

# Johanes Keplepler

## (1521-1630)

LUIS RIVERA TERRAZAS



Johanes Kepler (1571-1630).

Entre los más destacados impulsores del pensamiento científico de principios del S. XVII, Kepler ocupa un lugar relevante.

Desde un principio se declaró abierto y decidido partidario de la nueva cosmología heliocéntrica de Copérnico, dedicando todos sus esfuerzos científicos a demostrar la validez de la mencionada teoría y a combatir las impugnaciones que sus detractores habían levantado en su contra.

Debemos recordar que cuando en 1543 Copérnico saca a luz su obra fundamental, llamada *Revolutionibus Orbium*, imperaba en forma absoluta y total la vieja idea Aristotélica de un Univer-

so constituido por una serie de esferas sólidas cristalinas, a las cuales se adherían los planetas, el sol, la luna y las estrellas, y las cuales realizaban diariamente un movimiento de rotación en torno a la Tierra, considerada fija en el centro del Universo. Además de este movimiento diurno las esferas ejecutaban diferentes tipos de movimientos con objeto de representar las traslaciones de los planetas contemplados desde la Tierra.

Sin rechazar el sistema cosmológico Aristotélico de las esferas cristalinas Ptolomeo (S. II d.C.) astrónomo griego de Alejandría, había introducido un sistema complicado de círculos sobre los cuales se movían los planetas (excéntricos, deferentes, epiciclos, etc.) y mediante los cuales se podían determinar y predecir las posiciones futuras de los planetas.

Para Ptolomeo dicho sistema de círculos era sólo un recurso matemático de cálculo sin tener una realidad objetiva.

El sistema astronómico aristotélico Ptolomaico tenía en el siglo XVI, cuando Copérnico lo transformó, más de 20 siglos de vigencia y había arraigado profundamente en el pensamiento científico de Europa Occidental.

No solo este sistema tenía implicaciones científicas, sino que sobre todo se había transformado, con el tiempo, en un sistema religioso, adaptado al pensamiento teológico de la época.

Para entender esto con claridad basta leer el poema de Dante Alighieri "La Divina Comedia" donde junto con las proposiciones de tipo cosmológico se encuentran las de tipo religioso, como lo son las ubicaciones tanto del cielo, como del infierno, pasando por el purgatorio. Y si se escarba un poco más veremos que al sistema de marras también se le pueden determinar componentes de tipo político y social, ya que la estructura jerárquica de la Sociedad feudal encajaba perfectamente bien en la estructura jerárquica del Universo Aristotélico, dividido en dos renglones: la sublunar donde reina la imperfección y la corrupción, y la traslunar que es el reinado de la perfección de la eternidad, y de la pureza.

Así pues, es a este mundo tan embrollado, tan complejo por la multitud de implicaciones extra científicas, al que se

tienen que enfrentar pensadores tan eminentes como Copérnico (1473-1543) Galileo (1564-1642) y Kepler.

La lucha, como es sabido, fué ruda, siendo Galileo sobre quien se descargan los rayos de la tempestad de la Inquisición Romana.

Kepler se inicia profesionalmente en 1596, cuando aparece su primer libro que lleva por título "Misterio Cosmográfico", cuyo propósito es demostrar la validez de la teoría heliocéntrica y para ello emplea un argumento basado en el número de los planetas.

Desde el punto de vista del sistema de Ptolomeo existían 7 planetas a saber: Luna, Mercurio, Venus, Sol, Marte, Júpiter y Saturno.

Pero adoptando el sistema Copernicano el número se reduce a 6: Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter y Saturno, lo que hace decir a Kepler que "Dios creo un Universo con seis planetas porque sólo hay cinco sólidos regulares, o poliedros", los cuales eran conocidos desde la época de Platón. (ver tabla)

Poliedro	Caras	No. de Caras
Tetraedro	Triángulos	4
Cubo	Cuadrados	6
Octaedro	Triángulos	8
Dodacaedro	Pentágonos	12
	Regulares	
Icosaedro	Idem	20

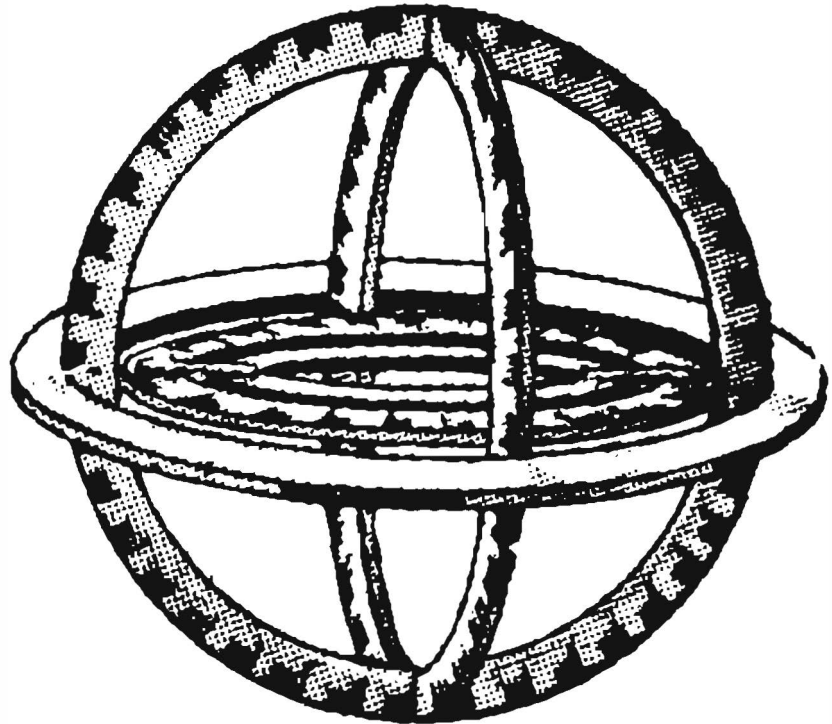
La relación entre planetas y poliedros aparece de una forma realmente sorprendente por la mezcla que hace Kepler de consideraciones científicas y extra científicas.

Desde su punto de vista filosófico, tanto Copérnico como Kepler fueron Neoplatónicos y por lo tanto sostenían, por lo menos en esa temprana época, que el Universo había sido creado de acuerdo con principios estrictamente geométricos que revelaban de esta manera la armonía interna de la estructura universal.

Fuó dentro de este marco que Kepler estableció lo que él consideró su método de determinación de las magnitudes o tamaños de las esferas planetarias.

Tomando como punto de partida la esfera de Saturno, Kepler procede a inscribirle un cubo, de manera que el radio de la esfera inscrita al cubo, es igual al radio de la esfera de Júpiter. Si a la esfera de Júpiter así determinada le inscribimos ahora un tetraedro, a éste le inscribimos ahora una tercera esfera, esta será igual a la esfera de Marte, y así sucesivamente con el resto de los poliedros.

Resulta inconcebible esta extraña forma de pensamiento científico, pero en descargo de Kepler podemos decir que



Primer Intento de Kepler de interpretar el movimiento planetario, de *De Harmonice Mundi*, Línz, 1619.

ese era el espíritu de la época, lleno de misticismo y sin capacidad para discernir entre los elementos realmente científicos de una teoría y los elementos ajenos a ella.

Esto se logró posteriormente y aún podemos decir que ni el mismo Newton se pudo desembarazar del todo de los elementos extra científicos que aparecen claramente presentes en su obra. Sus conceptos de espacio y tiempo absolutos no son más que el resultado de la influencia Neoplatónica que se respiraba en Cambridge en la época en la que Newton era estudiante.

También en descargo de Kepler podemos decir que ésta fué su primera y última ligereza conceptual, pues el resto de su obra tiene un arte eminentemente científico sin agregados extraños.

En 1609 aparece su libro *Astronomía Nova*, donde empieza rechazando las esferas sólidas y cristalinas de Aristóteles apoyado en dos hechos astronómicos descubiertos por su maestro Tycho Brahe (1546-1601):

La nova de 1572 y el cometa de 1577.

Brahe llega a la conclusión de que ambos fenómenos ocurrieron fuera de la órbita de la Luna, sobre todo por lo que se refiere al cometa, ya que éste viene de muy lejos, pasa cerca del sol y retrocede a muy grande distancia.

Evidentemente hay una gran incompatibilidad entre este hecho astronómico y la presencia de esferas sólidas que debieron ser atravesadas durante el acercamiento del cometa al Sol.

Desde luego el rechazo de las esferas de cristal requerían de una nueva física celeste, y Kepler pasa a poner sus bases.

Apoyado por el gran cúmulo de observaciones realizadas por Tycho Brahe, observaciones de la mayor precisión hasta entonces realizadas, procede a usar las correspondientes al planeta Marte ya que, por el principio de uniformidad de la naturaleza, las propiedades dinámicas de Marte deberían ser aplicables a todos los planetas.

Kepler a estas alturas sigue aferrado a las órbitas circulares de Ptolomeo, por lo que para explicar el movimiento aparente de Marte, observado desde la Tierra,

ensaya una órbita circular pero no recorrida con movimiento uniforme, sino con velocidad variable.

Después de invertir dos años en éste esfuerzo, Kepler reconoció su fracaso pues sus resultados contenían un error de 8'.

Copérnico hubiera quedado satisfecho con una precisión de 10' pero no así Kepler.

En vista del fracaso, Kepler abandonó el estudio de la órbita de Marte y pasó a considerar la de la Tierra, concluyendo que la velocidad de la Tierra es inversamente proporcional a su distancia al Sol.

Esta ley de velocidades que Newton demostró era incorrecta, sirvió de guía a las posteriores investigaciones de Kepler.

A partir de ella dedujo Kepler la Ley de las áreas (tom. II) que sabemos es correcta, de modo que históricamente las primera ley descubierta fué la que ahora llamamos Segunda Ley, y que establece la constancia de la velocidad de barrido del área por el radio vector (velocidad areal).

Como vimos, Kepler obtuvo la Ley de las Áreas a partir de esa (errónea) ley de las velocidades planetarias, pero esta ley le sugirió los elementos básicos de su mecánica celeste, la cual debe depender de la función dinámica central asignada al Sol.

Kepler estaba convencido del papel primario del Sol en el Universo, ya que siendo este astro la fuente de luz y calor, también debería ser el centro dinámico del sistema solar.

Kepler suponía que del sol emanaba un poder que empujaba a los planetas y producía sus movimientos orbitales, de la misma manera que los rayos de una rueda arrastran en su movimiento de rotación.

Implícitamente, Kepler estaba empleando las proposiciones básicas de la mecánica de Aristóteles, según la cual un cuerpo permanece en movimiento sólo en tanto y cuanto algo lo ponga y lo conserve en movimiento. En lenguaje aristotélico esta proposición se expresa diciendo: "Todo lo que se mueve es movido por algo".

Consecuentemente la velocidad del planeta debe ser proporcional a la fuerza motriz:

Luego la Ley Kepleriana de las velocidades planetarias aparece como una consecuencia de la dinámica básica del sistema solar.

Luego, el "poder" irradiado desde el Sol decrece en proporción a la distancia, y la velocidad de cada planeta debe variar inversamente a su distancia al Sol.

Además, por lo que se refiere a esta "fuerza" emanada del Sol, Kepler consi-

dera que ocurre exclusivamente sobre el plano de la órbita planetaria:

Esto es, para Kepler la "fuerza gravitacional" del Sol tiene una distribución plana: ocurre sobre un plano.

A medida que Kepler desarrollaba la dinámica del movimiento planetario, más le recordaba las relaciones básicas de la palanca a mayor distancia al Sol menor es el "poder" seguido por el Sol para moverlo.

Cuando apareció por primera vez la noción de un 'Poder' irradiando desde el Sol fué cuando se publicó el libro *Misterio Cosmográfico*.

En la primera edición, el término usado por Kepler para designar a este "poder" fué el de "Anima motrix", o sea, un "alma motriz", término con fuertes reminiscencias animísticas y que hacía recordar términos aristotélicos semejantes.



En la edición de 1621 se agregó una nota donde se aclara que hay que substituir la palabra "ánima" (alma) por la de 'vis' (fuerza) para poder entender cual es el principio mismo sobre el cual se basa la física celeste.

Dice Kepler: "Anteriormente creía que la causa que mueve a los planetas era un alma, estando sin duda influido por las enseñanzas de J.C. Escoligero acerca de las inteligencias motoras. Pero cuando reconocí que esa causa motora se debilita, al crecer la distancia al Sol, entonces concluí que esa fuerza debería ser de tipo corporal".

Mientras tanto permanecía sin resolver un problema de la dinámica celeste.

¿Qué es lo que hace variar la distancia de un planeta al Sol?

Los antiguos resolvieron el problema introduciendo las órbitas excéntricas y sobre todo los epiciclos, lo que permitía "explicar" dicha variación en distancia.

Cuando Kepler regresó al estudio de Marte, descubrió que usando una elipse y si el Sol se coloca en uno de sus focos, entonces la distancia sol-planeta varía de un modo uniforme entre dos valores extremos: un valor mínimo en el perihelio y otro máximo en el afelio. Esta variación uniforme sugiere la presencia de una acción física.

Luego, ya podía ser rechazado definitivamente el mecanismo de los epiciclos.

Así quedó establecida la ahora llamada Ley I de Kepler y eliminadas también, definitivamente las milenarias órbitas circulares. Por lo que se refiere a la fuerza que emana del Sol, Kepler se decidió por una fuerza magnética de atracción entre el Sol y el planeta.

Finalmente Kepler descubrió lo que ahora llamamos la Ley III que establece una relación constante entre el período P de revolución de un planeta y su distancia media al sol, la cual se demuestra que es igual al semieje mayor a de la elipse:

$$o\ sea \quad P^2 / a^3 = \text{constante.}$$

Para finalizar este esbozo de la obra de Kepler diremos simplemente que su obra presenta dos aspectos igualmente interesantes:

Por un lado la obra de Kepler se puede ver como un rompimiento lento pero sostenido con la tradición aristotélica-ptolomaica, de esferas cristalinas, círculos, epiciclos y otros recursos geométricos inventados por los astrónomos antiguos para explicar, cosa que no siempre lograron, los movimientos de los astros observados desde la Tierra, todo esto ligado al establecimiento de una nueva cosmología en la que la Tierra ya no desempeñará ningún papel fundamental.

Por otro lado, y esta es tal vez la contribución más importante de Kepler, se lanzó a una tarea constructiva, ya que fue capaz de establecer nuevos conceptos, nuevas leyes que permitieron el desarrollo subsecuente de la ciencia en el mismo siglo XVI, y sacando a la física y a la astronomía del pantano donde habían sido llevadas, desde el siglo IV a.C., por Aristóteles, Ptolomeo y los escolásticos de los siglos precedentes al XVI.