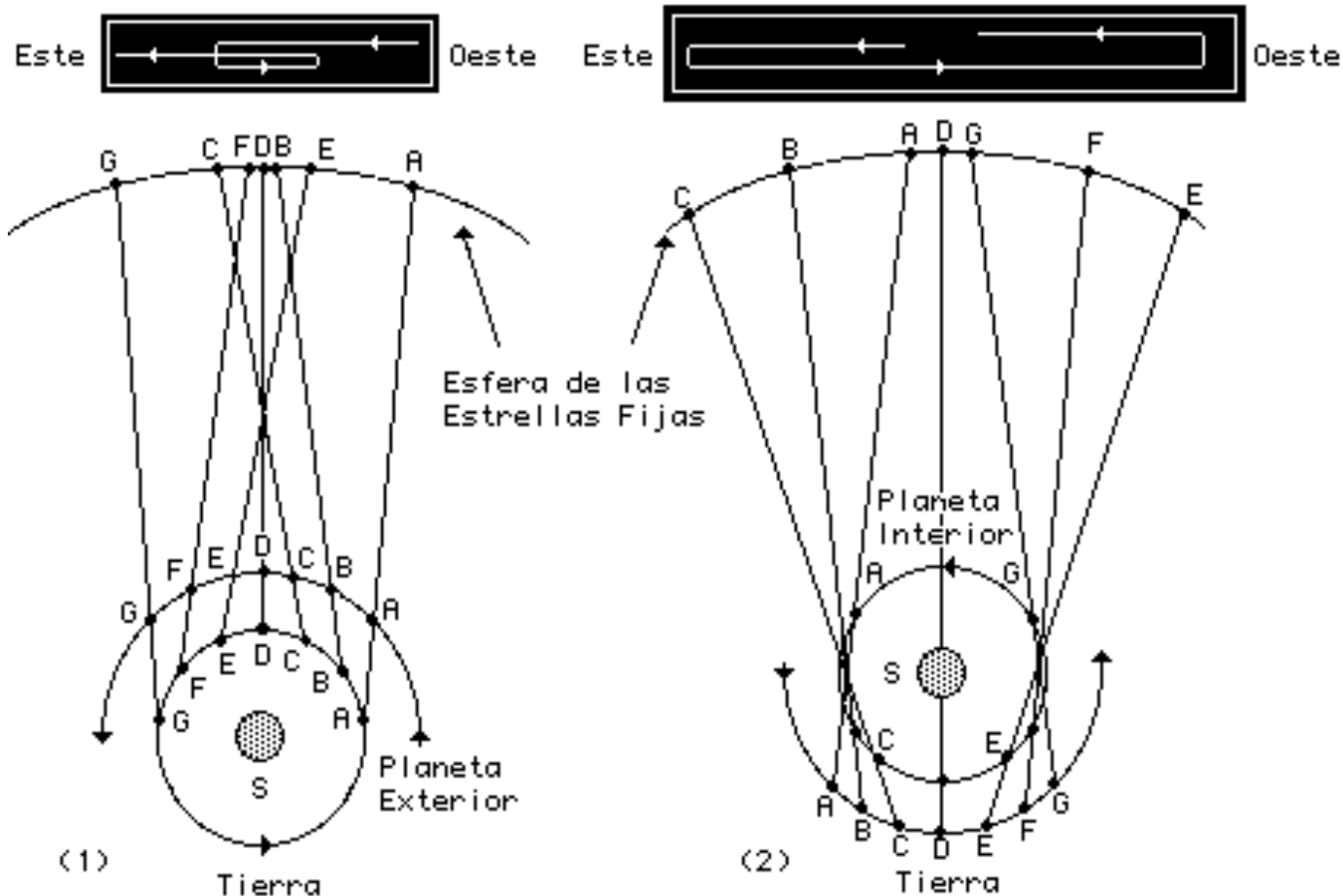
Todo esto chocaba con el convencimiento de Copérnico de que el Universo, por ser obra divina, debería estar regido por unas leyes matemáticas lo más simples posibles y que tanto la distribución de los astros como sus movimientos debían constituir una unidad armónica y sistemática.

Las innovaciones copernicanas

- La Tierra no está en el centro del Universo, es un planeta.
- En el centro del universo está, inmóvil, el Sol.
- Los planetas, con las esferas que los transportan, giran alrededor del Sol según el siguiente orden: Mercurio, Venus, La Tierra, Marte, Júpiter y Saturno.
- La Luna no gira directamente alrededor del Sol, sino de la Tierra.
- La Tierra está afectada por tres movimientos: rotación, traslación y un tercer movimiento anual del eje de rotación terrestre con objeto de mantenerlo paralelo a sí mismo.
- La esfera de las estrellas fijas es inmóvil y está muchísimo más alejada de lo que exige el geocentrismo, lo cual explica que no se observe paralaje estelar.

De este modo, Copérnico consigue explicar de forma diferente una serie de fenómenos astronómicos como:

- Muchos de los movimientos que se observan en el Cielo no son propios de éste, sino que son el reflejo de los que efectúa la Tierra. Así, la revolución diaria de la bóveda celeste es una consecuencia óptica de la rotación de la Tierra y el movimiento anual del Sol lo es de su traslación.
- Los movimientos retrógrados de los planetas son una simple apariencia óptica derivada de sus movimientos directos y de la traslación terrestre. Este fenómeno se explica así de manera simple sin necesidad de ningún artificio: cuando se ve retrogradar un planeta, no es que éste cambie el sentido de su marcha, sino que la Tierra, desde la cual lo observamos, lo adelanta o es adelantada por el planeta (dependiendo si se trata de un planeta exterior o interior), debido a la diferente amplitud de su órbita y, por eso, parece que aquél vaya hacia atrás.



Interpretación del movimiento de retrogradación para planetas exteriores (a) y planetas interiores (b) según el esquema heliocentrista. En ambos dibujos el bucle es debido a que la Tierra se adelanta o se atrasa en su movimiento al planeta; entre A y C, la proyección en la esfera de las estrellas fijas muestra un movimiento hacia el Este, pero entre C y E aparentemente cambia la dirección de movimiento hacia el Oeste, al final entre E y G el planeta retoma su movimiento hacia el Este.

El sistema proporciona una explicación general del universo, simple y sistemática: se eliminan los elementos artificiosos (los bucles de los planetas, los puntos ecuantos, etc.) y se explica del mismo modo los movimientos de todos los planetas (sistematicidad), cosa que, como vimos, no ocurre en el modelo ptolemaico, en el que cada planeta debía tener un tratamiento diferente.

Aspectos tradicionales de la obra copernicana

No obstante, y pese a todas esas importantes diferencias con el modelo anterior, el sistema copernicano tiene todavía muchos elementos, algunos de ellos fundamentales, de la Astronomía y la Cosmología tradicionales, como los siguientes:

- El significado del Cosmos continúa siendo el mismo: una gran esfera (ahora mucho mayor) en cuya superficie interna están fijas las estrellas, aunque a diferencia de los pensadores anteriores, Copérnico consideraba estática esta esfera.

Su estructura interna es también la misma: un conjunto de esferas concéntricas donde giran los planetas.

Si bien se eliminan los epiciclos para explicar las retrogradaciones, continuaban utilizándose para explicar la complejidad de las órbitas, si bien el número de epiciclos se consigue reducir de los 80 necesarios en modelo

ptolemaico a sólo 34, lo cual demuestra que Copérnico seguía fiel a los métodos de trabajo de la astronomía tradicional.

Copérnico sigue completamente dentro de la tradición aristotélica: el éter celeste, los cuatro elementos, los lugares naturales, la distinción entre movimientos naturales y violentos, etc.

Cuestiones al modelo copernicano

Desde el punto de vista astronómico, tan aceptable era en principio el modelo copernicano como el ptolemaico, pues ambos explicaban los mismos fenómenos casi con la misma precisión cuantitativa. Sin embargo existían una serie de cuestiones al movimiento de la Tierra:

- Si la Tierra se mueve, ha de hacerlo con una velocidad muy grande, ¿por qué no lo notamos?
- Si la Tierra rota, ¿por qué la fuerza centrífuga no hace salir despedidos a los objetos que se hallan en su superficie?
- ¿Por qué en su traslación no pierde la atmósfera?
- ¿Por qué no vemos a los pájaros y las nubes quedarse atrás en su vuelo por no poder seguir a velocidad tan enorme?
- ¿Por qué vemos caer los cuerpos verticalmente y no oblicuamente?. ¿Por qué un hombre que da un salto vuelve a caer sobre el punto de partida?
- ¿Por qué siendo la Tierra un cuerpo pesado no se precipita hacia el Sol que ocupa ahora el centro del mundo?

Todas estas cuestiones estaban enmarcadas dentro de la física aristotélica. Haría falta una auténtica revolución de las ideas de la física para que las objeciones anteriores perdieran todo su peso. **Galileo Galilei** fue el hombre que hizo el trabajo de sentar una nueva base de la ciencia del movimiento: la cinemática. Pero mientras esto ocurría, surgieron dos aportaciones básicas a la astronomía protagonizadas por el astrónomo danés **Tycho Brahe** (1546–1601) y por su colaborador **Johannes Kepler** (1571–1630).

Teoría de Tycho Brahe

El astrónomo danés Tico Brahe (1546–1601) intentó comprobar por la observación, con instrumentos astronómicos mucho mejores que los que había tenido Copérnico, si era cierto que la Tierra se movía alrededor del sol.

Partió de la idea de que, si de verdad la Tierra se mueve dando una vuelta al sol cada año, se debería notar un cambio en la posición de las estrellas según la estación del año. Por efecto de la perspectiva, cuando estamos mirando a una estrella desde la derecha del sol, se debería ver la estrella un poco más a la izquierda que seis meses antes, cuando estábamos mirando desde el otro lado de la órbita.

Pero si la Tierra está quieta, las estrellas siempre se verán en el mismo sitio.

Sus observaciones de las estrellas con instrumentos de alta precisión le convencieron de que las estrellas siempre se veían en el mismo sitio. Razonó que, Copérnico si tenía razón, pero la distancia a las estrellas era tan grande que él no la podía medir, debía ser unas tres mil veces mayor que la distancia de la Tierra al sol, como mínimo.

Brahe también había medido el diámetro aparente de las estrellas con sus instrumentos, y sacó como conclusión de esas mediciones que la distancia a las estrellas de primera magnitud era unas dos mil veces mayor que su diámetro real. Combinando esto con la cifra anterior, resulta que el diámetro de algunas estrellas son superior a la distancia de la Tierra al sol, es decir, cientos de veces superior al diámetro del sol.

Esta conclusión era absurda. No parecía tener ningún sentido que el universo contuviese muchos objetos grandes en los bordes, pero que en el centro hubiera un inmenso espacio vacío ocupado únicamente por un sol mucho más pequeño que ellos, seis planetas todavía más diminutos, y la luna, más pequeña aún. Por eso Brahe creyó que había demostrado científicamente y sin dejar lugar a dudas que Copérnico estaba equivocado: la Tierra está siempre a la misma distancia de las estrellas, pero el sol no.

Como otras observaciones suyas también desmentían en muchos puntos muchas teorías de Ptolomeo, pero concordaban bastante bien con otras de Copérnico, Brahe no tuvo más remedio que inventarse una explicación propia del movimiento de los planetas, que estaba de acuerdo con todas las observaciones y quedaba a medio camino entre las teorías de Ptolomeo y Copérnico.

Según Brahe, el sol y la luna dan vueltas a la Tierra, pero los cinco planetas dan vueltas al sol, esta teoría explica los movimientos de Marte igual de bien que las de Ptolomeo y Brahe, y además explica por qué las observaciones no revelan variaciones en la posición de las estrellas.

Kleper, colaborador de Brahe

Astrónomo alemán. Discípulo de Tycho, propone las leyes que describen el movimiento de los cuerpos celestes y da término, finalmente, a la aceptación de las ideas del paradigma pitagórico.

1a. Ley: Todos los planetas giran alrededor del Sol en órbitas elípticas, con el Sol en un foco.

2a. Ley: El radio vector (línea planeta-Sol) barre áreas iguales en tiempos iguales.

3a. Ley: Mientras más lejano un planeta, más tarda en completar su órbita.

Como puede observarse, la ciencia avanzó mucho durante los siglos pasados, y los avances tecnológicos actuales no habrían podido ocurrir sin el concurso de estos brillantes pensadores.

