

EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS XIX JORNADAS

VOLUMEN 15 (2009)

Diego Letzen
Penélope Lodeyro

Editores



ÁREA LOGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons atribución NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina



La ambigüedad conceptual en la obra de Copérnico como consecuencia de la conflictiva relación entre teoría y observación

Marcelo Leonardo Levinas* y Aníbal Szapiro†

En las primeras décadas del siglo XVI, Nicolás Copérnico ideó un sistema cosmológico en el que la Tierra era considerada un cuerpo esférico, móvil y desplazado del centro de los movimientos de los planetas. De acuerdo con su perspectiva, ya delineada en el *Commentariolus* (de 1507), era más *razonable* que la Tierra se encontrara en movimiento a que lo hiciera la enorme esfera celeste. En su trabajo *De revolutionibus* (de 1543) profundizó sobre las características de los movimientos de la Tierra y nuevamente consideró posible atribuirle múltiples movimientos "...de modo que pueda considerarse uno de los astros errantes..."¹, esto es, como un planeta. De conjunto, la propuesta copernicana significaba una ruptura notable con todos los sistemas cosmológicos vigentes en ese momento en Europa. Su aceptación suponía cambios radicales, los cuales fueron objeto de innumerables análisis y utilizados como ejemplo para argumentar a favor de las más diversas teorías sobre el desarrollo científico. En particular, en las últimas décadas -y bajo el influjo del creciente interés en el estudio de la dinámica de los conceptos que tuvo lugar desde la obra de T. Kuhn, en especial en el campo denominado *cambio conceptual*-, la atención se centró en los cambios operados por Copérnico en conceptos cosmológicos fundamentales. Si bien muchos estudios subrayaron las continuidades a través de la llamada Revolución Copernicana², predominaron los que tendieron a resaltar las grandes rupturas ya presentes en la obra de Copérnico. Entre estos últimos se encuentra un trabajo de P. Thagard (1992), quien sostiene que los cambios a nivel de los conceptos pueden manifestarse de dos maneras diferentes que suelen combinarse a lo largo del desarrollo de la ciencia; por un lado, momentos de relativa estabilidad en los que los conceptos evolucionan lentamente mediante cambios graduales y, por otro, *revoluciones conceptuales*, caracterizadas por cambios *dramáticos* en los que un sistema de conceptos y de leyes es reemplazado por otro. Su aspecto sobresaliente no es tanto la aparición de nuevos conceptos como la alteración de su jerarquización u ordenamiento. En tanto los conceptos se encuentran interconectados, la forma que asume su interconexión denota el carácter de dicho concepto en la red de conceptos que componen la teoría y por ende, su carácter. La manera de jerarquizar los conceptos de acuerdo con su pertenencia a conjuntos es lo que distingue de manera más evidente a un sistema de otro, teniendo lugar una *revolución* al ser reemplazada una jerarquización por otra. Desde esta perspectiva, el aporte de Copérnico habría sido revolucionario en la medida en que supuso alteraciones conceptuales radicales en cuanto a su jerarquización. Así, mientras que para el sistema ptolemaico la Luna, el Sol, Mercurio, Venus, Marte Júpiter y Saturno constituían el conjunto de los planetas que, junto con el de las estrellas fijas, se diferenciaba de la Tierra (considerado un cuerpo especial), para Copérnico la Tierra pasaba a ser un planeta que, junto con los demás (Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno), se diferenciaba de las estrellas fijas, de la Luna y del Sol. En este sentido, Thagard encuentra

* UBA-CONICET Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE)

† UBA- CONICET

atractiva la representación de las revoluciones conceptuales mediante diagramas que señalen los conjuntos de conceptos de acuerdo con la clasificación ofrecida por cada pensador. No encuentra ningún inconveniente en hacer esto dado que, en el marco de su análisis, las tensiones y las posibles ambigüedades o regresiones en la obra de un pensador no son tenidas en cuenta; los conceptos son tomados como elementos que, en un autor determinado, se manifiestan de manera estable, siendo posible detectar las evoluciones -sean ellas graduales o revolucionarias- sólo entre diferentes autores y con cierto grado de linealidad.

En este trabajo: a) analizamos y criticamos algunos supuestos presentes en esta segunda forma de interpretar a la obra copernicana, b) buscamos establecer el carácter de determinados cambios conceptuales operados por Copérnico, para lo que c) analizamos el papel desempeñado por la observación en la configuración de algunos de dichos cambios conceptuales; en este sentido, d) mostramos cómo la compleja articulación entre observación y teoría condujo a Copérnico a manifestar cierta ambigüedad en determinados conceptos fundamentales como Tierra y Sol. Como consecuencia de todo lo anterior, e) sostenemos que dichas ambigüedades demandan una morigeración en la caracterización de los cambios conceptuales como quiebres radicales y refuerzan la idea de una gradualidad en los cambios conceptuales en el curso de la Revolución Científica, todo lo que muestra las limitaciones de ciertas técnicas utilizadas en el campo de *cambio conceptual* para analizar y caracterizar a la llamada Revolución Copernicana.

En primer lugar, consideraremos el fundamento observacional del reordenamiento conceptual operado en la obra de Copérnico, para luego señalar sus dificultades y poner en evidencia cómo se manifiesta una ambigüedad conceptual a partir de los intentos por solucionarlas. Para Copérnico, uno de los elementos decisivos para admitir el movimiento de la Tierra es el hecho de que el movimiento circular es connatural con la forma esférica: "... por qué dudamos aún en concederle una movilidad por naturaleza congruente con su forma [...] y no confesamos sobre la revolución diaria que es apariencia en el cielo y verdad en la tierra"³. El dato observacional es la esfericidad de la Tierra, mientras que el movimiento terrestre, en este caso, es inferido a partir de esta propiedad; de ninguna manera es algo observado. El movimiento - circular en este caso- es atribuido a la forma esférica a partir de principios independientes de la experiencia.

Un segundo elemento decisivo en la fundamentación copernicana del movimiento de la Tierra es lo inadmisibile de concebir al movimiento diario de las estrellas fijas como resultado del movimiento de la esfera celeste: el trayecto que debería cubrir el cielo en veinticuatro horas para generar la apariencia del movimiento diario tendría que ser tan desmesuradamente grande, que la velocidad necesaria para tal revolución vuelve menos razonable a esta idea que a la de la rotación de la Tierra; dice Copérnico. "...nos admiramos más de que tan vasto mundo de la vuelta en un espacio de XXIII horas, en vez de hacerlo en una mínima parte del mismo que es la tierra."⁴. En la medida en que la existencia de la esfera de las estrellas fijas era algo indiscutido, la percepción de su movimiento podía deberse, o bien a su movimiento real, o bien al movimiento real del observador o bien a una combinación de ambos. Aquí, nuevamente, la elección de cuál de las opciones es la menos asombrosa y, por lo tanto, la más verosímil, resulta de determinados prejuicios o principios. Es así que el mismo dato correspondiente al movimiento diario de la esfera celeste, sin ninguna clase de alteración respecto de aquel con el que contaban los

pensadores anteriores, constituía para Copérnico un elemento que servía para apoyar la idea del movimiento de rotación terrestre. Paradójicamente, el principio de connaturalidad entre forma esférica y movimiento circular -fundamental para admitir el movimiento no observado de rotación de la Tierra- es aquí abandonado a pesar del apoyo directo de la observación.

Un tercer elemento decisivo fue la posibilidad de hallar una única lógica tras los movimientos de los planetas sin necesidad de aceptar la *realidad* de la retrogradación. Aquí, nuevamente, Copérnico contaba con la misma información que sus antecesores; su interpretación, por el contrario, parecía ofrecer ciertas ventajas. El hecho de suponer que los movimientos aparentes de retrogradación de los planetas, no obedecían exclusivamente a su movimiento real sino a la combinación de los movimientos reales de la Tierra y de cada planeta, simplificaba mucho la máquina del mundo. Amén de que la supuesta simplicidad no resultó ser tal, el argumento copernicano satisfacía la necesidad de simplificar y economizar los movimientos, criterio en principio independiente de la observación propiamente dicha.

Un cuarto elemento utilizado por Copérnico es que, al mirar al cielo, un observador terrestre no ve la mitad de la bóveda celeste sino una porción levemente menor. El mismo hecho de que el plano del horizonte no biseque la esfera estelar puede ser interpretado, como señala Kuhn (1984, 215), de manera diferente según Ptolomeo o Copérnico. Para Ptolomeo, ese fenómeno es producto de que el diámetro de la Tierra es significativo frente al de la esfera de las estrellas fijas. Para Copérnico, por el contrario, ese dato es interpretado como el resultado de una no equidistancia de la Tierra de los distintos puntos de la esfera celeste, lo que supone su corrimiento respecto del centro de la esfera de las estrellas fijas, esfera por cierto mucho más grande que lo que lo era para la tradición. Nuevamente, el quiebre respecto de la tradición no es resultado de una nueva observación sino del hallazgo de nuevos mecanismos para reorganizar la observación y la interpretación.

Los argumentos mencionados le bastaron a Copérnico para articular su sistema no geocéntrico y no geoestático con lo observado. Ahora bien, ciertos datos continuaban ofreciendo resistencia a su sistema. Por una parte, un conjunto de inconvenientes surgidos de su compromiso metafísico con el movimiento circular, a saber: las variaciones en la velocidad del Sol y la dificultad de poder establecer con claridad cuál es el centro del movimiento de los planetas y cuál el de la esfera de las estrellas fijas. Por otra parte, la falta de medición de paralaje estelar que debía seguirse del movimiento de traslación de la Tierra. Como sabemos, dichos obstáculos no impidieron la defensa del sistema; y es justamente en las soluciones ofrecidas por Copérnico a estos problemas que se puede vislumbrar una cierta ambigüedad conceptual.

El primero de los problemas está íntimamente vinculado con la identificación del centro del universo y/o del de los movimientos de los planetas. Quitada la Tierra de ese lugar, Copérnico necesita responder al interrogante sobre qué lo ocupa; y lo hace al menos de tres maneras distintas. En el primer postulado del *Commentariolus* afirma que no existe un centro único de todos los círculos o esferas celestes y luego, en el tercero, que "Todas las esferas giran en torno al Sol, que se encuentra en medio de todas ellas, razón por la cual el centro del mundo está situado en las proximidades del Sol"⁵. En este trabajo, no precisa en qué consiste esa proximidad. En el Capítulo X del Libro Primero de *De revolutionibus*, el Sol es presentado como fijo pero sin ser el centro del universo: el centro de la órbita terrestre gira alrededor de un punto (el centro del

mundo), el que a su vez lo hace en un círculo centrado en el Sol. La ventaja de esta segunda formulación –desarrollada de manera técnica en el Capítulo XV del Libro Tercero– consiste en que este centro desplazado se puede dar cuenta de las diferentes velocidades registradas en el movimiento aparente del Sol. Algo análogo sucedía en el sistema ptolemaico respecto de la Tierra que, aunque ocupaba el centro del universo, no era el centro de los movimientos de los planetas, los cuales se movían a velocidad angular constante respecto del *ecuante* -punto situado a la misma distancia que la Tierra del centro de los correspondientes deferentes de los planetas. Por último, en el Capítulo XXV del Libro Tercero de *De revolutionibus*, Copérnico reconoce que puede ser que el Sol sea el que se mueve en un pequeño círculo de unas tres veces su diámetro alrededor de un punto que no pertenece a ningún cuerpo. Es más: plantea como razonable suponer que los planetas no giran exactamente en torno al Sol, sino que lo hacen, en epiciclos de epiciclos, en torno al centro de la órbita de la Tierra.

La modificación del criterio copernicano de si el Sol está en el centro del universo se corresponde con la necesidad de ajustar los movimientos, supuestamente circulares, a los datos de la observación. El compromiso con la forma circular de los movimientos que componen las trayectorias entra en conflicto con algunos datos de la observación debido a que las trayectorias planetarias eran elípticas; así, la experiencia lo instó a Copérnico a modificar aspectos de su sistema quitando al Sol del centro, en lugar de sostener su centralidad, para evitar romper con la circularidad de los movimientos. En consecuencia, Copérnico no sacrifica la circularidad del mismo modo en que sacrifica la centralidad, lo que manifiesta un fuerte compromiso con la ontología del movimiento circular. Desde la perspectiva que nos interesa abordar en este trabajo, lo notable es cómo ello repercutió en el desarrollo de determinados conceptos cosmológicos. Dadas las salvedades que debe introducir para poder dar cuenta de las anomalías al movimiento circular, sucede que: a) el carácter del Sol en tanto cuerpo alterna entre *inmóvil* y *móvil* y entre *centro* y *no centro* de las órbitas de los planetas, y b) la Tierra, de acuerdo con la tercera de las consideraciones copernicanas referidas, adquiere un carácter especial y privilegiado frente a los demás planetas dado que sería el centro de su órbita (simple) el que funcionaría como centro de las órbitas (complejas) de los demás planetas.

Consideramos que el segundo de los problemas señalados, el de la falta de medición de la paralaje estelar, operó de manera análoga. Copérnico no pudo contar entre los elementos para probar su teoría a la medición de una variación de la disposición de las estrellas a lo largo del año. Como sabemos, ésta no pudo ser observada sino hasta 1838, momento en el que Bassel midió una variación de la posición de Cygni 61 respecto del “fondo de estrellas”, en un contexto en el que ya muchos principios copernicanos habían sido completamente aceptados y otros habían sido superados: se daba por cierto el movimiento de la Tierra y ya se había desechado la idea de que las estrellas se encontraran dispuestas en una esfera fija equidistante del Sol. En este sentido, la paralaje que Bassel buscó y encontró fue distinta de la que podría haber buscado Copérnico en la esfera de las estrellas fijas. Para poder sostener el movimiento de la Tierra, Copérnico debió afirmar que la razón entre la distancia Sol-esfera de las estrellas fijas y la distancia Tierra-Sol era mucho mayor de la que se estimaba hasta ese entonces. A tal punto se comprometió con esta idea, que en un pasaje refiere que la proporción entre en tamaño de la Tierra y el Cielo es como lo finito a lo infinito. “...la Tierra con respecto al cielo como un punto

con respecto al cuerpo y como lo finito con respecto a lo infinito..."⁶, expresión en sentido figurado ya que su universo, aún siendo en términos relativos y absolutos mucho más grande que los vigentes en ese momento, era finito. La paralaje, entonces, sería difícilmente observable debido a que el tamaño de la órbita de la Tierra es considerada despreciable frente al de la esfera de las estrellas fijas. Resulta interesante pensar que de haber podido medir la paralaje habría tenido un problema quizá mayor que el que tuvo no midiéndola; el dato habría demandado la aceptación de que las estrellas, de ser fijas, no se hallaban todas a la misma distancia del Sol.

Podemos decir que a Copérnico le bastó con esgrimir una hipótesis *ad hoc* para que su sistema no se viera objetado. Y consideramos que es en el curso de esta solución que puede apreciarse nuevamente una tensión a nivel conceptual. Si bien el dato observacional fue lo suficientemente débil como para poder ser absorbido mediante una hipótesis *ad hoc*, el *ad hoc* en sí mismo constituyó un límite al carácter de la supuesta revolución conceptual. En el marco de un universo finito y esférico donde la proporción entre el tamaño de la Tierra, el de su órbita y el del universo se vio modificada, la órbita terrestre se convirtió en despreciable frente a la distancia Tierra-estrellas fijas. De este modo, Copérnico morigeró la alteración del carácter del Sol y de la Tierra en la medida en que devolvió a la Tierra prácticamente al centro del mundo.

Podemos decir, entonces, que el proceso de cambio de significado de ciertos conceptos fundamentales es mucho más complejo de lo que, autores como Thagard, suelen admitir. Por una parte, el concepto *Tierra* siempre tuvo como referente al cuerpo sobre el que se encontraba parado el observador, y el concepto *Sol* a un cuerpo que diariamente salía y se ponía por el horizonte; en este sentido, se podría señalar una continuidad manifiesta en el aspecto más trivial de los conceptos comprometidos en la explicación. Pero por otra parte, y en un sentido menos trivial, las atribuciones realizadas en el marco de las diferentes teorías a los diferentes objetos, fueron cambiando; de esta manera, cambiaron los conceptos y, sobre todo, su organización y jerarquización, es en ese cambio, y tomando como arco temporal a la totalidad de la Revolución Científica, que puede señalarse un cambio radical a nivel conceptual en conceptos tales como *Tierra* o *Sol*. El caso del concepto *Tierra* es probablemente uno de los más notables: pasó de referir a un cuerpo completamente privilegiado ubicado de manera inmóvil en el centro de un *mundo* cerrado, a referir a un planeta más, girando al igual que los demás planetas en torno al Sol en un universo infinito. El cambio en las connotaciones del concepto *Sol* también fue radical: pasó de referir a un cuerpo móvil, a referir al foco inmóvil de las órbitas elípticas de los planetas.

Gran parte de la responsabilidad de estos cambios conceptuales es atribuida, no sin razón, a Copérnico. Ahora bien, de atender a las necesidades de Copérnico al momento de articular observación y teoría, dicha idea debe ser relativizada. El concepto *Tierra* se manifestó de manera cambiante en el mismo curso de la obra: en algunos momentos la Tierra tuvo un carácter privilegiado y en otros un carácter común al de los planetas. Algo análogo sucedió con el Sol producto también de la conflictiva relación entre observación y teoría: si bien la intención copernicana puede ser entendida en el sentido de hacer que el Sol asumiese la condición de centro inmóvil de los movimientos, el curso de la argumentación lo instó a referir con el concepto *Sol*, por momentos a un cuerpo absolutamente privilegiado en tanto centro fijo del movimiento de los planetas y por momentos a un cuerpo móvil relativamente subordinado al movimiento de la Tierra. Así, la observación cumplió un rol cambiante en la obra de Copérnico;

si bien generalmente estuvo subordinada a la teoría al punto tal de que un mismo dato pudiese ser utilizado en un momento determinado como argumento fundamental y en otro momento sencillamente obviado, lo cierto es que se constituyó en un verdadero límite a determinadas afirmaciones de Copérnico.

Lo ocurrido con los conceptos *Sol* y *Tierra* nos remite a un tercer concepto que, de hecho, funcionó como articulador de ambos: el concepto *planeta*. Éste padeció alteraciones análogas a las antes referidas debido a la íntima relación con los demás conceptos. Además de alterar las características de los planetas a la par que cambiaban las características atribuidas al Sol o a la Tierra, el referente extensional del concepto *planeta* cambió en tanto que incluyó a la Tierra. Y es en este nivel o aspecto, en el que sí es posible admitir un quiebre radical ya desde la obra de Copérnico, quiebre en el que se han centrado quienes, como Thagard, refieren a una *revolución conceptual*. Pero si atendemos al contexto conceptual en el que tuvo lugar ese quiebre, vemos que la radicalidad y la unidireccionalidad deberían ser reconsideradas: conceptos fundamentales como *Tierra* o *Sol* conservaron cierto grado de inestabilidad, lo cual se manifestó en las señaladas ambigüedades. Éstas impiden caracterizar el *cambio conceptual* en Copérnico como un reemplazo, sin más, de un sistema de conceptos por otro. En este sentido, consideramos que es imposible ilustrar el caso de Copérnico mediante un diagrama de conceptos tal como los utilizados por Thagard para el caso de los sistemas ptolemaico y moderno. La razón de dicha imposibilidad es que la estabilidad de los conceptos no se dio de igual manera en Copérnico que en los sistemas establecidos antes y después de la *Revolución Científica*. Por todo lo anterior sospechamos que es eso lo que distingue al sistema copernicano (y, a los demás sistemas de la transición) y lo que da cuenta de la especificidad de la *Revolución Científica*: gradualidad y no linealidad en el cambio conceptual.

Notas

¹ *De revolutionibus orbium coelestium*, L I, Cap. IX.

² Por ejemplo, Chen, X. y Barker, P (2000).

³ *De revolutionibus orbium coelestium*, L I, Cap. VIII.

⁴ *De revolutionibus orbium coelestium*, L I, Cap. VI.

⁵ *Commentariolus*, Tercer Postulado.

⁶ *De revolutionibus orbium coelestium*, Libro I, Cap. VI.

Bibliografía

Copérnico N., Digges Th., y Galilei G. (1983), *Opúsculos sobre el movimiento de la Tierra*, Madrid, Alianza.

Copérnico, N. (1987), *Sobre las Revoluciones*, trad. Carlos Minué Pérez, Ed. Tecnos, Madrid.

Chen, X. y Barker, P (2000), "Continuity through revolutions", *Philosophy of Science*, n° 67, pp. 208-23

Kuhn, T. S. (1984), *La revolución copernicana*, Madrid, Ed. Orbis, 2 vol.

Thagard, P (1992), *Conceptual Revolutions*, Princeton, Princeton University Press.