

Kepler y el misterio del Cosmos

Summary: *This paper deals with the conceptual structure behind Kepler's proof of the copernican heliocentrism - *Mysterium Cosmographicum*, 1596. The theological, mathematical and astronomical premises which provide the basis for the proof are considered. Mainly, it is considered the relationship between the five regular bodies and the number of planets. The paper ends with a reference to Kepler's view about empirical data which is very useful for understanding his ulterior scientific thought.*

Resumen: *Este trabajo trata de la estructura conceptual tras la demostración kepleriana del heliocentrismo copernicano -*Misterio del Cosmos*, 1596. Se consideran las premisas teológicas, pitagóricas y astronómicas que sirven de base a la prueba. En especial, se trata de los cinco poliedros regulares y del número de los planetas. El trabajo cierra con una referencia al papel de lo fáctico, según Kepler, que hace comprensible su pensamiento científico posterior.*

I

En su primera obra astronómica, el *Mysterium cosmographicum*, fechada en 1596, - en particular en su introducción denominada Primer Prefacio al Lector -, Johannes Kepler (1571-1630) ofrece una apretada síntesis de la clave que resuelve el misterio del cosmos. Citando de memoria su propia for-

mulación de tan maravilloso descubrimiento, Kepler dice:

"La Tierra es el círculo que es medida de todo. Circunscribele un dodecaedro. El círculo que lo circunscriba será Marte. Circunscribe a Marte con un tetraedro, el círculo que lo comprenda a éste será Júpiter. Circunscribe a Júpiter con un cubo. El círculo que comprenda a éste será Saturno. Ahora inscribe en la Tierra un icosaedro. El círculo inscrito en éste será Venus. Inscribe en Venus un octaedro. El círculo inscrito en él será Mercurio. Tienes la razón del número de los planetas."¹

Ahora bien, se debe preguntar el por qué se asume un misterio del cosmos, y cuáles son los presupuestos que permiten a Kepler el hallazgo de su solución.

El misterio remite a la necesariamente admirable proporción de los orbes celestes, es decir, a la forma en que está organizado el cielo. Y a las razones por las que este cosmos tiene tal proporción y estructura. Por ello, Kepler expresa:

"Tres cosas había en concreto sobre las cuales yo insistentemente quería saber por qué eran así y no de otra manera: el número, la magnitud y el movimiento de los orbes."²

Para Kepler, ello es sinónimo de la concepción astronómica planteada por Nicolás Copérnico en 1543, en su *De revolutionibus orbium coelestium*, a saber, el heliocentrismo. Y lo es, puesto que es la teoría que ha asimilado como parte de la enseñanza recibida de su maestro Michael Maestlin (1550-1631) en la Universidad de Tübinga. En efecto, el joven Kepler quien estudia

teología, como carrera principal - en terminología de hoy en día -, también se adentra en el mundo de la matemática, la astronomía, y la filosofía de la naturaleza en la cátedra de Maestlin, lo cual significaba familiarización con las concepciones pitagóricas y copernicanas, como novedad, pero también las tradicionalmente aristotélicas. Lo reconoce de manera directa:

“Desde que, en Tubinga, hace seis años trabajaba bajo la dirección del esclarecido Maestro Michael Maestlin, yo estaba preocupado por las múltiples dificultades de las concepciones usuales del mundo y me complacía de tal modo con Copérnico, de quien aquél hacía muchas menciones en sus lecciones, que no sólo defendía yo frecuentemente sus opiniones en las disputas de los candidatos en física, sino que yo mismo escribí una meticolosa disputatio sobre el primer movimiento, para mostrar que surge de la revolución de la Tierra. Entonces yo llegué a adscribir a la propia Tierra el movimiento del Sol, pero mientras Copérnico lo hizo con argumentos matemáticos yo lo hice con argumentos físicos o, mejor, metafísicos.”³

Para volver al heliocentrismo copernicano, tal misterio supone el preguntarse por la razón del Sol como centro, de la esfera de las estrellas fijas como periferia y del movimiento de los planetas, incluyendo entre ellos a la Tierra. En especial, en el caso de los planetas, se debe inquirir acerca del número de los mismos, puesto que el heliocentrismo modifica una creencia astronómica de muy viejo abolengo, a saber, la existencia de siete cuerpos celestes. No obstante, es bien sabido por el joven Kepler que el sistema copernicano reduce ese número a solamente seis, rebajando la categoría de la Luna a simple planeta secundario, esto es, que no se mueve directamente alrededor del Sol. Luego se le denominará satélite. Y esta es una muy interesante arista de la estructura del Universo, pero es una verdad establecida simplemente a posteriori en la reorganización copernicana de los cielos.

Los presupuestos emergen de lo antes expuesto relativo a la formación intelectual de Kepler, si se hace énfasis en la teología cristiana, con su concepción fundamental del Dios creador, por una parte, y de la estructura matemática (en especial geométrica) de la naturaleza, propia del pitagorismo, por la otra. La solución al misterio del cosmos, en consecuencia, debe encontrarse a partir de la idea central de un Dios creador-geómetra. Y de los materiales conceptuales a su disposición, a

saber, las realidades matemáticas de lo curvo y lo recto, que condicionan la razón de ser última de la creación. Todo ello en una grandiosa síntesis de lo cristiano, pitagórico y astronómico, en el sentido clásico de lo circular y uniforme, que no tiene parangón en la historia del pensamiento astronómico.

Pero sobre el *Esquema de la Demostración Fundamental*, que sí contiene la prueba a priori, o en palabras del final de la cita anterior, prueba metafísica, se tratará más adelante.

II

“Es mi intención, lector, demostrar en este pequeño libro que el Creador óptimo Máximo, al crear este mundo móvil y en la disposición de los cielos se atuvo a los cinco cuerpos regulares que han sido tan famosos desde los días de Pitágoras y Platón hasta los nuestros y también que en la función de su naturaleza ajustó su número, sus proporciones y la razón de sus movimientos”⁴.

Con la precedente afirmación, Kepler hace referencia a la clave que ilumina la manera en que están ordenados los planetas, lo cual es central en la presente exposición.

No obstante, no se puede dejar de lado que ese mismo Creador óptimo Máximo, o Dios-geómetra, utilizó la forma perfecta de lo curvo, es decir, la esfera, para establecer la forma del todo del Universo. Esfera que define un cosmos único, finito y bello, en el mejor de los sentidos de la tradición cosmológico-astronómica clásica. Que expresa la profunda simetría entre el Universo y la Trinidad, en el sentido kepleriano. En efecto, así como Dios es uno y trino, según el dogma de la fe, el Mundo o Universo es uno (esfera finita) pero también es trino pues contiene tres regiones radicalmente diferenciables: el centro, la periferia y el intervalo entre ambos. Es más, la comparación entre ambas tríadas es inmediata: el centro (Sol) es al Dios Padre, como la periferia (firmamento estrellado) es al Dios Hijo, y el intervalo (región de los planetas) es al Dios Espíritu Santo.

“Lo que me enardeció para esto fue la maravillosa armonía de las cosas inmóviles, el Sol, las estrellas fijas y el espacio intermedio con Dios Padre, Hijo y Espíritu Santo, semejanza que yo aún seguiré investigando en *Cosmographia*”⁵.

Por supuesto, Kepler asume al Sol como centro en virtud de su aceptación del heliocentrismo

copernicano, pero al mismo tiempo profundiza dicha aceptación puesto que solamente el Sol podría compararse con la Divinidad.

En efecto, en obra póstuma, pero que se dice remite a las consideraciones de juventud, tal como la cuestión disputada en Tubinga, se dice lo siguiente:

"En primer lugar -que por ventura no lo vaya a negar un ciego- el cuerpo más excelente del universo es el Sol, cuya esencia toda no es otra cosa que la luz más pura, a la que ninguna estrella puede compararse. Sólo él y él solo es el productor, conservador y calentador de todas las cosas; es fuente de luz, rica en fructuoso calor, la más bella, límpida y hermosa a la vista, fuente de visión, pintora de todos los colores, aunque en sí misma libre de color. Se lo llama rey de los planetas por su movimiento, corazón del universo por su poder, ojo del mundo por su belleza. Sólo a él deberíamos juzgar digno del Altísimo Dios, si Dios quisiera un domicilio material donde morar con los santos ángeles..."⁶

Hasta aquí se ha establecido la razón de dos de los inmóviles del Universo uno y trino: el centro-Sol y la periferia-firmamento. El tercero de ellos es la región intermedia, inmóvil en sí pero ámbito de los movimientos planetarios.

Movimientos planetarios de naturaleza circular y uniforme, esto es manifestación de lo curvo, pero movimientos múltiples dado que hay varios planetas y sus movimientos son diferenciables. En consecuencia, lo curvo no puede ser o expresar la razón última del número y movimientos de los planetas. Lo curvo perfecto, la esfera, es uno y único pues todas las esferas son cualitativamente idénticas. Se requiere una razón de multiplicidad.

Kepler introduce lo rectilíneo más perfecto, bello y sublime para proporcionar la clave o explicación a priori (metafísica y no solamente astronómica) de los seis movimientos planetarios propios de la concepción heliocéntrica de Copérnico. Es decir, de la multiplicidad de los movimientos o trayectorias planetarias.

Ahora bien, hay seis planetas y no siete pues los poliedros regulares son cinco y solamente cinco como los pitagóricos establecieron con necesidad apodíctica en el siglo IV A.C. En síntesis, lo rectilíneo perfecto y bello, contexto pitagórico-platónico, permite entender la multiplicidad de movimientos planetarios, pero no como dato irracional sino como manifestación de la estructura matemática del plan divino del Creador-geómetra.

Multiplicidad de los cinco poliedros, que explica la multiplicidad de movimientos, proporciones y orden de los planetas. Estructura matemática que se impone y también se descubre en el cosmos creado.

Pero ¿cómo se puede tener confianza en un planteamiento de tal naturaleza? Kepler lo justifica en los siguientes términos:

"Para Dios hay, en el mundo material entero, leyes materiales, números y relaciones de especial excelencia y del mayor orden apropiado... No intentemos, pues, descubrir más del mundo inmaterial y celeste que lo que Dios nos ha revelado. Esas leyes están dentro del ámbito de la comprensión humana; Dios quiso que las reconociéramos al crearnos según su propia imagen, de manera que pudiéramos participar en sus mismos pensamientos. Porque ¿qué hay en la mente humana, aparte de números y magnitudes? Es solamente esto lo que podemos aprehender de manera adecuada; y si la piedad nos permite decirlo así, nuestro entendimiento es, en este aspecto, del mismo tipo que el divino, por lo menos en la medida en que podemos captar algo de Él en nuestra vida mortal. Solamente los tontos temen que hagamos al hombre divino al decir esto; porque los designios de Dios son impenetrables, pero no lo es su creación material..."⁷

Kepler establece la conmensurabilidad entre la mente humana y las leyes de la naturaleza. Y el puente para establecer dicha conmensurabilidad es el hecho que en la naturaleza, por efectos de la acción creadora, hay realmente relaciones matemáticas, por una parte, y que la mente humana funciona a partir de números y cantidades, por la otra. De manera más fundamental, Kepler asume una equivalencia entre el entendimiento divino y la mente humana, al menos en esta dimensión del conocimiento natural, pues en esta dimensión del conocimiento así él lo estableció. En otros ámbitos de la actividad divina puede ser que sus designios sean impenetrables, pero no en la creación material y en el correspondiente conocimiento humano de la misma.

En consecuencia la mente humana, por medio de la ciencia, puede establecer verdades plenas y definitivas. Cuán lejos se coloca el planteamiento instrumentalista de Osiander al que tanto Tycho como Kepler denunciarán como falsa interpretación del heliocentrismo copernicano. Por el contrario, nuevamente se abre el camino hacia la interpretación realista de la ciencia tan crucial para el pensamiento moderno.

III

"Tenemos orbes mediante el movimiento y cuerpos sólidos mediante número y magnitudes; nada falta sino sólo que digamos con Platón "Dios siempre geometriza" y en esta fábrica de móviles inscribió a los cuerpos sólidos dentro de esferas y a las esferas dentro de sólidos, hasta el punto de que ningún cuerpo sólido quedase sin vestir por dentro y por fuera mediante orbes móviles." ⁸

Fiel a las ideas centrales de la astronomía clásica que ha bebido en las fuentes de Maestlin, Kepler asume la idea de los movimientos circulares y uniformes de las estrellas móviles. De hecho, expresa que puesto que los planetas poseen movimientos debieron haber recibido orbes redondos, lo que puede interpretarse como la suposición de la existencia de las esferas cristalinas tradicionales. Ciertamente, Kepler lo aclara en la segunda edición de su texto en 1621, en especial, por la observación que le hizo llegar Tycho Brahe, quien las había rechazado por diversas razones, astronómicas y físicas, en tanto que apunta que lo que entendía por estas orbes es más bien espacios en los que se realizan los movimientos continuos de los cuerpos celestes móviles. No obstante, parece razonable, para la primera edición del texto, 1596, como se apuntó antes, que la circularidad sea tomada en un sentido mucho más estricto o fuerte.

Esferas y planetas que conforman el intervalo entre el centro de la esfera del cosmos, en el que se coloca el Sol, y el firmamento estrellado, ámbito de las innumerables, probablemente infinitas estrellas fijas, es el objetivo de la explicación kepleriana, que resuelve la cuestión del número y órbitas de los cuerpos celestes móviles. De hecho, apunta que la divinidad pudo dar razón de ambos extremos por referencia exclusiva a lo curvo, pero que para los planetas, conjunto finito, pequeño y perfectamente establecido, se debe recurrir a la intrínseca pluralidad de lo rectilíneo, y en particular, a la pluralidad privilegiada de los sólidos platónicos, como se señaló más arriba.

De manera más específica, la clave de este problema del número y orden de los planetas, radica en la existencia matemática de los cinco poliedros regulares, que además poseen la propiedad de circunscribir y ser inscritos por círculos o esferas. Lo que permite que todos y cada uno de ellos pueda ser vestido por dentro y por fuera por orbes que

determinan los senderos del movimiento y la razón última de número de los planetas.

"Por lo cual, si alguien me preguntase por qué sólo hay seis esferas móviles, respondería que porque no son precisas más que cinco proporciones, que son el mismo número de cuerpos regulares en las matemáticas. Y seis superficies externas bastan para comprender este número de proporciones." ⁹

En efecto, si se parte del orbe de la Tierra, que de algún modo debe ser privilegiado puesto que es el hogar de nuestra especie, creada a imagen y semejanza del Creador, se puede establecer un arreglo de los poliedros regulares de tal forma que justifiquen no solamente el número sino también la distinción entre planetas exteriores e interiores en relación con la Tierra.

Lo segundo se entiende por la correlación que Kepler establece entre planetas exteriores e interiores, por una parte, y poliedros primarios y secundarios, por la otra. Según el heliocentrismo, planetas exteriores son Marte, Júpiter y Saturno los que con sus orbes envuelven al orbe terrestre, y los interiores son Venus y Mercurio, que son envueltos por el movimiento de la Tierra. En el caso de los poliedros se puede insistir en la clasificación de primarios de acuerdo con el tipo de caras, equiláteras, cuadradas y pentagonales, o secundarios por el número de las mismas cuando coinciden con una de los primarios. En consecuencia se tiene que poliedros primarios son el tetraedro (caras equiláteras), el hexaedro (cuadradas) y el dodecaedro (pentagonales); secundarios son el octaedro y el icosaedro que repiten las caras equiláteras del tetraedro. Por supuesto, el tetraedro se le coloca en el grupo de los primarios por referencia al principio de simplicidad.

El descubrimiento a posteriori de Copérnico es justificado a priori por esta propiedad matemática de los poliedros y por la acción geométrica del creador.

Lo primero, la cuestión del número, se resuelve si, de manera didáctica, se colocan a partir de la órbita terrestre el dodecaedro que la circunscribe pero que también es envuelto por un círculo que define la trayectoria del siguiente planeta exterior, a saber Marte. El círculo de Marte igualmente es circunscrito por un poliedro, el tetraedro, que siendo envuelto por otro círculo o esfera, determina la trayectoria de Júpiter. Colocado el último de los poliedros primarios en torno al orbe de Júpiter, el

hexaedro, se define la última de las trayectorias circulares. Por otra parte, a partir de la trayectoria circular de la Tierra, nuevamente tomada como la atalaya principal, "nuestra Tierra, suma y compendio del mundo entero y la más digna de las estrellas móviles".¹⁰ se tiene que ella envuelve al icosaedro y engloba al orbe de Venus. Finalmente, el octaedro circunscrito por Venus, inscribe una última esfera que determina la trayectoria de Mercurio, el más interior de los planetas. En esta reconstrucción didáctica de la cuestión se ha utilizado la totalidad de los cinco poliedros y se han definido seis y solamente seis orbes o esferas que corresponden a los seis planetas copernicanos. Y todo ello armónicamente definido por lo rectilíneo perfecto, los poliedros, colocados entre el centro y la periferia de la esfera total del Cosmos, representación de la Divinidad.

Por supuesto, la razón última es la necesidad matemática en la creación divina, guiada por la bondad del agente creador que según su propia autorregulación produce lo más bello posible, de nuevo en la mejor de las tradiciones del *Timeo* de Platón.

No queda más que reproducir las palabras de Kepler:

"Pues, qué se podría decir o imaginar más admirable, más apto para persuadir que: aquello que Copérnico estableció por observación, a partir de los efectos, a posteriori, como un ciego afirma sus pasos con el bastón (como solía decir Rhetico), en una conjetura más afortunada que fiable, y hasta creyó que las cosas eran así, todas estas cosas, digo, sean deducidas como perfectamente establecidas mediante razones a priori, a partir de causas, deducidas de la idea de creación."¹¹

IV

Hasta aquí el planteamiento kepleriano es de características tan exageradamente pitagorizantes que es de suponer una total asintonía con la mentalidad moderna. Y ello podría explicar la falta de resonancia de muchas de las propuestas teóricas del gran astrónomo, no solamente en su tiempo sino en épocas posteriores. Sin embargo, dicha falta de concordancia con lo moderno no es real, y por el contrario, Kepler mantiene una concepción del valor de la experiencia y su crucial función en la valoración de las teorías, que más bien lo presenta como extraordinariamente moderno y miembro

por derecho pleno de la comunidad científica moderna.

Prueba de ello es el siguiente texto de una carta dirigida por Kepler a Herwart von Hohenburg, en el año 1599, y en el cual hace claro énfasis sobre la relación que debe darse entre las especulaciones a priori y los hechos o evidencia experimental.

"Habría concluido mi investigación sobre las armonías del mundo si la astronomía de Tycho no me hubiera fascinado tanto que casi estaba fuera de mí; todavía me maravilla lo que podría progresarse en esta dirección. Una de las más importantes razones de mi visita a Tycho fue el deseo, como sabes, de aprender de él figuras más correctas de las excentricidades para examinar mi *Mysterium* y las *Harmonice* mencionadas para compararlas. Porque estas especulaciones a priori no deben entrar en conflicto con la evidencia experimental; más bien, deben de estar de acuerdo con ella".¹²

Ahora bien, esta actitud de Kepler no es simplemente una consideración teórica, sino una decisión tan pragmática que ha regido muchas de sus acciones a partir de la publicación del *Misterio del Cosmos*, en especial la búsqueda de contactos con el astrónomo danés, que por aquel entonces ya se encuentra en la corte de Rodolfo II, en Praga.

Lo que tiene maravillado al joven Kepler, es el tesoro de observaciones de gran exactitud que Tycho ha acumulado en sus años de trabajo en su isla-observatorio en el Báltico, el Castillo de los Cielos. Observaciones que han establecido nuevos criterios metodológicos, tanto por su exactitud como por su completitud, y por la impresionante calidad y tamaño de los instrumentos empleados. Niveles de calidad en el establecimiento de los hechos astronómicos que están absolutamente fuera del alcance del joven teórico, de gran capacidad matemática y filosófica, pero completamente desprovisto de equipo astronómico, como se desprende de su carta a Galileo, en 1597, que se reproduce en lo pertinente.

"Quisiera rogarle ahora que hiciese una observación. Como no poseo ningún instrumento me veo obligado a dirigirme a otros. ¿tiene usted un cuadrante que señale los minutos y los cuartos de minuto? Si es así, observe usted, por favor, hacia el 19 de diciembre la altura mínima y máxima de la estrella media de la Cola de la Osa Mayor... observe usted asimismo, por favor, hacia el 26 de diciembre las dos alturas de la Estrella Polar. Y la primera estrella obsérvela usted, por favor, hacia el 19

de marzo de 1598 en su altura hacia la media noche, la segunda, hacia el 28 de septiembre, asimismo a media noche. Si, como espero, se revelase entre ambas observaciones una diferencia de uno o dos minutos o incluso de 10' a 15', sería la demostración de algo de gran importancia para toda la astronomía. Si, en cambio, no existe ninguna diferencia seremos merecedores ambos de la gloria de haber descubierto un importante problema (el de la paralaje de las estrellas fijas), que hasta aquí no había advertido nadie... Que Dios le guarde y contéstele una larga carta".¹³

Es esta conciencia de la importancia de los datos, de lo cuantitativo, lo que le permitirá a Kepler, en los años venideros, replantear totalmente los fundamentos de la astronomía. Dicho replanteamiento se efectúa en el contexto del problema de la órbita de Marte, problema que le plantea Tycho Brahe en 1600, y cuya solución aparece en 1609, en la *Astronomía Nova*. Solución en términos de las dos leyes del movimiento de Marte y su abandono de la circularidad y uniformidad. Marte no se mueve ni circularmente ni uniformemente.

Los círculos que encajan en los intervalos definidos por los poliedros regulares no son la expresión del movimiento planetario, pero la clave del universo no debe abandonarse radicalmente. Para Kepler sigue siendo un elemento heurístico de

importancia significativa. Ello, sin embargo, se considerará en el futuro.

Notas

1. Kepler, Johannes. *El secreto del universo*. Madrid: Alianza Editorial. 1992. Pp. 70. Citado a partir de ahora como M.C., por *Mysterium cosmographicum*.
2. Kepler. M.C., pp. 66.
3. Kepler. M.C. pp. 65-6.
4. Kepler. M.C. pp. 65.
5. Idem.
6. Citado en Burt. *La fundamentación metafísica de la ciencia moderna*. Buenos Aires: Editorial Sudamericana. 1960. pp. 61-2.
7. Kepler. Carta a Herwart von Hohenburg, 1599. Citada en Crombie, *Historia de la Ciencia*. vol 2. pp. 170-1. Madrid: Alianza Editorial. 1974.
8. Kepler. M.C., pp. 96.
9. Kepler. M.C. pp. 96-7.
10. Kepler. M.C. pp. 105.
11. Kepler. M.C. pp. 96.
12. Kepler. Carta a Herwart von Hohenburg, 1599. Citada en Crombie, *Historia de la Ciencia*. vol 2, pp. 170.
13. Kepler. Carta a Galileo. Graz, 13 de octubre de 1597. Tomado de Kepler. Inter Nationes. [Textos tomados de Baunhardt, Carola. Kepler, *Leben und Briefe*. Munich: Wiesbaden, 1953].

Guillermo Coronado
Escuela de Filosofía
Universidad de Costa Rica
San Pedro M. de Oca
Costa Rica