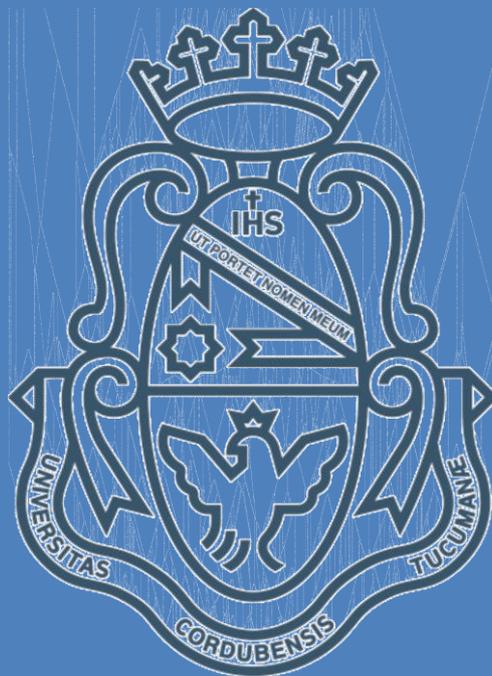


EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS XX JORNADAS
VOLUMEN 16 (2010)

Pío García
Alba Massolo

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



El campo de investigaciones sobre *cambio conceptual* y sus aportes al estudio de las revoluciones científicas.

Una aproximación crítica desde la historia de la ciencia

*Anibal Szapiro**

Introducción

Con *campo de investigaciones sobre cambio conceptual* me refiero en este trabajo al espacio multidisciplinar desarrollado desde las denominadas *ciencias cognitivas* orientado al estudio de las dinámicas asumidas por los conceptos, tanto en los procesos de aprendizaje como en el desarrollo histórico de la ciencia. La reciente publicación a fines de 2008 del *International handbook of Research on Conceptual Change* (Vosniadou, 2008) se exhibe como la culminación del proceso de constitución de dicho campo, el cual fue forjándose a lo largo de las últimas décadas en distintos espacios institucionales. En este trabajo analizaré críticamente sus aportes metodológicos al estudio de las revoluciones científicas mediante la revisión de su aplicación al estudio de un caso histórico: la revolución copernicana

I.- El campo de investigación y sus aportes al estudio de las revoluciones científicas

Si bien el campo debe su existencia a estudios realizados desde diversos espacios de producción académica, suele considerarse deudor, no exclusiva pero sí preponderantemente, de la obra de Kuhn. El giro que, según sus integrantes, supusieron las tesis desarrolladas en *La estructura de las Revoluciones Científicas* (Kuhn, 1962) constituyó, junto con la crítica de Feyerabend al principio de invarianza del significado (Feyerabend, 1962), la condición de posibilidad para la aceptación de que los conceptos científicos se encuentran condicionados por su contexto y para la comprensión del carácter de sus mutaciones. Así, las tesis de Kuhn y Feyerabend, las críticas recibidas por ellos –i. e., Shepere (1966), Davidson (1974), Achinstein (1964)- y sus respuestas –i. e. Kuhn (1981) y Feyerabend (1965)-, son percibidos como el hito fundamental del reconocimiento del problema del cambio conceptual, quedando generalmente relegadas las consideraciones sobre los conceptos trazadas con anterioridad desde la filosofía de las ciencias. También es reconocido el desarrollo de las consideraciones sobre los conceptos que se realizó desde la psicología cognitiva y desde la didáctica de la ciencia -entre ellas: Chi, Feltovich y Glaser (1981) y Nersisyan (1984), espacio en el que los estudios se centraron en el análisis de la dinámica de acuerdo con la cual los individuos logran apropiarse de conceptos desde sus conocimientos previos y desde el que se ha

* UBA – CONICET, anibal_sz@yahoo.com.ar

apuntado a una mejor comprensión de las formas en las que los humanos utilizan los conceptos en los razonamientos.

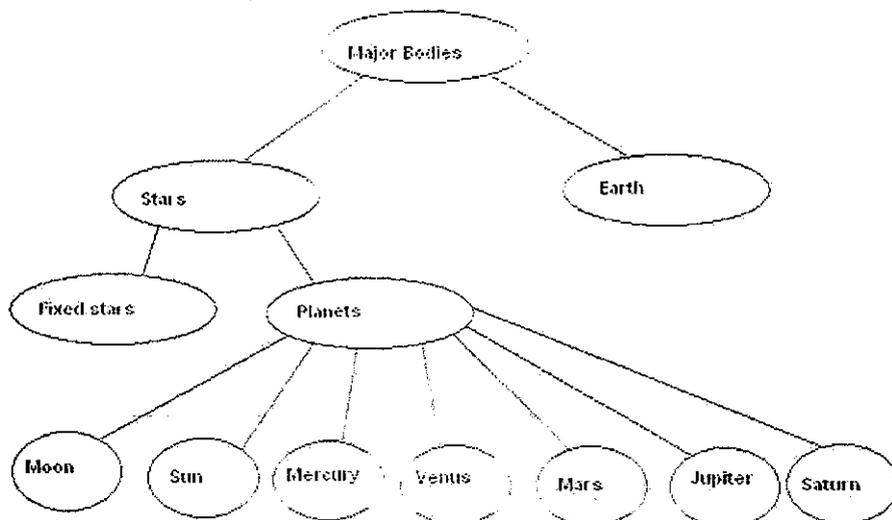
De los aportes realizados desde las ciencias cognitivas, lo que adquiriría mayor relevancia en los estudios de Historia de las Ciencias es el conjunto de herramientas metodológicas orientadas a lograr una mejor representación de los conceptos en las mentes de los individuos. Nos referiremos a dos de las metodologías que tuvieron influencia en los estudios sobre las revoluciones científicas: *frames* y *dynamic frames*.

I-1 El uso de frames

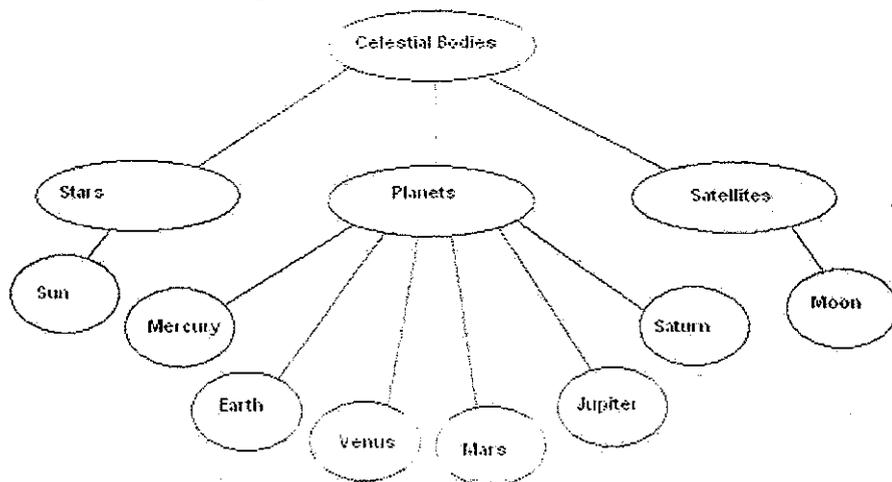
Una aplicación del uso de *frames* puede ser hallada en el libro *Conceptual Revolutions* de Thagard (1992), quien sostiene que los cambios a nivel de los conceptos pueden manifestarse de dos maneras diferentes que suelen combinarse a lo largo del desarrollo de la ciencia; por un lado, momentos de relativa estabilidad en los que los conceptos evolucionan lentamente mediante cambios graduales y, por otro, “revoluciones conceptuales”, cambios drásticos en los que un sistema de conceptos y de leyes es reemplazado por otro. Su aspecto sobresaliente es no 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, el carácter mismo de la Teoría. 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 reemplazado un tipo de jerarquización por otro.

Según Thagard, el aporte de Copérnico habría sido revolucionario por cuanto supuso alteraciones radicales en la jerarquización conceptual. 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 (cuerpo especial), para Copérnico la Tierra pasaba a ser un planeta que, junto con los demás planetas (Mercurio, Venus, Marte Júpiter y Saturno), se diferenciaba de las estrellas fijas del mismo modo en que lo hacían de la Luna y el Sol que adquirirían un carácter especial. Así, las transformaciones de la revolución copernicana, podrían reducirse a la modificación que puede apreciarse entre los siguientes diagramas:

Conceptos astronómicos en la antigüedad (Thagard, 1992)



Conceptos astronómicos hacia el 1700. (Thagard, 1992)



Como se puede apreciar en este ejemplo, el uso de *frames* está orientado al reconocimiento de los vínculos clasificatorios/taxonómicos existentes entre los conceptos en el marco de una Teoría; esto se encuentra estrechamente vinculado con que, con su creación, se buscó resolver algunos problemas que manifestaba otra forma de representar conceptos, que apuntaba a señalar sus rasgos salientes para cada individuo o sociedad, pero relegando su jerarquización -i.e. Rosch, Mervis, Gray, Johnson, y Braem (1976) Para el desarrollo de estos nuevos *frames* se recuperaron

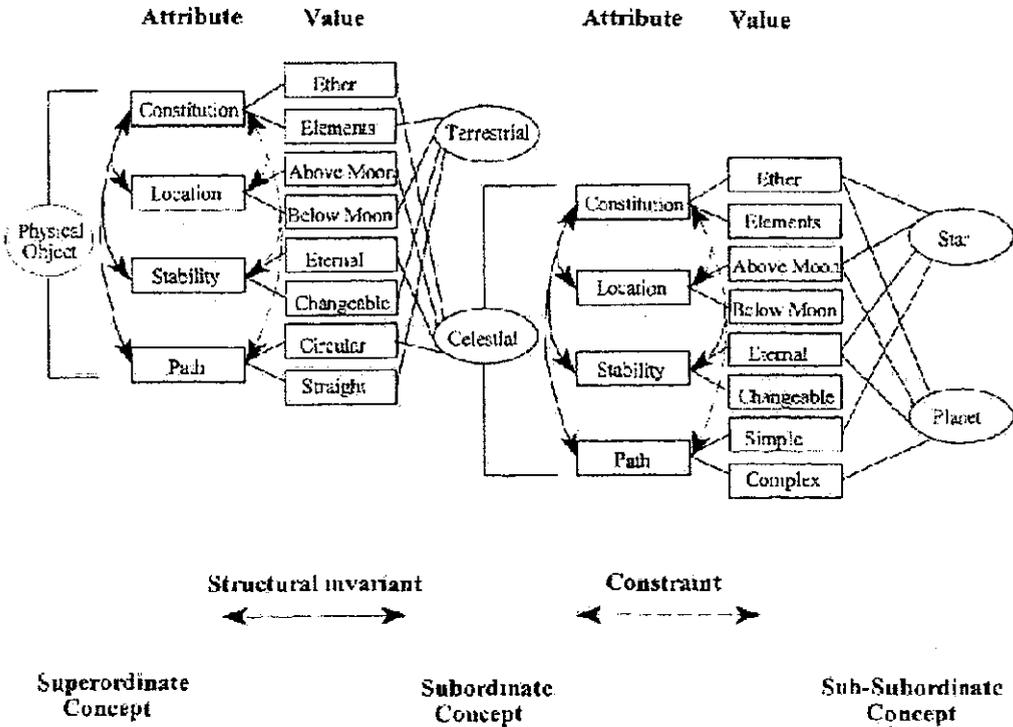
algunas herramientas elaborados en ámbitos vinculados a la Inteligencia Artificial →i. e., Minsky (1974), Hinton (1988)- y se establecieron formas de representar las jerarquías conceptuales y los vínculos entre las partes y el todo existentes para cada concepto.

En el uso que Thagard hace de la metodología, se puede apreciar cómo al haber una mayor preocupación por alcanzar una clasificación acabada de los conceptos que por la identificación de la efectiva atribución de sentido por parte de los científicos, se omite parte de la dinámica asumida por los conceptos a la vez que facilita la acentuación de las continuidades o rupturas, pero de manera desarticulada. En el marco de su análisis, los conceptos son tomados como elementos que, en un autor determinado, se manifiestan de manera estable siendo posible detectar las evoluciones -sean graduales o revolucionarias- sólo *entre* diferentes autores y con cierto grado de linealidad. Por otra parte, las evoluciones son detectadas esencialmente a nivel de la jerarquización de los conceptos, dejando de lado otros aspectos significativos. La crítica en el ámbito de la ciencia cognitiva a la falta de dinamismo y de complejidad, dio lugar al desarrollo de nuevas formas de diagramar conceptos que también tuvieron influencia en los estudios sobre las revoluciones científicas: los *dynamic frames*.

I-II El uso de dynamic frames.

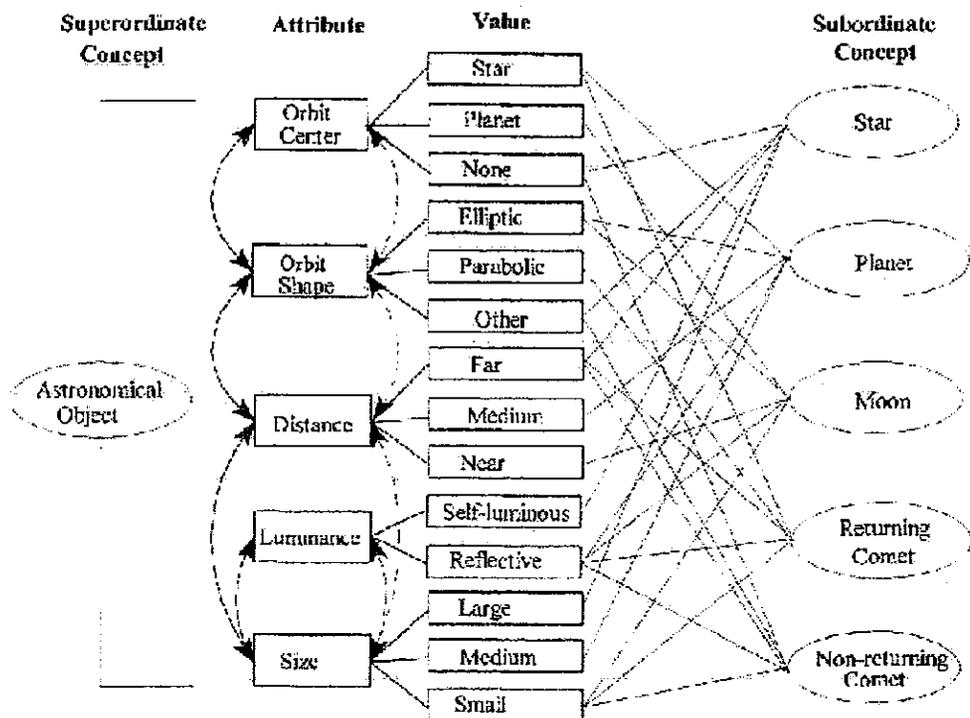
Tomaremos como ejemplo de la aplicación de *dynamic frames* (DF) para el estudio de la Revolución Copernicana a un trabajo de Chen y Barker (2000) que, además de poner en práctica el uso de DF, presenta una tesis contraria a la de Thagard sobre la naturaleza de los cambios conceptuales ocurridos en la Revolución Científica. Su propuesta radica en que si se traza el desarrollo conceptual ocurrido entre el sistema aristotélico y el newtoniano mediante DF, se pueden detectar las conexiones existentes entre las taxonomías incommensurables. Para ello, analizan la sucesión de cambios ocurridos a la clasificación del concepto "objeto físico" a partir del siglo XVI con la inclusión de datos provenientes de la observación, en especial de los cometas.

El siguiente diagrama representa el concepto "objeto físico" hacia el año 1500. En él podemos apreciar las partes constitutivas de los DF, originalmente diseñados por Barsalou (1992) con el objetivo de dar cuenta de los significados que asumen los conceptos en determinados contextos y a captar su dinamismo: *attributes, values, structural invariants y constraints*. Los dos primeros son conceptos y asumen el rol de atributos o valores dependiendo de la jerarquización: los *valores* son casos de los *atributos*. Los dos últimos son las clases de relaciones que pueden establecerse entre conceptos: las indicadas con línea continua señalan las relaciones necesarias entre conceptos y las indicadas con línea punteada señalan ciertas tendencias existentes en los vínculos entre atributos y valores. Como se puede apreciar a simple vista, su construcción se diferencia de los *frames* en tanto que reincorpora las características de los conceptos, y establece una tipología más compleja en las *relaciones* que pueden darse entre los conceptos.



Como podemos apreciar, el concepto “objeto físico” presenta cuatro atributos (cada uno con dos valores): 1) Composición (éter o elementos), 2) Ubicación (sublunar o supralunar), 3) Estabilidad (mutable o inmutable), 4) Trayectoria (circular o lineal). Dado que las relaciones entre los valores eran rígidas, las combinaciones estaban restringidas, lo que daba en una taxonomía dicotómica: objetos terrestres y objetos celestes. Los objetos celestes, a su vez, podían ser clasificados tomando los mismos atributos e introduciendo como valores para movimiento a “simple” y “complejo”, dando de la combinación con el primero las estrellas, y de la combinación con el segundo los planetas. Las diferencias con el sistema newtoniano son evidentes, y pueden apreciarse mediante la comparación con su respectivo *DF*:

Objeto astronómico hacia el 1700 (Chen y Barker, 2000)



Los autores admiten que las diferencias entre uno y otro *DF* denotan un cambio revolucionario y que entre ellos hay una suerte de inconmensurabilidad, no obstante ello, sugieren que la transformación de una a otra situación conceptual fue racional y que ello puede detectarse gracias al uso de esta metodología, la cual nos permite medir los efectos de los nuevos datos: observaciones en los cometas volvieron especialmente difícil seguir considerándolos objetos sublunares, a la vez que su mutabilidad continuaba siendo óbice para su incorporación como objeto supralunar. Eso habría operado demandando una primera modificación de los vínculos concebidos como *constraints*, pero sin afectar la estructura general. Las modificaciones al *DF* original continuaron progresivamente: la supresión de la diferencia entre mutable e inmutable, la supresión de la diferencia entre movimientos complejos y simples y su unificación en órbitas elípticas, etc.

Dado que podrían detectarse las causas de las alteraciones en la construcción de los vínculos entre los "componentes" de un concepto, y en tanto que esas causas son provocadas por la

anomalía que provoca la incorporación de nuevas observaciones, los autores sostienen que el cambio entre paradigmas no es irracional y que, por ello, los factores económicos, sociales y culturales deben ser desplazados del centro de la indagación. Antes de revisar la pertinencia de dicha valoración, pasaremos a considerar con algún detenimiento la potencia descriptiva de dichos enfoques a partir de la revisión de un caso histórico.

II. Aproximación crítica desde la historia: el caso copernicano.

A continuación, analizaré el uso de dos conceptos simples en la obra de Nicolás Copérnico (el concepto *Tierra* y el concepto *Sol*) e intentaré mostrar que los esquemas metodológicos desarrollados no consiguen describir plenamente sus transformaciones. Se podría objetar esta propuesta señalando que tales conceptos no constituyen ejemplos por excelencia de conceptos científicos, o que en tanto que no son términos teóricos el problema central no es abordado. Bien por el contrario, considero que si el problema se manifiesta en estos conceptos *simples*, con mucha más razón se manifestará en conceptos *complejos*. La simplicidad de dichos conceptos radica en que no cambiaron sus referentes a lo largo de la Revolución Científica (ni en ningún otro momento). el concepto *Tierra* tuvo, en todo momento, un mismo referente y lo mismo ocurrió con el concepto *Sol*. El caso del concepto *planeta*, por ejemplo, es ya algo más complejo dado que su extensión cambió en reiteradas ocasiones a lo largo de la historia, con un último capítulo en el año 2006. Finalmente, los términos teóricos cambiaron completamente sus referentes. Bastará, entonces, con señalar algunos cambios en los conceptos simples, quedando abierta su posible extrapolación.

Si aceptamos a *Tierra* y *Sol* como conceptos, si admitimos la continuidad de sus respectivos referentes a lo largo de la historia y rechazamos el principio de invarianza de significado, debemos asumir que los cambios en dichos conceptos ocurrieron al nivel de su *intensión*, la que remite a múltiples y diversas cuestiones, tales como *posición, tamaño, forma, composición, estructura o trayectorias*.

Si lo que buscan los estudios sobre *cambio conceptual* es dar cuenta de las variaciones en las atribuciones relativas a cada una de esas variables con relación a cada uno de los conceptos, tomando como puntos de comparación a la físicas aristotélica y newtoniana, posiblemente la metodología desarrollada (sean *frames* o *dynamic frames*) es efectiva. Ahora bien, sostengo aquí que si el análisis se detiene en la dinámica asumida por un concepto en la obra de determinados autores, la metodología se vuelve insuficiente. Para mostrarlo, haré una breve referencia a las apreciaciones realizadas por Copérnico sobre dos variables de dichos conceptos: las posiciones y las trayectorias.

El problema de la posición del Sol y el de su movimiento está íntimamente relacionado con la determinación del centro del mundo y del centro de los movimientos de los planetas. En el prólogo a *De revolutionibus orbium coelestium libri VI* se dice que la novedosa hipótesis de la obra consiste en concebir un Sol inmóvil en el centro del universo¹, lo que se condice con lo afirmado en muchos pasajes del Libro Primero y lo que implica -dados los movimientos circulares- que no pueda ser al mismo tiempo el centro del universo y el centro del movimiento de los planetas, problema del que ya daba cuenta Copérnico en su *Commentariolus*². Con ello, el centro de la órbita terrestre giraría alrededor de un punto, el que a su vez lo haría en un círculo centrado en el Sol, lo que permitiría, además, dar cuenta de las diferentes velocidades registradas en el movimiento aparente del Sol.

Ahora bien, en el Capítulo XXV del Libro Tercero de *De Revolutionibus*, Copérnico admite que: “*si alguén estimase que el centro de la revolución anual es fijo como el centro del mundo, y que el sol se mueve con dos movimientos semejantes e iguales a los que mostramos con respecto al centro del excéntrico, aparecerán ciertamente todos los datos de antes, los mismos números y la misma demostración, no habiendo cambiado en ellos ninguna otra cosa excepto la posición, sobre todo la que se refiere al sol*”³. Con ello, reconoce que puede concebirse perfectamente que sea el Sol el que se mueve en un pequeño círculo alrededor de un punto que no pertenece a ningún cuerpo. Así, los planetas no girarían exactamente en torno al Sol, sino que lo harían, en epiciclos de epiciclos, en torno al centro de la órbita de la Tierra. Su demostración, admite Copérnico, sería la misma. Estas variaciones revisten aun mayor importancia dada su influencia en el concepto Tierra.

Con respecto a la Tierra, Copérnico señala que es un cuerpo esférico móvil descentrado del centro de los movimientos de los (demás) planetas y al cual es posible atribuirle múltiples movimientos de modo tal de considerarlo una *estrella errática*⁴. En este sentido, las apreciaciones desde el *cambio conceptual* antes analizadas no encuentran ningún problema: las modificaciones respecto del sistema ptolemaico son claras. Ahora bien, lo que en una primera aproximación a la obra copernicana aparece como la simple homologación de la Tierra a los demás planetas, constituyéndose ella misma en *planeta*, presenta algunas dificultades. De las variaciones sobre la posición y el movimiento del Sol se siguen variaciones sobre la posición y el movimiento de la Tierra. Si bien las trayectorias circulares y el movimiento en torno al Sol son aspectos comunes entre la Tierra y los demás planetas, la simplicidad de los movimientos de cada uno de los planetas (en términos de cantidades de epiciclos) y su consecuente posición relativa, hacen que la Tierra mantenga de acuerdo con alguna de las afirmaciones respecto del sol, cierto *status* privilegiado. La manifestación más clara de ello resulta de la última de las consideraciones copernicanas referidas, en torno a la posición del sol: según ella, la Tierra 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.

Estas vacilaciones de Copérnico sobre la posición y sobre los movimientos del Sol y de la Tierra se deben, como sabemos, a la necesidad de ajustar los movimientos, pretendidamente circulares, a los datos de la observación. Más allá de las razones, lo que nos interesa son las alternancias presentes en la obra. En primer lugar, existen afirmaciones distintas (opuestas) en torno al movimiento del Sol, que por momentos es considerado un cuerpo *móvil* y, por otros, un cuerpo *inmóvil*. En segundo lugar, existen afirmaciones distintas en torno a su posición: por momentos se constituye en el *centro* y por momentos fuera del centro de las órbitas de los planetas y/o del centro del mundo. Esto afecta directamente a la Tierra, que en un caso “define” el movimiento del Sol y en el otro “es definido” por él, lo cual conduce a la sustanciación (parcial) de una diferencia respecto de los demás planetas.

Conclusión

Creo haber mostrado que las metodologías referidas desarrolladas desde el cambio conceptual no logran caracterizar plenamente la dinámica que asumen ciertos conceptos en algunas obras científicas, como la de Copérnico. En ella, los conceptos no parecieran ni estar fijos ni constituir un punto en la evolución lineal hacia la consolidación de un nuevo paradigma. Lo que puede apreciarse es una tensión y una ambivalencia en el uso de determinados conceptos que hace que la transposición, tal como se realizó en los casos analizados, de la metodología estudiada al ámbito de la Historia de la Ciencia (en lo que se ha dado en llamar *historia cognitiva*) sea valiosa, pero limitada. Posiblemente ello se deba a que el conjunto de herramientas utilizadas para el estudio del cambio conceptual provenga de elaboraciones desarrolladas a partir de investigaciones empíricas que tuvieron lugar en el ámbito del aprendizaje, donde o bien no se dan las mismas tensiones que hemos señalado, o bien no fueron detectadas, o bien son de diferente naturaleza que las que pueden apreciarse en el desarrollo científico.

Estas tensiones, por otra parte, nos llaman la atención sobre la necesidad de trazar consideraciones ya no sobre la potencia descriptiva de los métodos desarrollados desde el *campo de estudios sobre cambio conceptual* sino sobre su potencia explicativa. La *historia cognitiva*, es historia sólo por cuanto atiende a una dimensión diacrónica del desarrollo de la ciencia y no por tener en cuenta aspectos más generales de los momentos históricos en los que tuvieron lugar los desarrollos científicos. Cuestiones tales como el peso de la tradición y de las cuestiones de orden cultural son desplazadas del centro de atención, implícita o explícitamente —i.e., Chen y Barker (2000, 221) Paradójicamente, en el seno de un campo que se siente deudor de la obra de Kuhn, se arriba a conclusiones que tienden a desacreditar uno de los aspectos centrales de

la obra kuhniana: otorgar un papel a la historia como factor explicativo del desarrollo científico. Considero que la detección de estas ambigüedades conceptuales suma una razón para sostener que las explicaciones sobre el cambio conceptual deben ponderar cuestiones no sólo internas sino también externas al desarrollo científico propiamente dicho.

Notas

- 1 Afirma Osiander: "de novitate hypotheseon huius operis fama, quod terram mobilem, Solem vero in medio universi immobilem"
- 2 En el primer Postulado: "Omnium orbium caelestium sive sphaerarum unum centrum non esse" y en el tercer postulado: "Omnes orbés ambire Solem, tanquam in medio omnium exstantem, ideoque circa Solem esse centrum mundi"
- 3 "si quis existimaret centrum annuae revolutionis esse fixum tanquam centrum mundi, solem vero mobilem duobus motibus similibus et aequalibus-eis, quos de centro eccentrici demonstravimus, apparebunt quidem omnia quae prius, eadem numeri, eadenique demonstratio, quando nihil aliud permutaretur in eis, quam ipsa positio, praesertim quod ad solem pertinet"
- 4 Desarrollado en el capítulo IX del Libro I. "ut possit una errantium tyderum existimari"

Bibliografía referida:

- Achinstein, P. (1964), "On the Meaning of Scientific Terms", *The Journal of Philosophy*, Vol. 61, No. 17 (Sep. 17, 1964), pp. 497-509
- Barker, P. y Goldstein, B. (1988), "The role of comets in the Copernican Revolution", *Studies in the History and Philosophy of Science*, n° 19, pp. 299-319
- Barsalou, L. (1992), "Frames, concepts, and conceptual fields", en Lehrer, A. y Kirtay, E. (eds.), *Frames, Fields and Contrasts: New Essays in Semantical and Lexical Organization*, Hillsdale, NJ, Erlbaum, pp. 21-74
- Chen, X. y Barker, P. (2000), "Continuity through revolutions", *Philosophy of Science*, n° 67, pp. 208-23.
- Chi, M., Feltovich, P. y Glaser, R. (1981), "Categorization and representation of physics problems by experts and novices", *Cognitive Science*, n° 5, pp. 121-152.
- Copérnico, N. *De revolutionibus orbium caelestium libri VI*, de 1543 [Edición castellana de C. Minguéz Pérez en *Sobre las revoluciones*, Madrid, Tecnos, 1987]
- Copérnico, N., *Commentariolus*, de 1514 [Edición castellana de A. Elena en *Opúsculos sobre el monumento de la Tierra*, Madrid, Alianza, 1983]
- Davidson, D. (1974), "On the Very Idea of a Conceptual Scheme", *Proceedings and Addresses of the American Philosophical Association*, Vol. 47, (1973 - 1974), pp. 5-20
- Feyerabend, P. K. (1962), *Limites de la ciencia*, Barcelona, Paidós, 1981
- Feyerabend, P. K., "On the 'Meaning' of Scientific Terms", *The Journal of Philosophy*, Vol. 62, No. 10 (May 13, 1965), pp. 266-274.
- Hinton, G. E. (1988), "Representing part-whole hierarchies in connectionist networks", *Proceedings of CogSci-88*, Hillsdale, pp.48-54.
- Kripke, S. (1980), *Naming and Necessity*, Blackwell, Oxford.
- Kuhn, T. S. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*, Third edition, Chicago-London, University of Chicago Press, 1996.
- Kuhn, T. S. (2000), *The Road Since Structure* Edited by J. Conant and J. Haugeland, Chicago-London, University of Chicago Press.
- Minsky, M. (1974), "A Framework for Representing Knowledge", en P. Winston (1975), *The Psychology of Computer Vision*, McGraw-Hill.

- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. y Gertzog, W. A. (1982). "Accommodation of scientific conception: Toward a theory of conceptual change", *Science Education*, n° 66, 211-227
- Rosch, E., Mervis, C. B., Gray, W. D., Johnson, D. M. y Braem, P. B. (1976), "Basic objects in natural categories". *Cognitive Psychology*, 8 – 3, pp 382-439
- Shapere, D. (1966), "Meaning and scientific change" en Colodny, R. G., *Mind and Cosmos. essays in contemporary Science and Philosophy*", UPP, Pitsburg.
- Shapere, D. (1989), "Evolution and continuity in scientific change", *Philosophy of Science*, n° 56, 419-437.
- Thagard, P. (1992), *Conceptual Revolutions*, Princeton, Princeton University Press.
- Vosniadou, S. (2008), *International handbook of Research on Conceptual Change*, New York, Routledge.