

EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS XI JORNADAS

VOLUMEN 7 (2001), Nº 7

Ricardo Caracciolo

Diego Letzen

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](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/arg/)



Clasificación y definición en el método platónico de la división

Fabián Mié*

I. El método platónico de la *diairesis* o división es un procedimiento destinado a establecer la definición correcta por medio de una clasificación de especies. Así lo entendió también Aristóteles, más allá de sus críticas al efectivo rendimiento del método en su uso por Platón; críticas según las cuales la división del género, por la que se pretendería hallar la forma correspondiente a un individuo y bajo la cual éste debe subsumirse, no procede demostrativamente en la atribución al sujeto de una de las diferencias específicas en que el género inicial resultó dividido. Aristóteles insiste en la ausencia de la ligazón de fundamento o razón, únicamente por la cual puede considerarse que, digamos, a 'hombre' se le atribuya, en cuanto se subsume bajo el género superior 'animal', uno de los dos predicados en que este último se halla dividido, esto es, 'mortal' o 'inmortal', ... pero no es desde ya necesario por esa división que el hombre sea mortal, sino que eso es lo que justamente resulta preciso demostrar..., repite Aristóteles (cf. *Apr.* I 31). Los partidarios de tal método ubicarían correctamente al universal como término medio de su incipiente silogismo, pero sin alegar razón alguna que sustente la validez de ese término. A consecuencia de ello no lograrían exhibir la razón por la cual pretenden atribuir lo que atribuyen al extremo, cuya forma específica intentan entonces vanamente demostrar.

Aristóteles, por su parte, desplaza la demostrabilidad hacia la ligazón existente entre ciertas propiedades destacadas y lo que él identifica como sustancias (*Apo.* II 3); restringiendo la definición al tipo de compuesto propio de la sustancia misma. Esto implica una distinción, no percibida por Platón, entre *diairesis* y *apodeixis*.

La crítica de Aristóteles al método platónico, especialmente en *Apo.* II 5, no sólo muestra las deficiencias de la división en base a aspectos lógicos inadvertidos en él, sino que además también pone en jaque la pretensión central del método mismo, pues cuestiona que por su intermedio puedan en verdad hallarse los atributos esenciales acumulándolos en la serie exhaustiva de propiedades. En cada paso de esta serie divisoria la pregunta 'por qué' es capaz de desnudar la ausencia de toda certeza acerca de lo que es un atributo esencial o meramente accidental. Aristóteles es escéptico frente a la positividad contenida en la recomendación platónica de "dividir exhaustivamente" (cf. *Pl. Sph.* 253bc); y este escepticismo toca un aspecto que aquí nos interesará tratar: la distinción entre "especie" y "parte". Pero examinemos brevemente cuál es la pretensión del método platónico para interrogarnos después por el tipo lógico de las entidades con que trafica y posteriormente por su fortuna

II. Platón manifiesta una reconocida, aunque no excluyente, preferencia por la "división en dos" (cf. *Plt.* 262ae, 287c).¹ Esa división preferida proveería a la clasificación la claridad y certeza de no pasar por alto diferencias específicas a través de la división paulatina del género. Pero esta preferencia, que no tiene aplicación empero al caso de la división de los

* Universidad Nacional de Córdoba. CONICET.

fonemas y de los sonidos musicales (cf. *Plt.* 287c), descansa, en verdad, en la estructura misma de lo que es para Platón el eidos. Éste se halla constituido en su identidad por su diferenciación de y oposición a otras propiedades, que es tarea delimitar por medio de esa división pausada. El método opera con el rendimiento de la negación, que ya fue esclarecida como la función proposicional aplicada al verbo o a la propiedad-atributo. El 'no' tiene en Platón la forma de la función '... no-...' y opera en base al reconocimiento de la preeminencia del 'es' predicativo como el significado fundamental del verbo por el que se articula todo logos. En el *Cratilo*, Platón reconocía como "nombres" en sentido laxo también a locuciones (cf. *Cra.* 399 *et passim*), lo cual testimonia la carga semántica de los nombres en la filosofía platónica y explica que en el método de la división se asigne a los nombres el papel de denominaciones de clases o especies. Esta noción del nombre explica también que el contenido significativo intrínseco de los nombres se haya desarrollado consecuentemente hacia el desempeño de la función predicativa, lo que en el *Sofista* (262a) se llama *rhema* y tiene como correlato siempre un significado o eidos.² Propio de este eidos es el hecho de que él representa una genuina articulación lógica, estando vinculado a otras formas y excluyendo asimismo otras tantas, lo que da lugar a diversos estados de cosas.

Platón necesita la función verbal para explicar la proposición que articula propiedades, y así llega en el *Sofista* a la distinción elemental de dos componentes de la proposición: nombre o sujeto y verbo, asumiendo este último funciones predicativas, como en el enunciado ejemplar "Teeteto vuela". Platón analiza este tipo de enunciados y explica la función proposicional en general como un "entrelazamiento de formas"; en este caso, entre la forma del 'hombre', de la que participa el particular espacio-temporalmente determinado 'Teeteto', y la de 'volar', que se halla con el particular interpelado a través de la forma mencionada en una relación de diversidad, es decir, Teeteto en cuanto hombre participa de una propiedad, 'caminar', que es diversa en sentido fuerte, o sea, excluye la propiedad de 'volar'. Esta última se halla así del lado de la alteridad que se vincula con 'Teeteto' a través del 'no': 'Teeteto' no participa de la propiedad de 'volar' y así resulta falso decir de 'Teeteto' que 'vuela'.³

Platón consideró que la división pausada del género, preferentemente de a dos, permitía obtener con claridad la estructura de relaciones que lo constituyen, al establecer así lo que él llama —apelando a un concepto central en la matemática de la época y en toda la teoría geométrica de las proporciones— el "número" de esa estructura. Ese concepto del número no responde al acentuado por Aristóteles como sumatoria de unidades que componen sin diferenciación la serie de los números, sino que apela a la noción, igualmente vigente en la matemática contemporánea, del número como "sistema": aquello dentro de lo cual los números individuales alcanzan su plena determinación a través de las relaciones o de las distintas proporciones y propiedades que caracterizan sus interrelaciones. A cada eidos le cabe un número, se dice en algunos informes acerca de las doctrinas platónicas orales, lo cual no puede tener el sentido de una oscura atribución de una cantidad de ideas-unidades que componen casi materialmente un género dado. Es más bien posible que la noción del número que domina esa atribución sea la de la cifra de vinculación que unifica un cierto eidos poniéndolo en relación con otras propiedades ideales y determinándolo plenamente en tal posicionamiento. El número de una idea expresa la razón de unidad de ella misma y explica la idea como un sistema.

El concepto platónico del logos hace que la definición no se constituya como una operación con su interés puesto en lo que es el último eslabón de las divisiones: la especie indivisible, para inaugurar a partir de ella la distinción de propiedades específico-esenciales y otras cuya no independencia del sujeto radica en su indeterminación, tal como son las propiedades accidentales aristotélicas. Para Platón, en cambio, y más acá de toda confrontación con las avanzadas distinciones de Aristóteles, el rendimiento de la definición de cada especie se halla en el pretensioso establecimiento del sistema total al cual ella pertenece, siendo éste como el campo de líneas en que se dibuja y extiende su identidad. La definición platónica no fija la atención en la especie indivisible como un "núcleo de permanencia" (Aristóteles), sino, más bien, como un "núcleo de relaciones".

III. Esta descripción del método de la división aproxima ya la suposición de que el tipo de entidades a que con él se apunta no son individuos con la forma de la substancia, no son estrictamente instancias de un universal, sino más bien siempre "ideas", a las que cabe clasificar bajo el tipo lógico de los "predicados" y bajo el ontológico de las "propiedades", dentro de lo cual caen tanto conceptos del tipo de las clases naturales (e.g. 'animal', 'hombre', 'buey'), como otros del tipo de los determinables (e.g. 'color', 'figura', 'sonido', 'ciencia').

Esta discutida cuestión del tipo de entidades con que se opera en la división resulta problematizada por la aseveración que se lee en un pasaje del *Filebo*, donde (14d) se declara que la unidad y la multiplicidad conforman la estructura de las propiedades. Platón quiere con ello distinguir el problema de la pluralidad de predicados eventualmente contrarios entre sí que pueden atribuirse a un particular (*Phd.* 102b; *Prm.* 129b), de ese otro problema concerniente a las especies y subespecies que contiene en sí un género, las cuales a él se subordinan efectivamente a condición de no ser contrarias a la propiedad definitoria del género. Esto último puede traducirse en los términos de "inclusión de clase", donde rige la transitividad de la propiedad que define a la clase. En el *Filebo*, la "fenomenalidad" o el aparecer múltiple y diverso de un eidos (*Phlb.* 15b) en sus conceptos subordinados constituye la estructura misma de la propiedad del caso. Esa multiplicidad de propiedades no es entonces algo que sea extrínseco o sucedáneo al eidos, sino que resulta ser una característica explicada ahora como la diversidad donde el género se mantiene idéntico en su unidad significativa. El significado de un eidos no es, según lo expresa el método, algo separado y simple, sino más bien algo cuya unidad sólo existe articulada en sus diferencias específicas.

Aquí ya debe resultar visible que Platón no traza una distinción estricta entre lo que llamamos 'concepto' y 'clase', ya que considera hasta cierto punto indistintamente a 'especies' e 'individuos', aunque siempre pone el acento en el aspecto intensional, en cuanto lo que le importa es explicar un determinado significado, dando cuenta de las diferencias que separan a las especies de un mismo género, mientras que, en cambio, no ofrece criterios para distinguir los particulares espacio-temporalmente determinados que existen como miembros de una cierta clase. La lectura de los pasajes relevantes permite reconocer además que Platón no plantea la tarea de la división en base a la observación empírica de ciertas regularidades y frecuencias en la aparición de una determinada propiedad, como es el caso en la división de un género perteneciente al ámbito de la biología, sino que se orienta, antes bien, a propiedades cuya división es producto de la articulación *a priori* de conceptos (e.g. 'ciencia', 'técnica').

Es plausible atribuir a Platón una comprensión promiscua de lo que nosotros distinguimos como “concepto” y “clase” por el hecho de que Platón refiere a la clase el predicado que caracteriza y unifica a los miembros de la misma, en una operación que se ha catalogado con el nombre de “autopredicación” [$F(F\text{-idad})$] (cf. *Prm.* 131e-132b, 132b-133a), pero que también puede describirse sin las implicaciones negativas que ese título implica.⁴ La explicación alternativa que aquí se propone para ese tipo de predicación del concepto a la clase tiene el nombre de “autorreferencia predicativa”, y pretende aclarar esa concepción platónica por la cual una idea se define, es decir, de ella se dice preeminentemente la propiedad que por participación en la idea les corresponde de manera derivada a sus instancias particulares. Esta propuesta no suscribe la transformación del concepto que es la “idea” en un particular ulterior y meramente destacado; ella pretende, en cambio, explicar mejor esa parte de la ontología platónica, en lo que hace al modo en que Platón pudo entender las ideas como entidades que se definen por ser la propiedad que los particulares tan sólo poseen en un momento determinado y en un cierto respecto. Platón reconoce en esos casos un uso del ‘es’ predicativo en función definitoria, distinto del meramente atributivo, que corresponde a la predicación de la propiedad a los particulares y cabe dentro de lo que en el *Sofista* (255c12-13) se halla implicado como el uso copulativo del ‘es’, en que a un sujeto se atribuye un predicado que es diferente de él mismo. Ese predicado no sirve estrictamente para identificar al sujeto. En este último caso, el lugar vacío antes de la atribución del predicado en la función ‘... es F ’ puede ocuparlo tanto un particular, como una forma en un uso de predicados de segundo orden. Común resulta a ambos sujetos empero, más allá de su diversidad de tipo, el que se trata allí de una predicación no esencial.⁵

La atribución de la propiedad a la forma no puede tampoco explicarse correctamente tomando el ‘es’ que se usa en proposiciones del tipo ‘la piedad es pía’ como un ‘es’ de identidad. Platón no afirma en esos casos algo de la forma ‘ F es F ’, pues en el lugar del predicado no tenemos un nombre, sino un concepto, y desde Frege sabemos que tales proposiciones no pueden invertirse; si lo hicieran, ello arrojaría un resultado tautológico para las proposiciones platónicas de ese tipo. Sin duda, esa no es la intención platónica.⁶

Por otro lado y siempre todavía dentro del problema de la autorreferencia predicativa, Platón no se ve obligado a incurrir en una “cosificación” u “objetualización” de las propiedades al formular un discurso sobre ellas y colocarlas en el lugar del sujeto utilizando predicados de segundo orden. El recurso con que contamos para hablar de un predicado —y así la “teoría” platónica de las ideas— no convierte automáticamente al “concepto” en un “objeto”, para decirlo en términos fregeanos.⁷

Las anteriores observaciones nos ponen ante la dificultad de concederle al método platónico el logro de su propósito, que es únicamente asequible a condición de que se alcance efectivamente a distinguir lo que es una genuina “especie” (*eidos*) de lo que resulta ser sólo una “parte” (*meros*), es decir, lo que no constituye una articulación real o una “articulación natural” del género.⁸

Platón endilga a la tradición una gruesa falta debida a cierta incapacidad para percibir y determinar diferencias dentro de una propiedad general, falta que se hace palpable en la inexistencia de nombres apropiados para algunas especies. Asimismo denuncia el establecimiento de nombres falsos en las divisiones, cuyos referentes no son en realidad especies o entidades singulares, sino un conjunto de propiedades carentes de toda razón de unidad (cf.

Plt. 281a 12-b 1), es decir, lo que en *Político* 262b se entiende como "parte". El ideal del método es cortar y delimitar siempre "partes" que sean "especies", para lo cual, Platón recomienda proceder pausadamente en la división.

Según Platón, hay entonces legítimos referentes de ciertos nombres que no constituyen empero especie alguna o no tienen como correlato una clase natural. 'Bárbaros' es un predicado incorrecto cuando en una división o corte del género humano se lo opone a 'griego', porque con ese nombre singular no se tiene un eidos singular, sino un conjunto de propiedades indefinido, o sea, carente de número, aunque no por ello sin referente. Así se ve claramente la vinculación que hay entre el establecimiento del número y el hallazgo de las clases naturales.

Nuestras anteriores aclaraciones acerca del escaso interés por los individuos que ostenta el método nos da lugar a perfilar también las disparidades entre la clasificación platónica de 'conceptos' y 'clases naturales' y el rol de la clasificación en la ciencia moderna, donde se vincula estrechamente el concepto de "clases naturales" al problema de la inducción.⁹ Una prueba de que el interés platónico está puesto en una clasificación de los conceptos no ligada a la cuestión de su formación empírica puede obtenerse de la lectura de un pasaje del *Filebo* que ya antes consultamos (*Phlb.* 15bd, 16e). Allí la prerrogativa de "establecer el número" de la multiplicidad atañe a lo que Platón entiende como una "racionalización" de lo indefinido que en un principio caracteriza a las formas en su aspecto intensional. Ese establecimiento del número tiene como resultado ordenar en un sistema la composición de la propiedad del caso en base a la fijación de relaciones de inclusión y exclusión, subordinación y supraordinación, no siendo cuestión allí, en cambio, la posible infinidad de individuos y sus similitudes variables según las circunstancias espacio-temporales.

Es notorio que Platón maneja una noción vaga y bastante intuitiva de similaridad; e igualmente que ella no es utilizada por Platón como si fuera una inflexible relación diádica, sino, más bien, como una poliádica, que permite la organización jerárquica de una clase con miembros diversamente emparentados. Esto sugiere la posibilidad de definir efectivamente los géneros platónicos como entidades intensionales en base al criterio quineano de "paradigma y contraste", reconociéndoles esa flexibilidad en su utilización de la noción de "similaridad".

Y sin embargo, a pesar de esta justificada crítica al rendimiento del método en base a una noción de similaridad no precisada ni teóricamente elaborada, hay que reconocer que programáticamente él tiende a pulir las semejanzas iniciales, y sobre todo subordina la fijación de dichas semejanzas dentro de un sistema a la tarea de las distintas ciencias: gramática, música, aritmética etc., algo que acuerda con la tarea de revisión de los nombres y las clases que ellos establecen. Tiene que resultar claro que Platón tuvo una anticipada desconfianza en lo que Quine llamó "espaciamento intuitivo de cualidades", así al menos en cuanto a la pretensión de clasificación efectiva de lo real que ostenta ese "espaciamento". La "física" del *Timeo* (cf. 53c ss.) expresa efectivamente un programa de reducción de las cualidades sensibles a estructuras geométricas elementales que reemplaza el patrón de vaga similaridad cualitativa por otro más elaborado y preciso de combinabilidad geométrica. En base a este último se puede definir los elementos físicos y su capacidad de cambio y transformación mutua. Tal es el programa platónico, apoyado en la geometría de los sólidos regulares, llamado a explicar, en base a un concepto racional o —dicho con Quine— "teorético" de similaridad, la antigua doctrina griega de la atracción de lo semejante

y repulsión de lo desemejante, y, lo que es más importante, los posibles intercambios (efectos compositivos y disolutivos) y, en definitiva, el movimiento mismo de los cuerpos físicos a nivel micro y macroscópico desde un punto de vista inteligible. En tercer lugar, habría que destacar que el método de la división cuenta con una herramienta teórica propia, que reacciona contra toda distinción de clases o especies en base a la mera ausencia de propiedades comunes. Y esto porque la función de la negación que aplica ese método se cumple al concretizar la diferencia, que en principio da lugar a una clase indefinida, e.g. la de los no-hombres (cf. Arist. *Int.* 2, 16a 29-32), clase que es inútil para identificar las propiedades definitorias de una cierta especie. La función de la negación en el método platónico desempeña entonces el rol de precisar la identidad por medio de la contraposición de una especie a su contrario correlativo.

Notas

¹ Cf. Julius Stenzel, *Studien zur Entwicklung der platonischen Dialektik von Sokrates zu Aristoteles*, Darmstadt, 1961³, p. 59.

² Para la función descriptiva del nombrar en Platón cf. Klaus Oehler, *Die Lehre vom noetischen und dianoetischen Denken bei Platon und Aristoteles*, Hamburg, 1985², contra la crítica analítica de Richard Robinson vid. J.V. Luce, "Plato on Truth and Falsity in Names", *Class. Quart.*, XIX (N.S.) (1969), 222-232.

³ Para una discusión de la justificación platónica del enunciado falso vid. K. Lorenz - J. Mittelstrass, "Theaitetos fliegt. Zur Theorie wahrer und falscher Sätze bei Platon (*Soph.* 251e-263d)", *Arch. Gesch. Philos.* 48 (1966), 113-152. Sobre el problema cf. Jan Szaif, *Platons Begriff der Wahrheit*, Freiburg (Breisgau)/München 1993³.

⁴ La formalización en la discusión moderna de la "autopredicación" fue impuesta por Gregory Vlastos, "The Third Man Argument in the *Parmenides*" (1954), reed. en *Studies in Plato's Metaphysics*, ed. by R.E. Allen, London, 1968, 231-263.

⁵ Michael Frede distinguió para tales casos un 'es₁' y un 'es₂', cf. *Prädikation und Existenzaussage. Platons Gebrauch von 'ist...' und 'ist nicht...' im Sophistes*, Göttingen, 1967.

⁶ Para la semántica platónica cf. Thomas W. Bestor, "Plato's Semantics and Plato's 'Parmenides'", *Phron.* XV (1980), 38-75, cf. pág. 74, n. 14. La interpretación del 'es' identificativo (Cherniss y Allen) fue correctamente discutida por Rudolf-Peter Hägler, *Platons 'Parmenides'. Probleme der Interpretation*, Berlin/New York, 1983, pp. 35-40.

⁷ Cf. Gottlob Frege, "Über Begriff und Gegenstand", en *Fünf logische Studien*, Hrsg. v. G. Patzig, Göttingen, 1994⁷, 66-80, espec. pp. 71s., 75s.

⁸ Sobre esto cf. *Plt.* 261a, 262de, 266d, 277a, 285a, 287c. Lo decisivo de esta cuestión para las pretensiones del método fue remarcado por S. Marc Cohen, "Plato's Method of Division", *Patterns in Plato's Thought*, ed. by J.M.E. Moravcsik, Dordrecht/Boston, 1973, 181-191; y por J.M.E. Moravcsik, "Plato's Method of Division", *id.*, 158-180, cf. pp. 175s.

⁹ Cf. Willard V. Quine, "Géneros naturales", en *La relatividad ontológica y otros ensayos*, Madrid, 1986 (1974), Tecnos, trad. M. Garrido y J. Ll. Blasco, 147-176. Para una discusión cf. Ian Hacking, "Natural Kinds", en *Perspectives on Quine*, Barrett & Gibson (eds), New York, 1990, 129-143.

La precisión y las anomalías en el cambio de teorías¹

Hernán Miguel / Jorge Paruelo / Guillermo Pissinis*

1. Introducción

A lo largo de su obra Kuhn menciona el término "anomalía" con varias acepciones.² En *La Estructura de las Revoluciones científicas* refiere con el término "anomalía" a al menos tres tipos de problemas:

- 1 - problemas que *parecían no tener solución pero que finalmente se resolvieron*,
- 2 - problemas que desencadenaron procesos de ciencia extraordinaria dada su *aparente imposibilidad de resolución* y
- 3 - *un problema sin solución dentro de las prácticas aceptadas*.

En el presente trabajo se cotejan algunos ejemplos históricos de anomalías. Se busca, por un lado determinar a cuál de los tipos mencionados corresponde cada una de ellas y mostrar, a partir de la comparación de estos casos, una diferencia importante relacionada con la precisión de los métodos de medición utilizados.

2. Las anomalías kuhnianas

Un ejemplo de la primera acepción de anomalía es aquel en el que Kuhn relata³ que durante los sesenta años posteriores al cálculo original de Newton, el movimiento anticipado del perigeo de la Luna continuaba siendo todavía la mitad del observado. Hubo algunas propuestas que modificaban la ley de la inversa del cuadrado de la distancia, pero no fueron tomadas muy seriamente. Kuhn concluye que esa paciencia con una anomalía importante resultó justificada porque finalmente se pudo constatar que "solo las matemáticas usadas en la aplicación habían estado en un error" [*sic*] y dice más adelante que "...una anomalía reconocida y persistente no siempre provoca una crisis". Como se puede apreciar, el primero de los usos de anomalía está claramente asociado a un problema reconocido como recalitrante, pero que finalmente puede, y pudo, ser resuelto.

Un ejemplo de la segunda acepción se puede encontrar en el relato sobre el descubrimiento de los rayos X. Allí Kuhn muestra una anomalía constituida por resultados no contradictorios con la teoría, los que bien podrían haberse compatibilizado con las categorías de entidades aceptadas, pero que sin embargo dispararon un cambio de paradigma debido a otro tipo de expectativas profundamente arraigadas. Vemos entonces que aquí, la anomalía juega un papel en el cambio de paradigma aun cuando podría haberse visto asimilada al marco vigente anterior.

"...[el descubrimiento de] los rayos X no estuvo implicado, al menos durante una década posterior al suceso, en ningún trastorno evidente de la teoría científica. Entonces, ¿en qué sentido puede decirse que la asimilación de ese descubrimiento haya hecho necesario un cambio del paradigma?" [...] "¿Por qué no habrían podido ser aceptados los rayos X como una forma más de una categoría bien conocida de fenómenos naturales?" [...] "Sin embargo, los rayos X fueron recibidos no sólo con

* Universidad de Buenos Aires.

sorprende sino con conmoción. [...] Aunque la teoría establecida no prohibía la existencia de los rayos X, éstos violaban expectativas profundamente arraigadas.”⁴

En este sentido, la anomalía pareció ser tal, e incluso retrospectivamente podemos decir que jugó el papel de anomalía aun cuando no puede decirse que no tenía solución en términos del paradigma abandonado.

Para el tercer sentido de anomalía Kuhn exhibe el caso del éter luminífero. Según Kuhn, a partir de la discusión de Maxwell acerca del comportamiento electromagnético de los cuerpos en movimiento, toda una serie de observaciones destinadas a detectar el desplazamiento a través del éter se hizo anómala.

El pasaje siguiente muestra claramente el sentido de problema sin solución dentro de ese marco:

“...no renuncian [los científicos] al paradigma que los ha conducido a la crisis. O sea, a no tratar las anomalías como ejemplos en contrario, aunque, en el vocabulario de la filosofía de la ciencia, eso es precisamente lo que son.”⁵

Pero también Kuhn dedica varios párrafos de ese capítulo a sostener que ningún proceso en la historia de la ciencia muestra que se llega a la falsación de la teoría como resultado de su comparación con la naturaleza, lo que nos arroja a las versiones anteriores de anomalía.

Kuhn debilita inmediatamente este último sentido de anomalía insistiendo en que estos casos⁶ son similares al del cambio de la teoría de Ptolomeo a la de Copérnico, en el que había, según argumenta, otros ingredientes involucrados en la crisis, como por ejemplo la presión social.⁷

Aunque un poco más adelante recupera la visión de una anomalía en sentido interno:

“Pero el desbarajuste técnico seguiría siendo todavía el centro de la crisis.” (pág. 117)

También argumenta que cuando aparecía una discrepancia, los astrónomos —ptolemaicos— siempre eran capaces de eliminarla mediante algún ajuste particular del sistema de Ptolomeo de los círculos compuestos.⁸ Concluye el análisis de los ejemplos afirmando que “*en cada caso, sólo surgió una nueva teoría después de un fracaso notable en la actividad normal de resolución de problemas.*”⁹ Con esto último, Kuhn vuelve sobre la primera de las nociones de anomalía, la de una percepción de fracaso por parte de la comunidad y no como una incompatibilidad interna de los enunciados que se pretenden sostener simultáneamente dentro del paradigma.

3. Precisión y cambio de teorías

Un caso en el que se manifiesta el rol de la precisión en el cambio de teorías lo constituye la observación de ángulos de paralaje *cero* en la astronomía heliocéntrica durante los siglos XVI a XVIII.

Para ser más precisos, la medición realizada del ángulo de paralaje indicaba que o bien el valor era cero o bien se encontraba por debajo de la máxima precisión disponible en la época. Toda medición, sabemos actualmente, determina un intervalo en el cual está contenido el valor exacto (si existe) de la medida en cuestión y no es posible ir más allá de lo que el instrumento permite. Es decir que sólo podía afirmarse que la medida del ángulo de paralaje se encontraba dentro de cierto entorno de cero cuyo radio está dado por la precisión.

Para poner en evidencia aun más nuestra sensibilidad frente a la rigurosidad del lenguaje tal vez debamos usar aquel término, "sensibilidad", cuando nos refiramos a la precisión en el sentido que mencionamos antes. En este marco tomaremos ambos términos como sinónimos ya que un análisis de las diferencias y relaciones entre "precisión", "sensibilidad" y "exactitud" excede el objetivo de este trabajo.

Volviendo al problema del ángulo de paralaje notemos que la medición realizada generaba problemas de diferente tipo en las astronomías copernicana y newtoniana.

Dentro del universo copernicano dicha observación anómala fue explicada proponiendo que la distancia a las estrellas fijas era muy grande comparada con el diámetro de la órbita terrestre, o al menos, lo suficientemente grande como para que el ángulo estuviese por debajo de la máxima sensibilidad de la que se disponía en la época. Ahora bien, dicha observación constituía una anomalía dentro del marco conceptual copernicano sólo si se disponía de una estimación del tamaño del universo. Kuhn menciona que había estimaciones realizadas antes de la irrupción de Copérnico que fijaban el radio de la esfera de las estrellas fijas en valores cercanos a los 20.110 radios terrestres.¹⁰ Con esta estimación, la observación realizada constituía efectivamente una anomalía pues el valor del ángulo de paralaje estaba por encima de la sensibilidad con que podían realizarse las observaciones en esa época: si el radio del universo fuera de 20.110 radios terrestres, la sensibilidad necesaria para detectar la paralaje era de alrededor de 4°, valor mucho mayor que 0,1° disponible en la época de Copérnico.¹¹

Si en cambio consideramos que no tenemos ninguna manera de acceder directamente a una medida de la distancia a las estrellas, la estimación basada en la diferencia entre salida y puesta de puntos diametralmente opuestos de la esfera, ahora dentro del universo de Copérnico, nos lleva a un valor de alrededor de un millón y medio de radios terrestres.¹² El razonamiento se basa en que conociendo la sensibilidad de ciertas mediciones y el radio de la supuesta órbita terrestre alrededor del Sol, entonces las estrellas deben estar a una distancia mínima bastante grande como para que el valor del ángulo se encuentre por debajo de lo que podemos registrar. Es decir que sería posible en este caso atribuir la observación anómala a la falta de sensibilidad, cosa que no sería posible en el caso de la primera estimación.

Obsérvese que si la estimación contra la que se contraponen la medición fuera la primera, el ángulo de paralaje observado constituiría una anomalía del tercer tipo mencionado, es decir una de tipo estructural que obliga a una modificación de la teoría, mientras que al considerar la segunda situación, la modificación necesaria estaría dirigida hacia las técnicas, instrumentos o métodos de observación y no hacia la teoría tal como se lo podría representar dentro de una epistemología al estilo Laudan.¹³

Entonces, ¿en qué sentido podemos llamar "anomalía" a las observaciones del ángulo de paralaje dentro del modelo copernicano? Precisamente en el primer sentido que le da Kuhn a las anomalías. Es que resulta anómalo que frente a la propuesta de movimiento de traslación terrestre no se pueda obtener una confirmación sobre la base del ángulo de paralaje. Es una anomalía en el sentido de que se opone a una expectativa que era inevitable frente a la nueva propuesta. ¿Acaso sólo le pediríamos a una propuesta revolucionaria explicar las mismas cosas de diferente manera sin tener a la mano evidencias adicionales para admitirla? Si Copérnico tenía razón, se esperaba que lo mostrara por medio de la paralaje estelar.

El punto a destacar es la diferencia que la precisión de los métodos utilizados marca en la clasificación de anomalías en determinado marco. Es decir si la medida esperada está dentro del rango asegurado por la sensibilidad del instrumento de medición, la observación se traduce en un cambio inevitable en la teoría involucrada mientras que si el valor está cercano a los límites de detección del instrumento o por debajo de él, la observación anómala puede atribuirse al instrumento y en particular a su precisión.

En el marco del universo newtoniano la situación del ángulo de paralaje se transforma en una expectativa de menor influencia. Ya no será clave la observación de una paralaje distinta de cero para las estrellas, dado que muchas otras evidencias están disponibles para la aceptación del nuevo marco y la presunción acerca del espacio es su infinitud.

Así, el punto crucial es que dentro de este marco no se dispone de una estimación de la distancia a las estrellas, y la expectativa sobre el ángulo de paralaje se ha desvanecido.

Hay aquí un punto interesante para la discusión metodológica. Si se observara un ángulo de paralaje distinto de cero, se obtendría, en términos de la metodología clásica, una confirmación de la teoría de Newton pero si dicho ángulo no se observa, o lo que es lo mismo se observa un valor cero con la precisión del momento no se estaría frente a una refutación. Esto es así pues el universo newtoniano es infinito y por lo tanto es siempre posible atribuir a una falta de precisión suficiente la observación obtenida.¹⁴

En este caso la mayor o menor precisión no estaría involucrada en el cambio teórico sino en la determinación de una corroboración de la teoría.

En resumen, el caso del ángulo de paralaje muestra cómo la precisión puede tener un papel relevante en la tipificación de anomalías y consecuentemente en el tipo de cambio que puede traer aparejado y también qué rol puede desempeñar en la confirmación de teorías.

Una observación detallada permite ver además que comenzamos invitando a la precisión al festín kuhniiano y terminó siendo bienvenida en el banquete de la filosofía de la ciencia en general.

4. El asunto del éter luminífero¹⁵

El electromagnetismo culmina en las ecuaciones de Maxwell¹⁶ en 1864, que establecen teóricamente que las perturbaciones de un campo eléctrico o magnético se propagan en forma de ondas planas a través del espacio. El espacio estaría lleno de una sustancia que sería el medio de vibración de tales ondas identificado como "éter luminífero" y la velocidad de propagación de las ondas cumple con la relación: $v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$. Los valores expe-

rimentales ϵ_0 y μ_0 de las permitividades indican que estas ondas se propagaban con la velocidad $c = 3.10^8$ m/s. La conclusión natural es que la luz es una onda electromagnética propagándose en el éter.

Una diferencia importante entre fenómenos corpusculares y ondulatorios es que la velocidad de las ondas no depende de la de la fuente sino del estado del medio perturbado mientras que la velocidad de la fuente de partículas juega un rol importante en la descripción de sus movimientos. Esta diferencia pasó a primer plano cuando en 1725 observaciones astronómicas de una misma estrella en épocas distintas del año mostraron cierta característica llamada "aberración estelar". Queriendo medir la distancia a una estrella mediante su observación en distintos momentos del año, James Bradley observó que la estrella pare-

cía realizar un movimiento sistemático que no dependía de la posición de la Tierra en su órbita como era de esperar. Este efecto de aberración estelar es análogo al aspecto inclinado que presenta la lluvia para un ciclista en movimiento aun cuando las gotas están cayendo verticalmente respecto de la Tierra.

Esto se podría explicar perfectamente con una teoría corpuscular de la luz, pero para la teoría ondulatoria era necesario postular que el éter se mantenía inalterado mientras que la Tierra hacía su pasaje a través de él al describir su órbita.

Por otro lado eran de esperar diferencias entre la luz proveniente de fuentes terrestres y de las estrellas debido al movimiento de la Tierra a través del éter. Estas diferencias no se encontraron; esto hacía pensar en una Tierra estacionaria respecto al éter.

Maxwell ideó un experimento óptico adecuado con el que sería posible medir la velocidad de la Tierra a través del éter estacionario. Este experimento debía medir un efecto del orden de un cienmillonésimo y revelaría un sistema de referencia privilegiado, estacionario (el éter), respecto del cual se mueven las ondas electromagnéticas. En tiempos de Maxwell tal experimento era hipotético, puesto que no existía instrumental capaz de detectar velocidades con tal precisión.

La idea básica de este experimento es tener un rayo emitido por una fuente, el que es dividido en dos que recorren distintos caminos ópticos¹⁷ para luego reunirse nuevamente. La diferencia de estos caminos ópticos dará lugar a un efecto de interferencia. Cuando dicha diferencia es un múltiplo de la longitud de onda λ de la luz la interferencia es constructiva y se reforzará la intensidad luminosa. Cuando la diferencia de camino óptico es algún múltiplo impar de media longitud de onda tendremos interferencia destructiva y la intensidad luminosa disminuirá.

El experimento de Michelson-Morley

En 1881, Albert A. Michelson,¹⁸ y en 1887 Michelson y Morley intentaron medir la velocidad de la Tierra con respecto al éter luminífero aprovechando la precisión que les brindaba el método de interferometría óptica inventado por el propio Michelson.¹⁹

En 1880 Michelson viajó a Europa a estudiar técnicas de óptica. En el laboratorio de Hermann von Helmholtz en Berlín construyó una primera versión de su interferómetro que fue utilizado en Berlín primero y en Potsdam después. Ningún corrimiento de las franjas de interferencia fue detectado y con ello ningún indicio de desplazamiento terrestre respecto del éter. Sin embargo los resultados no parecieron concluyentes.

En estos experimentos se había intentado observar el corrimiento de franjas de interferencia, y por lo tanto, la magnitud relevante era la diferencia de camino óptico A :

$$A = c \cdot \Delta t = 2L \beta^2 \quad (1)$$
$$(\beta = v/c)$$

v : velocidad de la Tierra respecto al éter.

c : velocidad de la luz respecto al éter.

En el primer diseño de Michelson $L = 1.20$ m. La longitud de onda de la luz roja (λ) es de $580 \cdot 10^{-9}$ m, y entonces $L \approx 2 \cdot 10^6$ veces λ . Por otra parte, la velocidad de la Tierra alrededor del Sol es $v \approx 3 \cdot 10^4$ m/s, con lo que $\beta^2 = 10^{-8}$. Con estos valores se obtiene en la expre-

sión (1) un corrimiento (en términos de λ) de 0.04 de franja, fácilmente detectable con el interferómetro de Michelson.

En el experimento realizado en Potsdam desafortunadamente los brazos no eran suficientemente rígidos e impedían la observación clara de las franjas. No es de extrañar entonces que a pesar de no encontrar evidencia de corrimiento de franjas (y por tanto de poner en entredicho la idea del éter estacionario) Michelson considerara el experimento de Potsdam como fallido.

El experimento de Cleveland

Un nuevo experimento, realizado en Cleveland en 1887 tuvo un diseño mucho más cuidadoso: partes ópticas montadas sobre base de piedra arenisca, apoyada sobre una base de madera flotante en mercurio para evitar vibraciones y tensiones.

Este montaje, sugerido por Morley minimizaría las vibraciones y esfuerzos que habían invalidado los resultados del experimento de Potsdam. Además era muy sencillo rotar el interferómetro en todo el plano horizontal, lo que permitió medir en distintas direcciones continuamente.

El camino óptico se incrementó mediante reflexiones múltiples en un conjunto de cuatro espejos, lo que lo tornó 10 veces más sensible que la versión de Potsdam.²⁹ Se debía observar un corrimiento de 0.4 de franja al rotar el interferómetro 90°.

No era necesario detener el interferómetro una vez en rotación, se podían observar continuamente las franjas. Las conclusiones de Michelson y Morley a partir de sus observaciones fueron, en sus propias palabras:

“that if there is any displacement due to the relative motion of the earth and the luminiferous ether, this cannot be much greater than 0.01 of the distance between the fringes.”

Intentando preservar la teoría del éter se siguieron realizando mediciones buscando errores en el experimento. Morley mismo lo repitió en 1904 aumentando la precisión.

Después de estos resultados fue imposible sostener que el resultado negativo de Potsdam se debiera a errores de diseño. Las teorías existentes debieron ser revisadas. En años posteriores se reprodujo el experimento, incluso en el siglo XX, obteniendo siempre resultados negativos. La Tabla I indica algunos de ellos.

Tabla I. Características y resultados al intentar medir la velocidad respecto del éter luminífero.

Realizador	Año	Lugar	Corrimiento predicho	Corrimiento observado
MICHELSON	1881	Potsdam	0.04	0.02
MICHELSON - MORLEY	1887	Cleveland	0.4	0.01
MILLER	1924	Cleveland	1.12	0.014
KENNEDY	1926	Pasadena	0.07	0.002
MICHELSON	1929	Mt. Wilson	0.9	0.010
JOOS	1930	Jena	0.75	0.002

Conclusiones

La distinción entre los diferentes tipos de anomalías (problemas que *parecían no tener solución pero que finalmente se resolvieron*, anomalías que desencadenaron procesos de ciencia extraordinaria al *presentarse también como problemas sin solución*, y *problemas sin solución dentro de las prácticas aceptadas*) parece estar relacionada de manera profunda con la diferencia de precisión de los métodos de medición utilizados al establecer los datos anómalos.

En el caso de la observación del ángulo de paralaje de cero grados, la anomalía puede (y pudo) atribuirse a la falta de precisión en la medición realizada pues de haberse realizado la observación con suficiente precisión se habría observado dicho ángulo, como ocurrió más de un siglo después.

En cambio en el caso de la anomalía motivada por la experiencia de Michelson-Morley no puede atribuirse a la falta de precisión de las observaciones dado que la observación realizada tenía una precisión mucho mayor que la magnitud de la diferencia que se esperaba encontrar. Es decir si se hubiera incrementado la precisión en este último caso, la anomalía se presentaría de la misma forma.

Como resultado vemos que en el primer caso la teoría puede mantenerse si se responsabiliza a la falta de precisión mientras que en el segundo, no es posible sostener la teoría tal como está; se hace necesario realizar alguna modificación para recuperar su consistencia.

La diferencia tiene lugar pues la segunda anomalía constituye lo que podríamos llamar una "anomalía estructural" es decir una que corresponde al tercer tipo citado arriba y no es simplemente una anomalía histórica, es decir una que fue considerada como tal por los científicos de una determinada época por su resistencia a ser resuelta pero que en muchos casos fue posible o habría sido posible darle solución dentro del mismo marco, lo que correspondería a las acepciones primera o segunda respectivamente, mencionadas en la introducción.

Esta distinción en diferentes tipos de anomalías sobre la base de las consideraciones acerca de la precisión en los métodos de medición permite avanzar en el problema del cambio teórico. A su vez, el aumento de la precisión no siempre dará como resultado el paso de una categoría más débil de anomalía a uno más recalcitrante sino que habrá que analizar cada caso histórico para ver el papel que efectivamente jugó en la tipificación del problema.

Notas

¹ Trabajo realizado en el marco del Proyecto UBACyT dirigido por Eduardo Flichman a quien los autores agradecen, al igual que a Fernando Tula Molina los comentarios realizados que han sido muy útiles tanto en contenidos como en la estrategia para nuestro análisis.

² Véase Kuhn, T. (1962), capítulos VII y VIII, y Hoyningen-Huene, P. (1993), pág. 224 y subsiguientes.

³ Kuhn (1962), pág. 134, ejemplo analizado como una anomalía "con solución" por Ana Rosa Pérez Ransanz (1999), pág. 75.

⁴ Kuhn (1962), pág. 102.

⁵ Kuhn (1962), pág. 128.

⁶ En particular el caso del éter lumífero y el de la teoría de Lavoisier del oxígeno.

⁷ Kuhn (1962), pág. 117.

⁸ Kuhn (1962), pp. 115-6.

⁹ Kuhn (1962), pág. 124.

¹⁰ Kuhn, T. (1957), pp. 213-217.

¹¹ Kuhn (1957), p. 215

¹² En Kuhn (1957) se muestra cómo se obtiene esta estimación del tamaño mínimo del universo copernicano basándose en que no se observa diferencia entre salida y puesta de puntos diametralmente opuestos de la esfera celeste.

¹³ Véase la propuesta del modelo reticulado entre teorías, métodos y objetivos en Laudan, L. (1984), Cap. 3.

¹⁴ En este caso la precisión parece intervenir como una salvedad (proviso) hempeliana. Ver Hempel, C. (1988). Para un análisis y tipificación de cambio teórico véase: Carsolio, S., Clarizza, M., Miguel, H. y Pissinis, C. G. (1995); Miguel, H., Paruelo, J. y Pissinis, C.G. (1996); Miguel, H., Paruelo, J., Pissinis, G.C. (1997).

¹⁵ Los detalles técnicos del ejemplo pueden consultarse en Ballestero, M. y Miguel, H. (1996).

¹⁶ J.C. Maxwell (1952).

¹⁷ La longitud del camino óptico e se define como el producto de la longitud que recorre la luz en un medio por el índice absoluto de refracción de dicho medio: $e = n \cdot d$.

¹⁸ Premio Nobel de Física 1907 por la invención del interferómetro y por sus experimentos, conoció el experimento ideado por Maxwell por una carta de éste a un colega.

¹⁹ En palabras de Robert Resnick (1968): "It was A. Michelson (1852-1931) who invented the optical interferometer whose remarkable *sensitivity* made such an experiment possible." (pág. 19, subrayado nuestro.)

²⁰ Nótese que el corrimiento esperado es proporcional a la suma de las longitudes de los brazos del interferómetro, como bien reconoce Ronald Laymon (1988). Pero también es cierto que cuando Michelson sugiere tomar una longitud aproximada (digamos de unos 11 metros) esta aproximación no afecta al corrimiento esperado en la medida que sospecha Laymon. Si esos 11 m se toman con una aproximación de unos milímetros, esto no afectará la estimación de lo que se espera observar en el corrimiento de las franjas. Laymon equivocadamente interpreta que esta aproximación es inaceptable en ocasión de medir un efecto de interferencia de segundo orden. No exponemos en detalle esta crítica a Laymon aquí ya que excedería espacio para el presente trabajo. Solo mencionamos este punto para destacar cuán profunda puede ser la discusión acerca de la precisión cuando las aproximaciones de una de las medidas involucradas en la estimación es del orden de los milímetros y esto no altera la medición esperada en la interferencia de rayos cuya longitud es de un orden cuatro veces menor.

Referencias

- Ballestero, M. y Miguel, H. (1996), "El experimento de Michelson y Morley en el cambio a la física relativista". Texto confeccionado para el Taller de Perfeccionamiento docente del mismo nombre dictado por los autores a través de la Universidad Nacional de Luján.
- Carsolio, S., Clarizza, M., Miguel, H. y Pissinis, G. (1995), "El problema de las salvedades y la recuperación de la falsabilidad", en *Actas (en Diskette) del VIII Congreso Nacional de Filosofía y IV Congreso de la Asociación Filosófica de la República Argentina*, Universidad Nac. de Mar del Plata, Mar del Plata, Nov. de 1995.
- Hempel, C. (1988), "Provisos: A Problem Concerning the Inferential Function of Scientific Theories", en *The Limitations of Deductivism*, Grünbaum, A y Salmon, W., University of California Press.
- Hoyningen-Huene, P. (1993), *Reconstructing Scientific Revolutions. Thomas S. Kuhn's Philosophy of Science*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Kuhn, T. (1957), *The Copernican Revolution. Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*. (Las citas se refieren a versión en castellano de ORBIS, Barcelona, 1987.)
- Kuhn, T. S. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, Chicago. (Las citas se refieren a la versión en castellano de FCE, 1986.)
- Laudan, L. (1984), *Science and Values*, University of California Press.
- Laymon, R. (1988), "The Michelson-Morley Experiment and the Appraisal of Theories", en Arthur Donovan, Larry Laudan y Rachel Laudan (eds.), *Scrutinizing Science*, Kluwer Academic Publishers (reeditado en 1992, Baltimore: John Hopkins University Press, pp 245-266).
- Maxwell, J. C. (1952), *Scientific Papers*, New York: Dover Publications Inc., Vol. 2, pp 763-775.
- Michelson, A. (1881), *Am. J. Sci* 22, p. 120.

- Miguel, H., Paruelo, J. y Pissinis, G. (1997), "Las salvedades en el cambio de teorías", en Morey-Ahumada (eds.), *Epistemología e Historia de la Ciencia, Selección de trabajos de las VII Jornadas de Epistemología e Historia de la Ciencia*, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, pp 247-256.
- Miguel, H., Paruelo, J. y Pissinis, G. (1997), "Los provisos y el cambio teórico: una revisión a las ideas kuhnianas", presentado en la Sociedad Argentina de Análisis Filosófico, Buenos Aires, 3, 4 y 5 de noviembre.
- Pérez Ransanz, A.R. (1999), *Kuhn y el cambio científico*, México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Resnick, R. (1968), *Introduction to Special Relativity*, New York: John Wiley & Sons.