

Modelos y teorías en biología*

Models and Theories in Biology

Pablo Lorenzano^{†‡}

Resumen

Dos conceptos metacientíficos que han sido, y continúan siendo, objeto de análisis filosófico son los de modelo y teoría. Pero mientras que al concepto de teoría científica fue a uno de los que mayor atención le dedicaran los filósofos de la ciencia durante el siglo XX, recién en las últimas décadas el concepto de modelo científico ha pasado a ocupar una posición central en la reflexión filosófica. Sin embargo, lo ha hecho de tal modo que, en la *actualidad*, como lo afirma Jim Bogen en la contratapa del libro *Scientific Models in the Philosophy of Science*, de Daniela Bailer-Jones, “[l]a literatura filosófica estándar sobre el papel de los modelos en el razonamiento científico es voluminosa, desorganizada y confusa”. A pesar de ello, uno de los ejes que permitiría organizar al menos parte de dicha literatura, y con lo cual cierra el libro citado, es aquello que es identificado como uno de los “temas filosóficos contemporáneos: cómo se relacionan las teorías y los modelos entre sí” (Bailer-Jones 2009, p. 208).

Es por ello que, en esta introducción a los números especiales de *Metatheoria* dedicados al tema de “Modelos y teorías en biología”, presentaremos los principales avances que se han hecho en el análisis filosófico de los conceptos de modelo y teoría, en general y en biología en particular, y también haremos lo propio con las respuestas que se le han dado al problema de “cómo se relacionan las teorías y los modelos entre sí”.

Palabras clave: modelos - teorías - concepciones modelísticas - concepciones semánticas - biología

Abstract

Two metascientific concepts that have been — and still are — object of philosophical analysis are the concepts of model and theory. But while the concept of scientific theory was one of the concepts to which philosophers of science devoted most attention during the 20th century, it is only in recent decades that the concept of scientific model has come to occupy a central position in philosophical reflection. However, it has done so in such a way that, at present, as Jim Bogen states in the back cover of the book *Scientific Models in the Philosophy of Science*, by Daniela Bailer-Jones, “[t]he standard philosophical literature on the role of models in scientific reasoning is voluminous, disorganized, and confusing”. In spite of this, one of the axes that would allow us to organize at least part of this literature, and with which Bailer-Jones’ book closes, is that which is identified as one of the “contemporary philosophical issues: how theories and models relate to each other” (Bailer-Jones 2009, p. 208).

That is why, in this introduction to the special issues of *Metatheoria* devoted to the topic of “Models and Theories in Biology”, we will present the main advances that have been made in the philosophical analysis of the concepts of model and theory in general and in biology in particular, and we will also do the same with the answers that have been given to the problem of “how theories and models relate to each other”.

Keywords: models - theories - model views - semantic views - biology

* Recibido: 18 de marzo de 2016. Aceptado con revisiones: 25 de marzo de 2016.

† Universidad Nacional de Quilmes (UNQ)/Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina. Para contactar al autor, por favor, escribir a: pablo.lorenzano@gmail.com.

‡ Este trabajo fue realizado con los siguientes financiamientos: PICT-2012 No. 2662 y PICT-2014 No. 1741 (ANPCyT, Argentina), PIP No. 112-201101- 01135 (CONICET, Argentina), FFI2012-37354/CONSOLIDER INGENIO CSD2009-0056 (España) y FFI2013-41415-P (España).

Metatheoria 6(2)(2016): 5-46. ISSN 1853-2322. eISSN 1853-2330.

© Editorial de la Universidad Nacional de Tres de Febrero. Publicado en la República Argentina.

1. Modelos científicos y teorías científicas

1.1. Modelos científicos

El término “modelo”, en castellano, viene de la palabra italiana “*modello*”, que surgió durante el Renacimiento, en el siglo XVI, se deriva del término latín “*modulus*”, el cual es un diminutivo de “*modus*”, que significa “manera” o “modo”, pero también “medida” o “medición”. Este término deviene usual desde entonces en la arquitectura y el arte, así como también sus correspondientes términos igualmente derivados “*modelle*” y “*modèle*”, en francés, “*Modell*”, en alemán, y “*modell*” y “*model*”, en inglés, a través de los cuales la variedad de significados se extendió rápidamente hasta la abundancia actual, en la que es usado en todo tipo de situaciones cotidianas (Müller 1983).

En la ciencia recién se comenzó a utilizar hacia fines del siglo XIX, mediante la alusión a “modelos mecánicos”, o, con terminología diversa, “analogías mecánicas”, propuestos y discutidos, entre otros, por Maxwell (1855, 1861), Thomson (1842, 1884), Boltzmann (1902) y Duhem (1906), o, en el contexto de la física alemana, en donde era usual el término “*Bild*”, en singular, o “*Bilder*”, en plural (Helmholtz 1894, Hertz 1894, Boltzmann 1905, quienes discutieron los “modelos” y desarrollaron una “concepción *Bild*” de la física en particular y de la ciencia en general). Su uso, sin embargo, no se limitó al campo de la física, sino que se extendió a otros dominios de la ciencia. Pero ni en contextos coloquiales, ni en los diversos contextos científicos, es utilizado el término “modelo” de una manera unitaria, sino que es, antes bien, una expresión ambigua, equívoca, multívoca, plurívoca o polisémica, que expresa más de un concepto, al mismo tiempo que también, como señaláramos, debe tenerse en cuenta que distintos términos, tales como los mencionados “analogía” o “*Bild*”, han sido utilizados para referirse a los modelos.

Desde entonces, las siguientes son algunas de las expresiones usadas para referirse a los modelos en la ciencia, pertenecientes a diversas tipologías y clasificaciones (ni necesariamente exhaustivas ni, mucho menos, excluyentes) propuestas sobre éstos: “de prueba”, “fenomenológicos”, “computacionales”, “de simulación”, “de desarrollo”, “de fenómenos”, “de datos”, “de medición”, “explicativos”, “empobrecedores”, “de contrastación”, “predictivos”, “idealizados”, “teóricos”, “a escala”, “heurísticos”, “de caricatura”, “didácticos”, “de fantasía”, “de juguete”, “del experimento”, “imaginarios”, “ficticios (o fictivos)”, “matemáticos”, “estadísticos”, “sustitutos”, “sustantivos”, “lógicos”, “icónicos”, “formales”, “analógicos”, “instrumentales”, “operacionales”, “experimentales”, “tridimensionales”, “animales”, “vegetales”, “*in vivo*” o “*in vitro*”. Y lo que vale para la ciencia en general, también lo hace para la biología en particular; sólo por mencionar algunos de dichos usos en el ámbito de la biología, como bien sabemos, es práctica habitual hablar del “modelo Lotka-Volterra” (de interacción depredador-presa) o del “modelo de doble hélice del ADN” o de “organismos modelo” (tales como *Drosophila melanogaster* o *Escherichia coli*) o de “modelos ‘*in vivo*’ o ‘*in vitro*’”.

Es así que el término modelo se aplica a un abrumador conjunto de objetos, desde estructuras matemáticas, representaciones gráficas, simulaciones por computadora, a organismos u objetos específicos.

Y los medios por los que se expresan los modelos científicos van desde los bocetos y diagramas hasta el texto ordinario, los gráficos y las ecuaciones matemáticas, por nombrar sólo algunos de ellos.

Frente a dicha diversidad, es legítimo plantear la cuestión de si bajo los diferentes usos del término “modelo”, no sólo en las ciencias empíricas, sino también en las ciencias formales, subyace una misma noción y/o existen vínculos sistemáticos entre ellos.¹

¹ Para una respuesta afirmativa a la cuestión de la unidad de noción, ver Suppes (1960), en tanto que, para una negativa, ver, entre otros, Black (1962), Achinstein (1968) y McMullin (1968). Para una defensa de la posición de Suppes, pero haciéndolo a partir de asumir la perspectiva *representacional* de Etchemendy (1988, 1990) en relación con los modelos de la semántica formal, en lugar de la *interpretacional*, estándar, de Tarski (1936), en el marco de la metateoría estructuralista, ver Falguera (1992, 1994). Para un análisis de las relaciones entre algunos de los distintos tipos de modelos, tales como los llamados “modelos a escala”, “modelos matemáticos”, “modelos analógicos” y “modelos teóricos”, ver Falguera (1993, 1994).

Siendo los modelos –en alguna de sus acepciones– para muchos científicos y filósofos de la ciencia de central importancia en una multiplicidad de contextos científicos, se le atribuyen también una diversidad de funciones, tales como: posibilitar la aplicación y la contrastación de teorías, ayudar a construir teorías, favorecer la comprensión de teorías y formalismos abstractos, contribuir a la expansión y transformación de teorías, mediar entre las teorías y el mundo, servir como sustituto pragmático de teorías, posibilitar la descripción y preparación de datos, ser un componente de las explicaciones, ayudar a establecer relaciones causales entre sucesos, posibilitar la comprensión de un objeto o sistema concreto, ser útiles en clase como medios pedagógicos auxiliares, ayudar a construir y evaluar experimentos, representar fenómenos.

Y, de hecho, también las cuestiones discutidas en torno a los modelos han sido de variada índole – p.e. ontológicas (¿qué tipo de entidades son los modelos?), semánticas (¿cuál es la función representacional que desempeñan los modelos?), epistémicas (¿cómo aprendemos mediante modelos?) y metateóricas (¿cómo se relacionan los modelos con las teorías?)(Frigg & Hartmann 2005, 2006, 2012)–, cuestiones que, por otro lado, se encuentran estrechamente vinculadas.

Pero si bien la literatura de la filosofía de la ciencia se ha concentrado principalmente en los denominados “modelos teóricos” (Black 1962, Achinstein 1965), no todos estaban de acuerdo con el papel exacto que jugaban los modelos en las ciencias empíricas ni con su relevancia para ellas, así como tampoco en su relación con las teorías empíricas y la eventual necesidad de tomarlos en consideración como componentes suyos, temas sobre los que volveremos más adelante.

Respecto de la discusión filosófica sobre dichos modelos, se pueden distinguir cuatro fases temporalmente consecutivas a lo largo del siglo XX (Hartmann 2010), y que, como veremos, se vinculan de modos particulares con las distintas fases por las que ha atravesado la reflexión filosófica sobre las teorías científicas.

La *primera fase* comienza en el inicio del siglo XX con los análisis del físico y filósofo de la ciencia francés P. Duhem (1906), quien contrapone el papel y significado de los modelos mecánicos – concebidos como gráficos, ilustrativos, visibles, tangibles o palpables, y como característicos de lo que denomina “el espíritu inglés” y la “escuela inglesa”– a las teorías fundamentales –que concibe como abstractas y características de los que denomina “espíritus abstractos”, “imaginativos” y de las “escuelas francesa” y “alemana”–. A pesar de que considera que una física que se apoya ante todo en el uso de modelos como de menor valía y provisoria, logra empero una caracterización de los modelos científicos que marcó rumbo y que le permite asignar un objetivo a la construcción de modelos y una función de guía a los modelos en el proceso de investigación. Sin embargo, según su opinión, la física apunta en última instancia a principios y teorías generales, formulados de manera abstracta (Duhem 1906, Cap. 4). En contraposición con esto, el antagonista británico de Duhem, N. Campbell (1920), acentúa precisamente la necesidad de las analogías como partes esenciales de las teorías, aun cuando no usa explícitamente el término “modelo”.

En la *segunda fase*, correspondiente al empirismo lógico, se conciben los modelos ante todo como fenómenos marginales de la ciencia. Así, p.e., escribe R. Carnap: “Es importante darse cuenta que el descubrimiento de un modelo no tiene más que un valor estético o didáctico o, en el mejor de los casos, heurístico, pero no es esencial en absoluto para una correcta aplicación de la teoría física” (Carnap 1939, p. 68). Sin embargo, autores posteriores, como R. Braithwaite (1953) y E. Nagel (1961), se esfuerzan en incorporar los modelos, y reconocer su importancia, en el marco de la concepción *clásica* (o heredada) de las teorías científicas, aun cuando un tratamiento puramente sintáctico-formal del concepto de modelo se muestra como problemático (Psillos 1995).

En las décadas de 1960 y 1970, de la *tercera fase*, coincidente en el tiempo con el desarrollo de las concepciones *históricas* (o historicistas) de la ciencia (sobre las que volveremos más adelante), cantidad de autores participan de esta problemática (Achinstein 1968, Apostel 1961, Black 1962, Bunge 1973, Harré 1970, Hesse 1966, McMullin 1968, Suppes 1960, 1962). Allí se originan, por un lado, trabajos que intentan conciliar las propuestas más fuertemente formalistas y modeloteóricas con la diversidad de la práctica científica (Apostel 1961, Bunge 1973) y, por el otro, se desarrollan propuestas alternativas a los puntos de vista de los empiristas lógicos, que destacan la función de los modelos en la

práctica científica (Achinstein 1968, Hesse 1966, Harré 1970). En conexión con esto, también se investiga qué papel juegan las analogías y metáforas en la construcción de modelos (Black 1962, Hesse 1966) o de otros componentes, vinculados con éstos, planteados por los filósofos historicistas de la ciencia, tales como los ejemplares de Kuhn (1969a, b, c, 1974, 1979).

En la *cuarta fase*, que comienza alrededor de 1980, se enfatiza la importancia de los modelos en la práctica científica (incluida la conceptualización y la teorización), y se desarrollan las concepciones *modelísticas* de la ciencia –que abordan, entre otras, las cuestiones de la relación entre los modelos y la experiencia y entre los modelos y las teorías generales con independencia de una metateoría general sobre las ciencias– y las concepciones *semánticas* (*modeloteóricas* o *modelistas*) de la ciencia –que abordan tales cuestiones en el marco de una concepción general sobre las teorías científicas (y sobre las que volveremos más adelante)–. En muchos estudios de caso detallados pertenecientes a distintas ciencias se intenta entender cómo funcionan y se construyen los modelos. Además, se ponen de relieve las consecuencias que la práctica de construcción de modelos tiene para otras cuestiones filosóficas, tales como el realismo,² el reduccionismo,³ las leyes de la naturaleza (y de la ciencia)⁴ y la explicación científica.⁵

En cuanto al ámbito de la biología, ya fue señalado que allí se utiliza el término “modelo” de diferentes maneras, llamando de ese modo a entidades de diferentes tipos, tales como las ecuaciones mismas, representaciones idealizadas de sistemas empíricos, organismos u objetos físicos, entre otras cosas. Pero sea en un sentido u otro, hay autores que a partir los años 1950 subrayan la importancia de los modelos en las ciencias biológicas e intentan analizarlos por fuera del marco de las concepciones semánticas anteriormente aludidas (Beckner 1959, Beament 1960, Holling 1964, Simon 1971, Schaffner 1980, 1986, Wimsatt 1987, Cooper 1996, Godfrey-Smith 2006, Weisberg 2007, 2013). Un lugar destacado en la discusión sobre modelos y construcción de modelos en biología lo ocupa Levins (1966). Desde entonces, su propuesta sobre la existencia de un triple equilibrio entre generalidad, realismo y precisión, de tal manera que un constructor de modelos no puede maximizar simultáneamente todos esos *desiderata*, ha sido muy discutida (p.e., Orzack & Sober 1993, Levins 1993, Orzack 2005, Odenbaugh 2003, Weisberg 2006, Winther 2006, Matthewson & Weisberg 2009).

1.2. Teorías científicas

El término “teoría”, en castellano, viene de la palabra latina “*theoria*”, la que, a su vez, proviene del término griego antiguo “*θεωρία*” (*theōría*), que significa “ver”, “mirar”, “observar” y luego “conocimiento” (DRAE 2014). De acuerdo con algunos, la palabra griega deriva de “*θεωρεῖν*” (*theorein*) que proviene de “*θεωρός*”, “el que ve un espectáculo”, tales como las fiestas de los dioses o procesiones religiosas, los oráculos o las escenas teatrales; en tanto que ya en la antigüedad, algunos derivaban la etimología de la primera parte del compuesto “*θεωρός*” de la palabra para dios (“*θεός*”) (König 1998). Más tarde, el término “teoría” no sólo es utilizado para la observación o contemplación de ciertos eventos sagrados o festivos, sino también para la consideración “puramente intelectual” de ideas, hechos o estados de cosas abstractos que no son accesibles a la percepción sensorial. De allí que,

² Para un análisis del problema del realismo vinculado con la discusión sobre la idealización, aproximación y representación en ciencia, ver Nowak (1979), van Fraassen (1980, 1987, 2008), Laudan (1981), Sneed (1983), Cartwright (1983, 1989), Laymon (1985), McMullin (1985), Mundy (1986), Stegmüller (1986), Balzer, Moulines & Sneed (1987), Giere (1988, 1994, 2006), Suppe (1989), Worrall (1989), Swoyer (1991), Brzeziński & Nowak (1992), Ibarra & Mormann (1997, 2000), Diez & Falguera (1998), Ladyman (1998), Psillos (1999), Niiniluoto (2000), Suppes (2002), Casanueva & Benítez (2003), French & Ladyman (2003), Teller (2004), Morrison (2005), Rueger (2005), Frigg & Votsis (2011).

³ Aun en autores para los que podría no haber relaciones sistemáticas entre los modelos y las teorías. Ver Hacking (1983), Balzer, Pearce & Schmidt (1984), Moulines (1984), Balzer, Moulines & Sneed (1987), Bickle (1995, 1998, 2002, 2003), Falkenburg & Muschik (1998), Cartwright (1999), Hartmann (1999), Batterman (2002), Bokulich (2003), Hartmann (2008).

⁴ Ver, entre otros, Cartwright (1983, 1999), Giere (1999), van Fraassen (1989), Forge (1986, 1999), Lorenzano (2006b, 2007b, c, 2008b, 2014, 2014-2015).

⁵ Ver van Fraassen (1980), Cartwright (1983), Bartelborth (1996a, 1996b, 1999, 2002), Forge (1999, 2002), Elgin & Sober (2002), Diez (2002, 2014), Woodward (2003), Moulines (2005a), Lorenzano (2005), Bokulich (2008, 2009), Diez & Lorenzano (2013, 2015), Ginnobili & Carman (2016).

desde entonces, se suele contraponer “la teoría” a “la experiencia” –del latín “*experientia*”– o a “lo empírico” –del griego “*ἐμπειρικός*” (“*empeirikós*”)–. A su vez, en el lenguaje coloquial, el término “teoría” se lo utiliza o bien como una vaga suposición o pura especulación (sin demasiado asidero) o bien como algo que todavía no ha sido “puesto a prueba” (o contrastado); en este último caso, “teoría” se usa en el sentido de “hipótesis” y la expresión “hipotéticamente” es sustituida por la frase “en teoría”. En ocasiones, el término “teoría” es usado en un sentido (más bien peyorativo) como “mera teoría” por oposición a “la práctica” –del griego “*πρᾶξις*” (“*praxis*”)– o a la práctica *realmente funcional* (Thiel 1996).⁶

Un uso primordial del término “teoría” es para referirse a aquella entidad (por lo general muy compleja) que organiza los fenómenos de un área temática y describe las propiedades y relaciones básicas de los objetos pertenecientes a dicha área, planteando (postulando) leyes (o principios) generales para ellos y posibilitando dar explicaciones y proveer predicciones sobre la ocurrencia de ciertos fenómenos dentro del área.

En la ciencia moderna, el término “teoría” refiere a las teorías científicas, y ésta es la acepción que nos interesa aquí.

Sin embargo, con la constitución y desarrollo de las distintas disciplinas y subdisciplinas científicas se puede reconocer la existencia de teorías que poseen diferentes niveles de abstracción y persiguen diferentes objetivos. Además, a diferencia de lo que ocurre en la filosofía de la ciencia, en lo que denominaría el “lenguaje-metacientífico-en-uso-de-los-científicos” (y siglos más tarde incluso “de-los-que-escriben-libros-de-texto” o “de-los-que-se-dedican-a-la-comunicación-pública-de-la-ciencia”) rara vez se hace una distinción terminológicamente precisa entre hipótesis, leyes (de distintos tipos y niveles) y teorías.

Por otro lado, en el siglo XIX se completa un cambio en el concepto de ciencia del llamado “concepto clásico” al llamado “concepto moderno”. El concepto “clásico” de ciencia que, en sentido amplio, tiene su origen en Aristóteles (de Jong & Betti 2010), en tanto que, en sentido estrecho, lo tiene en la época moderna, es sostenido –aun cuando con excepciones, como la de Hume (1739-1740, 1748), quien niega la validez absoluta de la regularidad causal natural– hasta el desarrollo del idealismo alemán, inclusive (es decir, hasta el siglo XIX). Tal concepto puede ser caracterizado como sustentando, fundamentalmente, la universalidad, la necesidad y la verdad del conocimiento científico, e.e. de la ciencia. Estas características básicas del concepto clásico de ciencia suelen estar asociadas con aquello que organiza y estructura el conocimiento desde la antigüedad clásica, e.e. con la noción de *sistema axiomático*, cuya presentación general ya la encontramos en los *Analíticos segundos* de Aristóteles, en tanto que en los *Elementos* de Euclides encontramos su aplicación paradigmática (razón por la cual el método “axiomático” también es llamado “geométrico”). Es así que, si quisiéramos presentar, y aun enseñar, una ciencia, ésta debería adoptar la forma de un *sistema axiomático*, esto es, de proposiciones (o enunciados) y de conceptos (o términos) que *versan sobre un cierto dominio de objetos*, en donde hay un número de *conceptos* (o términos) *básicos* (o fundamentales, llamados “primitivos”) a partir de los cuales *se definen* los demás conceptos (o términos) que ocurren en el sistema (los llamados “definidos”), junto a un número de *proposiciones* (o enunciados) *básicos* (o fundamentales, llamados, en general,

⁶ Este sentido discutido por Kant en su “Sobre el dicho: Esto puede ser correcto en la teoría, pero no vale para la práctica”, de 1793, en los siguientes términos en el ámbito que nos interesa:

[...] no es culpa de la teoría si ésta es poca cosa para la práctica, sino de que hay poca teoría, la teoría que el hombre habría debido aprender a partir de la experiencia, y que es la verdadera teoría, aunque aquél no fuese capaz de dársela por sí mismo ni de exponerla sistemáticamente como un maestro [...]. (Kant 1793, pp. 202-203)

En consecuencia, nadie puede decirse prácticamente versado en una ciencia y a la vez despreciar la teoría, pues así mostraría simplemente que es un ignorante en su oficio, en cuanto cree poder avanzar más de lo que le permitiría la teoría mediante ensayos y experiencias hechos a tientas, sin reunir ciertos principios (que propiamente constituyen lo que se llama teoría) y sin haber pensado su tarea como un todo (el cual, cuando se procede metódicamente, se llama sistema). (Kant 1793, p. 203)

Ahora bien, uno no haría más que reírse de un mecánico empírico o de un artillero que negaran el uno la mecánica general y el otro la teoría matemática del lanzamiento de bombas, al sostener uno y otro que esas teorías son por cierto útiles pero que no son válidas en la práctica porque, en la aplicación, la experiencia da otros resultados que los de la teoría (pues, si a la primera se le añadiera la teoría de la fricción y a la segunda la de la resistencia del aire, y con ello más teoría todavía, entonces una y otra concordarían muy bien con la experiencia). (Kant 1793, p. 204)

“principios”⁷ o bien “axiomas” o “postulados”⁸ que *fundamentan* a las demás proposiciones (o enunciados) del sistema (los llamados “teoremas”), que *se siguen* (lógica/deductivamente), y son *demostrables*, a partir de las proposiciones básicas. Habíamos dicho que las proposiciones del sistema son *universales* y *necesarias*, en algún sentido, además de *verdaderas* –en primer lugar, las proposiciones básicas, que además son *autoevidentes*, y luego las demás proposiciones (teoremas) que se siguen de ellas (sus *consecuencias lógicas*), al ser la relación de deducción una relación “preservadora de la verdad” (del valor de verdad “verdadero”)–.

El método axiomático ha ejercido una gran atracción en científicos y filósofos a lo largo de la historia y, en alguna de sus formas, la continúa ejerciendo hasta nuestros días.⁹ Como ejemplo de lo primero, baste citar en la antigüedad, junto a los mencionados Aristóteles y Euclides, a Arquímedes (ver en *Tratados*, p.e. Del equilibrio de los planos, De los cuerpos flotantes), además de al uso que se hiciera de éste en el siglo XVII, siendo los más conocidos el que efectuaran Spinoza (1677, y su anterior exposición de los *Principios de la filosofía* de Descartes de 1663) y Newton (1687), aunque también pudiera mencionarse a Galileo (1637, *Jornada tercera*), a Descartes (1641, *Respuestas del autor a las Segundas Objeciones*), y, en su defensa y presentación general del “método geométrico”, a Pascal (1658, *Sobre el espíritu geométrico* y *Sobre el arte de persuadir*) y, fundamentalmente, a la muy influyente *Lógica de Port-Royal* (1662, en especial la *Cuarta parte: Sobre el método*, escrita principalmente por Arnauld).

Pero fueron las geometrías no euclidianas, desarrolladas en el siglo XIX (Lobatchevsky 1829-1830, Bolyai 1832, Riemann 1854), las que promovieron un cambio en la comprensión de los principios –axiomas o postulados– de los sistemas axiomáticos y luego, a consecuencia de ello, en el concepto mismo de ciencia. Lo que muestran dichas geometrías, a través de la negación del quinto postulado de Euclides¹⁰ –cuyo cuestionamiento en su (auto)evidencia e intentos de demostrarlo tienen una larga historia que se remonta a la antigüedad (con Ptolomeo), continúa en la ciencia árabe (con Omar Khayyám, en el siglo XI, y anteriores en el siglo X, además de árabes posteriores) y en los siglos XVI, XVII y XVIII (Clavius, Cataldi, Borelli, Wallis, Saccheri, Lambert, Bertrand, Legendre, Gu’rev)¹¹ es que, en primer término, puede haber *distintos sistemas axiomáticos*, con diferentes principios (axiomas o postulados), independientemente de si son considerados verdades (auto)evidentes y, en segundo lugar, de manera más general, la pertinencia de distinguir entre la *geometría pura* o *matemática*, por un lado, y la *geometría aplicada* o *física*, por el otro. Así, se supone que las geometrías no euclidianas, aun cuando teniendo validez en el ámbito de la matemática pura, no necesariamente la tendrían en el de la física, en donde se seguiría suponiendo, de acuerdo con la mecánica newtoniana, que el espacio físico sería de tipo euclídeo, tridimensional. Esta distinción llevaría a sostener que la *geometría*, en tanto que *pura* o *matemática*, no podría ser ni corroborada ni refutada *por la experiencia*, ni podría ser incompatible con una teoría física, mientras que la *geometría*, en tanto que *aplicada* o *física*, tendría una interpretación empírica, de modo que, p.e., las rectas fueran rayos, los puntos intersecciones entre rayos de luz, etc., y

⁷ Del latín, sing. *principium*; literalmente: “lo que se toma en primer lugar”; pl. *principia*; en griego, sing. *ἀρχή*, arché; pl. *ἀρχαί*, archai.

⁸ O, incluso, “hipótesis”, en la antigüedad (*ὑπόθεσις*, hypóthesis; literalmente: “supuestos”). Como ya se percatara Proclo (*Commentarii in primum Euclidis elementorum librum*), hay distintas maneras de entender la diferencia entre los *axiomas* (sing. *ἀξίωμα*, axiōma; pl. *ἀξιώματα*, axiōmata) –que Euclides llama en su texto *nociones comunes* (sing. *κοινές ἐννοιες*, koinés énnōies; pl. *κοιναί ἐννοιαί*, koinai énnōiai)– y los *postulados* (en griego, *αἰτήματα*, aitimata; del latín, sing. *postulātum*, pl. *postulāta*; literalmente: “demanda”, “petición”). Una de ellas es que los postulados, a diferencia de los axiomas, afirman la posibilidad de una construcción (en geometría, en Euclides). Otra, que consiste en decir que los postulados son proposiciones de contenido específico –geométrico en Euclides o de cualquier ciencia en Aristóteles– mientras que los axiomas son proposiciones comunes –a la geometría y a la aritmética en Euclides, a toda ciencia en Aristóteles–. Y una tercera, en donde se considera que los axiomas son verdaderos por sí mismos, en virtud de los términos que los componen, en tanto que los postulados, sin ser axiomas en el sentido anterior, se admiten sin demostración (Vailati 1905).

⁹ Ver, entre otros, Blanché (1955), Mosterín (1984), Torretti (1993).

¹⁰ El cual afirma lo siguiente: “Y que si una recta al incidir sobre dos rectas hace los ángulos internos del mismo lado menores que dos rectos, las dos rectas prolongadas indefinidamente se encontrarán en el lado en el que están los (ángulos) menores que dos rectos”. Dicho postulado ha recibido a lo largo de la historia diversas formulaciones lógicamente equivalentes, siendo quizás la más conocida la que afirma que “Por un punto exterior a una recta sólo cabe trazar una paralela”, presente en Ptolomeo, en Alhazen y popularizada a fines del siglo XVIII por John Playfair, de modo tal de reemplazar la formulación original de Euclides en la mayoría de los libros de texto de geometría.

¹¹ Ver p.e. Bonola (1906), Rosenfeld (1988).

los axiomas y teoremas se convertirían en *hipótesis empíricas* que podrían ser verdaderas o falsas y eventualmente podrían ser refutadas (mostrando a su vez la vinculación entre los sistemas axiomáticos y la concepción hipotético-deductivista de la ciencia).

De esta manera, primero desvinculando la predicación de la verdad del papel que cumplirían los principios (postulados, axiomas) en los sistemas axiomáticos¹² y luego distinguiendo la predicación de la verdad matemática de la predicación de la verdad empírica, llegaríamos al concepto “moderno” de ciencia que ha sido caracterizado como de “pérdida de la certeza de verdad” y de “hipotetización” del conocimiento científico (empírico).¹³

Estos cambios en la conceptualización de los sistemas axiomáticos continúan con el establecimiento –a partir de los desarrollos de Hilbert en sus *Fundamentos de geometría* (1899) y de la discusión por parte de Frege (1903, 1906) e intercambio con aquél (Frege 1976, pp. 55-80), acerca de la naturaleza de los sistemas axiomáticos y de las definiciones– de la distinción entre *sistemas axiomáticos concretos* o *materiales* (“*inhaltliche Axiomatik*”), por un lado, y *abstractos* o *formales* (“*formale Axiomatik*”), por el otro (Hilbert & Bernays 1934). Estos últimos, también llamados “hilbertianos” o “tipo Frege-Hilbert”, se caracterizan porque se abstrae el significado (contenido, *Inhalt*) de los términos primitivos, de modo que los axiomas y teoremas dejan de tener significado (contenido) y pierden su carácter de proposiciones verdaderas para convertirse en formas proposicionales o fórmulas, en tanto que las reglas de inferencia pierden su propiedad de transmitir la verdad y se convierten en reglas de transformación. Por otro lado, un sistema axiomático abstracto o formal puede ser interpretado de distintas maneras, dando lugar a distintos sistemas axiomáticos concretos o materiales, todos ellos “con la misma forma”.

Estas transformaciones –que, no obstante lo cual, no provocan el abandono del ideal de sistematización deductiva en su totalidad–,¹⁴ conllevan el retorno del “euclidianismo” en matemáticas y son acompañadas por el derrumbe del mecanicismo en física así como el origen y expansión del darwinismo en biología y del historicismo en las ciencias sociales y humanas, culminando con el aludido proceso de modificación en el concepto mismo de ciencia.

De manera vinculada con las transformaciones aludidas, pueden distinguirse diversas concepciones acerca de la naturaleza de las teorías empíricas en el siglo XIX y comienzos del XX. Una concepción “apodíctica-apriorista” –ligada todavía al concepto “clásico” de ciencia– que sostiene que, al menos parte de los enunciados (principios) que figuran en las teorías, poseen *validex apodíctica* (Whewell). Una concepción “hipotética-conjetural” según la cual sus enunciados (principios incluidos) sólo poseen *certeza hipotética* (Boltzmann, Bernard, LeRoy). Y otras, emparentadas, pero con diferencias, dentro de las que encontramos a las siguientes. La “empiriocriticista”, de corte “anti-teórica” o, por lo menos, “teórico-escéptica”, de acuerdo con la cual los principios de la mecánica debían ser fundados sobre, y ser reducidos a, *conceptos* estrictamente *empíricos*, es decir, observacionales (“sensaciones”) y sus relaciones (Mach). La “convencionalista”, de acuerdo con la que los principios más fundamentales de la física poseen un carácter *a priori*, pero *convencional*, constituyendo así convenciones complejas para orientarnos en la experiencia, organizando los datos obtenidos mediante observación o experimentación (Poincaré). Y una última, “instrumentalista”, que sostiene que las teorías no son

¹² En la manera tradicional de entender a los sistemas axiomáticos, los axiomas son considerados *indemostrables*, en tanto que en la concepción moderna, los axiomas de un sistema axiomático son considerados *no demostrados* (en dicho sistema). Correlativamente, en la concepción tradicional, los términos primitivos son considerados *indefinibles*, mientras que en la concepción moderna, los términos primitivos de un sistema axiomático se conciben como *no definidos* (en dicho sistema).

¹³ Recién habría que esperar a la publicación póstuma de las *Paradojas del infinito* de Bolzano (1851) y al desarrollo de la teoría de conjuntos y de los números transfinitos por parte de Cantor, también ocurridos en el siglo XIX (Cantor 1874, 1878, 1879, 1896, 1897), para cuestionar la verdad de uno de los axiomas o nociones comunes de Euclides, a saber, del octavo de ellos que afirma que “el todo es mayor que la parte”.

¹⁴ Dicho ideal podría ser caracterizado como sosteniendo simultáneamente: (1) que los axiomas y teoremas estén relacionados deductivamente; (2) que los axiomas mismos sean verdades (auto)evidentes; y (3) que los teoremas concuerdan con las observaciones (Losee 2001, p. 21). Lo que se conservaría de tal ideal sería el primero de los aspectos –e.e. el carácter deductivo–. Ya nos referimos al abandono del segundo de ellos –e.e. a la creencia en la verdad (auto)evidente de los axiomas– como consecuencia del surgimiento de las geometrías no euclidianas. En tanto que, por otro lado, habría que señalar que, en la medida en que se reconociera que se trataba de un sistema de carácter “empírico” –p.e. en el uso que se hiciera en la modernidad del “método geométrico”–, se veía como problemático el supuesto de que los teoremas concuerdan (todos necesariamente) con las observaciones, supuesto que sería finalmente abandonado en el siglo XIX.

verdaderas ni falsas, sino *instrumentos* para representar del modo más eficaz posible los fenómenos que observamos (“salvar los fenómenos”) y predecirlos de la mejor manera (Duhem).

Con relación al análisis filosófico del concepto de teoría científica, su naturaleza y estructura, a lo largo del siglo XX y lo que va del XXI se pueden distinguir tres fases.

Una *primera fase*, que se corresponde con la *filosofía clásica de la ciencia*, y que va aproximadamente desde fines de 1920 hasta fines de 1950, en donde la filosofía de la ciencia iniciada en Viena, desde lo que en 1929 pasaría a denominarse oficialmente *Círculo de Viena* (Carnap, Hahn & Neurath 1929), y sería continuada sobre todo en los Estados Unidos, tras la llegada a ese país de los principales filósofos de la ciencia centroeuropeos, se establece como corriente principal.¹⁵ En ella se instaura la *concepción clásica* de las teorías.

Una *segunda fase*, que se corresponde con la *filosofía histórica* (o *historicista*) *de la ciencia*, iniciada aproximadamente entre fines de los años cincuenta y comienzos de los años sesenta y dominante durante los setenta y principios de los ochenta, gracias al trabajo de los alguna vez llamados *nuevos filósofos de la ciencia* (tales como Kuhn, Lakatos y Feyerabend). Con ellos se establece la *concepción histórica* (o *historicista*) de las teorías.

Y una *tercera fase*, con reconocida irrupción en el escenario filosófico en los años setenta, pero con desarrollos anteriores, y en la que aún nos encontramos, razón por la que podría ser considerada como correspondiente con la *filosofía contemporánea de la ciencia*, en donde se termina imponiendo la *concepción semántica* de las teorías.

En todas estas fases, podemos distinguir tres aspectos generales en la elucidación del concepto de teoría: uno referido a la parte (más) “teórica” (o “formal”), otro a la parte (más) “empírica” (“aplicativa” o “contrastacional”) y el último referido a la relación entre ambas partes, entre la “teórica” y la “empírica”, entre la “teoría” y la “experiencia”.

La diferencia entre las distintas concepciones metateóricas generales comunes a cada una de las fases identificadas –*clásica* en la primera, *histórica* en la segunda y *semántica* en la tercera– radica en las *ideas básicas centrales* que comparten acerca del *modo general* de concebir cada uno de dichos aspectos, es decir, el modo general que tienen de concebir la parte (más) “teórica” o “formalismo”, la parte (más) “empírica”, “aplicativa” o “contrastacional” y la relación entre “teoría” y “experiencia”. Por otro lado, dentro de cada una de dichas concepciones metateóricas generales suele haber diferencias en el *modo específico* que se tiene de entender cada una de tales ideas básicas centrales compartidas, de modo tal de constituir *variaciones* de dichas posturas básicas, y dando así lugar a distintas *versiones* o *variantes* de cada una de ellas. Por último, aun entre las distintas versiones o variantes de cada concepción metateórica general también podría haber diferencias respecto de cuáles de los *aspectos* son considerados como *componentes* de las teorías y cuáles no, es decir, cuáles de tales aspectos son considerados como siendo parte *de la identidad* de las teorías y cuáles sólo están asociadas a ellas, p.e. si se considera como conformando la teoría *stricto sensu* (su identidad) sólo el aspecto “teórico” o “formal” o también alguno de los otros dos, ya sea el “empírico”, “aplicativo” o “contrastacional” o el que establece el vínculo entre la “teoría” y la “experiencia”.

Pero veamos ahora dichos desarrollos con un poco de mayor detenimiento.

En relación con la fase clásica, podría decirse que si bien todos los filósofos pertenecientes a ella consideraban a las teorías como *conjuntos de enunciados organizados* deductiva o *axiomáticamente*, no todos concordaban en el modo específico en que esto debía ser comprendido y precisado. Esta concepción es conocida con el nombre de *concepción clásica* –*heredada, estándar, recibida, ortodoxa, tradicional, enunciativa* o *sintáctica*– de las teorías científicas y ha sido sostenida por diversos autores (entre otros, Braithwaite 1953, cap. II, Campbell 1920, cap. VI, Hempel 1952, 1958, Nagel 1961, p. 90 y ss., Popper 1935, §§ 16-17, Ramsey 1929 y Reichenbach 1951, cap. 8). Su versión más madura, elaborada y difundida, fruto de diferentes análisis, críticas y sucesivos intentos encaminados a superarlas,¹⁶ sin embargo, la

¹⁵ Para un panorama general del Círculo de Viena, ver Stadler (1997). Para un primer acercamiento a las vicisitudes por las que atravesó la filosofía de la ciencia de los emigrados centroeuropeos en los Estados Unidos durante la Guerra Fría, ver Reisch (2005).

¹⁶ Para el camino que condujo a Carnap a dicho planteo, ver Stegmüller (1970), Suppe (1974a), Lorenzano (1986).

encontramos en Rudolf Carnap (1956, 1966).¹⁷ De acuerdo con ella, las teorías científicas particulares pueden presentarse bajo la forma de un *sistema interpretado* que consta de: a) un sistema axiomático formal (e.e. hilbertiano o tipo Frege-Hilbert), y b) un sistema de reglas semánticas para su interpretación. En el caso de una teoría particular, las leyes (o principios) de dicha teoría (aquellas leyes que no se deducen de otras y que suelen denominarse “fundamentales”) son los *axiomas*, los enunciados básicos primitivos de la teoría. Estos enunciados constituyen lo que generalmente se denomina *sistema axiomático*. De ellos se deducen como teoremas el resto de las afirmaciones teóricas. En cuanto a sus términos, un sistema axiomático contiene, además de términos lógico-matemáticos, términos descriptivos, con los que se formulan los axiomas y que son los llamados *términos teóricos* primitivos del sistema.¹⁸ A veces se pueden introducir términos teóricos adicionales mediante definiciones, con cuya ayuda se abrevian algunos teoremas; pero los términos definidos son *eliminables*, son meras abreviaturas notacionales. Este modo de axiomatizar las teorías empíricas constituye el denominado *enfoque formal* o *enfoque de Carnap* (Stegmüller 1979a). Al adoptarse dicho enfoque en el problema de ofrecer los fundamentos axiomáticos de las teorías científicas para develar así su *estructura interna*, la cuestión de la *interpretación* surge de una manera directa y natural, puesto que en la formalización se abstrae el contenido de los términos que conforman el sistema. A fin de resolver esa cuestión se necesita dar *reglas semánticas*, en primer término para los signos, constantes o términos lógicos del vocabulario lógico V_L (que establecen para cada uno de ellos las condiciones de verdad de los enunciados contruidos con su ayuda) y posteriormente para los signos, constantes o términos específicos, propios del sistema axiomático, y que –como vimos– son conocidos con el nombre de *términos teóricos* y conforman el vocabulario descriptivo teórico V_T . Este segundo paso es necesario si la teoría es empírica y no meramente matemático-formal, pues debe haber una conexión de los términos teóricos, introducidos por el cálculo axiomático, con la experiencia o con situaciones empíricas. Esta conexión se realiza mediante ciertos enunciados que vinculan algunos, pero no necesariamente todos, los términos teóricos, p.e. “temperatura” o “masa”, con otro tipo de términos descriptivos, a saber: aquellos que reciben una interpretación empírica completa mediante reglas semánticas de designación y que refieren a lo directamente observable o mediante técnicas relativamente simples, e.e. con los términos denominados *observacionales*, que conforman el vocabulario descriptivo observacional V_O , p.e. “ascender” y “líquido” (por lo general, mercurio, perteneciente a un termómetro) o “elongar” y “resorte” (perteneciente a una balanza de resorte que permite determinar el valor de la masa de un objeto). Estos enunciados mixtos que, además de los axiomas, también forman parte de la teoría son las denominadas *reglas de correspondencia* C, p.e. “al aumentar la temperatura asciende la columna de líquido” o “al aumentar la masa se elonga el resorte”. Mediante las reglas de correspondencia se le proporciona una interpretación empírica (observacional), si bien parcial e indirecta, y así contenido empírico, a los términos del formalismo axiomático abstracto.¹⁹

¹⁷ Para otros desarrollos o elaboraciones acerca de la temática por parte Carnap, ver Carnap (1958, [1959] 2000, 1961, 1963a, 1963b).

¹⁸ Un sistema axiomático formal caracterizado en términos puramente sintácticos, mediante las llamadas “reglas de formación” y “reglas de transformación”, es lo que Carnap denomina “cálculo”.

¹⁹ Inicialmente, Carnap (1928) consideraba que si uno escogía adecuadamente los conceptos primitivos del “sistema de constitución” (pertencieran éstos a una “base fenomenalista”, que refiriera a lo “inmediatamente dado”, o a una “base fiscalista”, que refiriera a objetos del mundo físico), los restantes conceptos (eventualmente, de la totalidad) del conocimiento científico-empírico podrían ser introducidos mediante definiciones (e.e. mediante enunciados de forma bicondicional que satisfarían las condiciones de eliminabilidad y no-creatividad). Más adelante, Carnap (1936/1937) liberaliza el modo de introducir nuevos conceptos: junto a las definiciones explícitas, también acepta, para ciertos conceptos (los llamados “disposicionales”, e.e. conceptos que describen la capacidad o inclinación que poseen algunos objetos para reaccionar de determinado modo bajo circunstancias apropiadas, es decir, conceptos que no describen lo que los objetos considerados son o hacen de hecho sino, antes bien, lo que ellos serían o harían, el poder o tendencia que ellos tienen de ser o hacer, en determinadas condiciones, tales como “soluble” o “inflamable”), enunciados reductivos (también llamados “definiciones condicionales”, e.e. enunciados de forma condicional, en donde, si se cumplieran las condiciones expresadas en el antecedente del condicional, el concepto se aplicaría si y sólo si el objeto reaccionara de cierta manera, p.e. si el objeto en cuestión es puesto en agua, a él se le aplicaría el concepto soluble si y sólo si el objeto se disolviera). Por último, Carnap (1956) liberaliza aún más el modo de introducir nuevos conceptos: junto a las definiciones y a los enunciados reductivos, acepta que ciertos conceptos (los ahora denominados “teóricos”) sean introducidos mediante postulados (o axiomas) y reglas de correspondencia, llegando así a la versión final de la concepción clásica de las teorías. (Previamente a aceptar este nuevo modo de introducir conceptos, Carnap 1939 considera a los conceptos que pasaría luego a llamar “teóricos” como distinguiéndose de los “observacionales” sólo por su mayor “grado de abstracción”).

Si consideráramos ahora los aspectos distinguidos con anterioridad en la elucidación del concepto de teoría, diríamos en resumen que, para la concepción clásica (en la versión presentada de Carnap), la parte (más) “teórica” o “formalismo” está constituido por el *sistema axiomático formal* o “cálculo”, que la parte (más) “empírica”, “aplicativa” o “contrastacional” viene dada por *enunciados observacionales puros* – que sólo contienen términos descriptivos *observacionales*– y la relación entre “teoría” y “experiencia” es establecida a través de medios lingüísticos, las llamadas *reglas de correspondencia*, en tanto que la *teoría*, o *cálculo interpretado*, consiste en la conjunción de todos los *axiomas* y de todas las *reglas de correspondencia T & C*.

El principal representante de la concepción clásica de las teorías científicas en biología durante el tiempo que va desde comienzos de los años treinta hasta fines de los años cincuenta fue Joseph Henry Woodger, quien, luego de haber publicado un importante libro sobre filosofía de la biología (Woodger 1929) en la tradición de la filosofía analítica del Cambridge de ese tiempo, entró en contacto con el positivismo lógico, abrazando desde entonces la filosofía de la ciencia proveniente de él, aplicándola y desarrollándola para el campo específico de la biología (Woodger 1937, 1939, 1952, 1959). Una continuación de la obra de Woodger en el ámbito de la genética la encontramos en H. Kyburg (1968), A. Lindenmayer y N. Simon (1980) y M. Rizzotti y A. Zanardo (1986).

Pasando ahora al campo de la biología evolutiva, se suele sostener (Thompson 1989) que los dos intentos más explícitos y detallados de proveer un análisis de la teoría de la evolución dentro de la concepción clásica son el esbozo de Michael Ruse (1973) de la estructura axiomática de la genética de poblaciones –que, según afirma, constituye el núcleo de la teoría de la evolución– y la axiomatización de Mary Williams (1970) de la teoría de la selección natural.²⁰ Aquí también debiéramos mencionar los análisis de la teoría evolutiva realizados por dos de las figuras fundacionales y con mayor ascendencia de la filosofía de la ciencia en la Argentina, Mario Bunge y Gregorio Klimovsky, en términos de la concepción clásica, entendiendo a las teorías como sistemas hipotético-deductivos consistentes en un conjunto de hipótesis de partida, fundamentales, o principios, y todas sus consecuencias lógicas (que incluyen las hipótesis derivadas y las consecuencias observacionales) (Klimovsky 1994), o como conjuntos de proposiciones cerrados bajo deducción (Bunge & Mahner 1997).

Respecto de la adecuación general de la concepción clásica para el análisis de las teorías biológicas, se podría decir que, mientras que dentro de los científicos, C. H. Waddington (1968-72) también promocionó y empleó dicha concepción, entre los filósofos, y a pesar de los esfuerzos reseñados, la opinión acerca de la aplicabilidad de esta concepción a la biología se encontraba dividida (para posiciones que van desde el abierto rechazo hasta su aceptación en general o con distintos grados de salvedades y sutilezas, ver p.e. Beckner 1959, Goudge 1961, 1967, Ruse 1973, Rosenberg 1985, Hull 1974).

La concepción clásica de las teorías se ve sometida, ya desde los años cincuenta, a una serie de críticas que hacen, en definitiva, dudar de su adecuación y buscar otras alternativas (Toulmin 1953, Suppes 1954, Hanson 1958). Es por ello que, en vez de continuar con la discusión específica acerca de la adecuación de la concepción clásica para el análisis de las teorías biológicas, pasaremos a discutir las dificultades que en general se le han planteado a dicha concepción, de modo tal de justificar y motivar el desarrollo y exposición, primero de la concepción histórica de las teorías, y luego de la gran alternativa a, y sucesora de, la concepción clásica de las teorías, a saber: la denominada “concepción semántica de las teorías científicas”.

Aquí sólo mencionaremos algunas de las más importantes, sin detenernos en su consideración pormenorizada. En relación con la propuesta de reconstruir las teorías científicas como sistemas axiomáticos hilbertianos en un lenguaje formal, la lógica de primer orden, se afirma de naturaleza altamente esquemática y que no existe prácticamente (con la posible excepción de Montague 1974, basado a su vez en McKinsey, Sugar & Suppes 1953)²¹ un ejemplo sustantivo de una teoría trabajada

²⁰ Para una evaluación, con revisión de críticas, tanto de la obra de Woodger y sus continuadores como del trabajo de Ruse y Williams, remitimos al lector a Lorenzano (2011).

²¹ Ver, también, Carnap (1958).

como un cálculo lógico, debido a que no hay un modo simple o elegante de incluir como parte suya la gran cantidad de matemáticas presupuesta en muchas de las teorías pertenecientes a las ciencias empíricas en una formalización estándar que sólo asume el aparato de la lógica de enunciados y de predicados que valen para un solo tipo de objetos (Suppes 1954, 1957, Moulines & Sneed 1979, Stegmüller 1979a, Díez & Lorenzano 2002). Y que esta problemática permanece aun cuando se liberalice la exigencia de axiomatizar las teorías empíricas dentro del lenguaje de la lógica de primer orden y se proponga hacerlo dentro de cualquier otro lenguaje formal. Además, es metateóricamente insatisfactorio *identificar* una teoría *con* una serie de enunciados (oraciones o proposiciones), los axiomas. Según esta concepción, una teoría *es* una clase de axiomas, y si nos tomamos eso en serio ello implica que *toda* diferencia en axiomas supone una diferencia *de* teorías. Puesto que dos axiomatizaciones diferentes son dos diferentes clases de enunciados (oraciones o proposiciones), tenemos dos teorías diferentes. Pero esto va en contra de uno de los importantes resultados de la concepción moderna de la axiomática, pues podemos tener dos axiomatizaciones diferentes de, intuitivamente, “la misma teoría”; de este modo, parece intuitivamente razonable que pueda haber axiomatizaciones diferentes de una misma teoría. Si eso es así, una teoría no puede *ser* un conjunto de axiomas, no se representa metateóricamente de forma satisfactoria *identificándola* con un conjunto tal. Enfrentando esta dificultad, en muchas presentaciones de la concepción clásica se dice que una teoría es el conjunto de afirmaciones primitivas *más todas sus consecuencias*. Pero, si se mantiene un papel esencial para los axiomas, eso no resuelve el problema, ya que aun si incluimos la referencia explícita a las consecuencias, dos conjuntos diferentes de axiomas-junto-con-sus-consecuencias siguen siendo entidades diferentes, aunque las consecuencias sean las mismas, pues simplemente los conjuntos de axiomas son diferentes. La única posibilidad es prescindir totalmente, en la individualización de las teorías, de la referencia a los axiomas, identificando la teoría simplemente con el conjunto de las consecuencias. Sin embargo, así planteada, esta opción se compadece mal con el “axiomatismo” que inspiraba a la concepción clásica. Pues apelar a las consecuencias es apelar implícitamente a los modelos, ya que la elucidación más difundida y satisfactoria hasta ahora de la noción de consecuencia lógica (semántica) se basa en la noción de modelo (Tarski 1936): un enunciado es consecuencia de otros si todos los modelos de éstos son modelos de aquél. Así, la noción de consecuencia introduce subrepticamente la de modelo. Por tanto, si queremos expresar la idea de que mediante axiomas diferentes podemos representar la misma teoría, debemos hacer necesariamente referencia, explícita o implícitamente, a los modelos. Si es así, lo mejor y más clarificador es hacerlo desde el comienzo: una teoría se caracteriza por determinar una clase de modelos, y su identidad está vinculada a tal clase. En parte, la concepción semántica –que veremos más adelante– consiste en expresar el núcleo de esta idea *de un modo adecuado*, un modo que no hace desempeñar a los enunciados un papel esencial en la identidad de las teorías.

Otro problema general con la concepción clásica en el que se vinculan el modo particular que se propone para representar la estructura interna de las teorías con la noción de interpretación es que el teorema de Löwenheim-Skolem implica la existencia de modelos no-intencionales de cualquier teoría formulada en un lenguaje de primer orden. Así, si las reglas de correspondencia *C* sólo definen y/o interpretan parcialmente a los términos teóricos de *T*, las interpretaciones permitidas por *T* no sólo incluyen las interpretaciones pretendidas o intencionales de *T*, sino también muchas interpretaciones no-pretendidas o no-intencionales y aun no-realistas de *T* (Putnam 1962). Estos modelos no-intencionales, a su vez, constituyen una fuente de contraejemplos potenciales (Suppe 1998). De hecho, en la práctica, seleccionamos precisamente los modelos pretendidos o intencionales (de no hacerlo, caeríamos en el problema de los modelos no-intencionales) y de ese modo podemos proceder directamente a la especificación de esos modelos sin el recurso a la axiomatización sintáctica (que, como veremos, es justamente lo que propone la concepción semántica de las teorías).

Hay otras dificultades planteadas al modo de concebir la semántica que complementarían la estructura interna de las teorías según la concepción clásica. Una de tales dificultades que se suele señalar es que la distinción de los términos descriptivos en teóricos y observacionales no puede ser establecida de modo satisfactorio (Achinstein 1965, 1968, Putnam 1962) de manera tal que marque

alguna diferencia filosófica o epistemológica significativa (Popper (1935, Hanson 1958, Kuhn [1962] 1970, Feyerabend 1970, 1975). Asimismo, también han sido sometidos a la crítica tanto el planteo general como el tratamiento específico de las reglas de correspondencia basados en la distinción teórico-observacional (Achinstein 1963, 1968, Putnam 1962, Schaffner 1969, Stegmüller 1970, Suppe 1972, Hempel 1973). En orden creciente de importancia, algunas de las objeciones planteadas son las siguientes: que no se investigó detenidamente qué condiciones de adecuación concretas deben satisfacer las reglas de correspondencia para poder cumplir su misión, a saber: interpretar parcialmente los términos teóricos; que la noción misma de interpretación parcial es completamente ambigua y no se puede formular con precisión de una manera que cumpla con los propósitos que le fueron asignados; y que las reglas de correspondencia no representan adecuadamente el modo en que las teorías se aplican a entidades “exteriores” que no son teorías (sugiriendo que un tratamiento adecuado o, al menos, *más* adecuado, debería abandonar las pretensiones de hacerlo de manera lingüística, por medio de enunciados).

La mayoría de las críticas a la concepción heredada provenían fundamentalmente de personas interesadas en la historia de la ciencia, que empezaron a ser conocidas bajo el nombre de *nuevos filósofos* de la ciencia, y de los que se suele decir que constituyen una verdadera revuelta contra la filosofía de la ciencia de la fase clásica, al extremo no sólo de acusarla de demasiado simplista, sino de insinuar hacer filosofía de la “ciencia-ficción” y no de la ciencia real tal como la practican o practicaron los científicos. Sin embargo, si se toma en cuenta la multiplicidad y variedad de posiciones sostenidas por los positivistas o empiristas lógicos, mayor aún que todo lo que fuera luego codificado en la concepción heredada, pero que incluso aquí nos encontramos ante una pluralidad de enfoques, sería mejor matizar dicha afirmación y caracterizar los cambios ocurridos en la filosofía de la ciencia durante los años sesenta antes bien como de *recuperación* o *profundización* de problemas tratados y de soluciones previamente avanzadas –como lo atestiguan ejemplarmente las obras de Neurath y Fleck, por mencionar sólo algunas de ellas²² más que de auténtica *revolución*. No obstante lo cual, habría que señalar que la incidencia de estos *nuevos filósofos* (entre los que se destacan Hanson 1958, 1971, Lakatos 1970, 1971, Feyerabend 1965, 1970, 1981, Toulmin 1961, 1972, Laudan 1977, y, especialmente, Kuhn [1962] 1970, 1969a, b, c, 1974, 1977) fue decisiva en este resurgimiento. La consideración de la perspectiva histórica o historicista que en general les caracteriza marca parte del desarrollo de la reflexión metacientífica posterior que, luego de un *impasse*, parece irse recuperando en los últimos años.

A la mayoría de los estudios y análisis diacrónicos, propios de estos filósofos de la ciencia, subyace, sin que impliquen en sentido estricto, una nueva concepción acerca de la naturaleza y estructura sincrónica de las teorías científicas, que se supone más apegada a la práctica científica tal como la historia nos la presenta. Esta nueva noción, propuesta en virtud de que las “reconstrucciones tradicionales son al mismo tiempo demasiado ricas y demasiado pobres para representar lo que los científicos tienen en la mente cuando hablan de su adhesión a una teoría particular” (Kuhn 1974, p. 501), es a la que los nuevos filósofos se refieren con variada terminología: *patrones de descubrimiento* en Hanson, *paradigma o ideal de orden natural* en Toulmin, *paradigma y matriz disciplinar* en Kuhn, *programa de investigación* en Lakatos, *tradición de investigación* en Laudan. Todos ellos comparten algunas ideas básicas centrales que serán entendidas de distintas maneras específicas por cada uno de ellos. De manera general, podríamos decir que, según esta nueva concepción, las teorías científicas –o como ellos las llamen ahora– no son enunciados (oraciones o proposiciones) o secuencias de enunciados (oraciones o proposiciones) y en un sentido propio no pueden calificarse de verdaderas o falsas, aunque con ellas sí se realicen afirmaciones empíricas verdaderas o falsas, sino que son entidades sumamente complejas y dúctiles, susceptibles de evolucionar en el tiempo sin perder su identidad. Además, las teorías científicas tienen –como ya habíamos señalado para toda concepción metateórica general y para el caso especial de la concepción clásica–, al menos, un componente formal, teórico o conceptual (las leyes o hipótesis) y otro empírico o aplicativo (los sistemas a los que se pretende aplicar), los cuales son concebidos, y denominados, de maneras diversas, dependiendo del autor considerado. Asimismo, cierta parte de cada uno de los

²² Ver, entre otras obras, Neurath (1913, 1921, 1934, 1935), Fleck (1935, 1936, 1946, 1947).

componentes de las teorías científicas se considera intocable por decisión metodológica, teniendo las teorías partes “esenciales” y partes “accidentales” y diversos niveles de “empiricidad” –de modo que el aparato “formal” se articula en niveles progresivamente cada vez más específicos o restrictivos, que da cuenta de situaciones empíricas también específicas (denominando a veces “teoría” a estos desarrollos concretos del formalismo, p.e., la teoría de los osciladores armónicos)– y llevando asociadas normas, valores o simplemente indicaciones, metodológicas y evaluativas, algunas de ellas fuertemente dependientes del contexto.

Sin lugar a dudas, la versión de la concepción histórica de las teorías más conocida y difundida es la que proporciona Thomas S. Kuhn, fundamentalmente en su libro *La estructura de las revoluciones científicas*, auténtico *best seller* en el ámbito de la reflexión filosófica sobre la ciencia y su historia (Kuhn [1962] 1970) y su libro más famoso y con mayor impacto en la filosofía contemporánea de la ciencia. Sin embargo, la noción de “paradigma”, introducida por Kuhn en 1959 (Kuhn 1959) y que jugara un papel central en su obra de 1962, fue criticada por su vaguedad y ambigüedad desde las primeras reacciones a dicho libro (Shapere 1964), llegando incluso a señalarse “no menos de veintiún diferentes sentidos [...], posiblemente más, no menos” (Masterson 1970, p. 61), si bien reconociendo que “no todos [ellos] son inconsistentes entre sí” (Masterson 1970, p. 65). Kuhn mismo admite la imprecisión y equivocidad de su noción central.²³ Por ello, en 1969 escribe tres trabajos (Kuhn 1969a, b, c) –siendo el más conocido el que fuera publicado como “Epílogo 1969” a la segunda edición de *La estructura* publicada en 1970–, a lo que les suma la “Discusión” (publicada en 1974), con la finalidad de aclarar algunos de los puntos de vista desarrollados en ese libro, entre otros su concepción acerca de los paradigmas.²⁴ En su intento de elucidar el concepto de paradigma, dice haber estado utilizando el término “paradigma” básicamente en dos sentidos distintos: 1) “como constelación de creencias, valores, técnicas y demás, compartidos por los miembros de una comunidad dada” (p. 292), y 2) como “soluciones concretas a rompecabezas²⁵ que, usadas como modelos o ejemplos, pueden sustituir a las reglas explícitas como base para la solución de los restantes rompecabezas de la ciencia normal” (p. 292).²⁶ Y es al primero de los sentidos, que incluye al segundo (el “sentido original del término”) como uno de sus componentes, al que, para eliminar la ambigüedad, denomina “matriz disciplinar”, en tanto que al segundo lo denomina “ejemplar” (también “ejemplo compartido” y “ejemplo paradigmático”). Una matriz disciplinar –que resulta ser el equivalente kuhniano de la noción clásica de teoría– está formada por *generalizaciones simbólicas* –el equivalente a las leyes más generales o fundamentales de la concepción clásica, pero que en su planteo son, más bien, esquemas de ley (o formas esquemáticas o esbozos de ley o de generalizaciones), que los científicos no discuten, y que se encuentran formalizadas o son fácilmente formalizables y actúan en parte como definiciones y en parte como leyes, estableciendo las relaciones más generales entre las entidades que pueblan el campo investigado–; *modelos ontológicos* o *heurísticos* –constituyendo los primeros las “partes metafísicas” de la matriz disciplinar que expresan sus compromisos ontológicos, en tanto que los segundos dan al grupo sus analogías y metáforas preferidas o permisibles, permitiendo visualizar y hacer más comprensible el comportamiento de las entidades que pueblan el campo investigado–; *valores metodológicos* –como los que indican que los resultados deben ser exactos o no exceder cierto margen de error, o que las

²³ Es así que afirma: “*Paradigma* era una palabra perfecta hasta que yo la estropecé” (Kuhn 1997, p. 298), ya que

[h]abiendo empezado sencillamente como soluciones a problemas selectos, su alcance se amplió hasta incluir, primero, los libros clásicos en que aparecieron por primera vez estos ejemplos aceptados y, por último, el conjunto total de compromisos compartidos por los miembros de una determinada comunidad científica. [...] Admito, pues, que he hecho las cosas innecesariamente difíciles para muchos lectores (Kuhn 1977, pp. xix-xx).

²⁴ Kuhn mismo (1974, n. 2, p. 500) nos cuenta que, aunque “Segundos pensamientos” (Kuhn 1969a) fue el primero de los tres en ser escrito, fue el último en salir publicado. Por otro lado, Suppe (1974b, n. 1, p. 500) aclara que, tanto el comentario que él hace a “Segundos pensamientos” como la respuesta de Kuhn (1974), fueron reescritos para ser publicados a partir de lo presentado en el Simposio recogido en Suppe (1974b).

²⁵ Kuhn denomina “rompecabezas” (“*puzzles*”) a aquellos problemas que se asume tienen solución asegurada dentro del “paradigma” (en esta acepción del término como “conjunto total de compromisos compartidos por los miembros de una determinada comunidad científica”), e.e. que debieran poder resolverse por medio de la utilización del “paradigma”.

²⁶ Como se ve, aquí Kuhn deja de lado el sentido de paradigma como “los libros clásicos en que aparecieron por primera vez estos ejemplos aceptados”.

matrices disciplinares deben permitir la formulación y solución de rompecabezas, además de ser sencillas, coherentes y compatibles con otras matrices disciplinares sostenidas habitualmente–; y, por último, el cuarto componente, al que considera el aspecto más original y menos comprendido de su libro, los ya mencionados *ejemplares* (*ejemplos compartidos* o *paradigmáticos*).

Asimismo, debemos reconocer que los esfuerzos de Kuhn por elucidar el concepto de paradigma y de sustituir el término, en sus dos sentidos básicos, por los de “matriz disciplinar” y “ejemplar”, no tuvieron todo el éxito deseado, ya que, incluso en la actualidad, se continúa utilizando el término “paradigma” y en sentidos y contextos (aun coloquiales) que exceden, y en mucho, a aquellos en los que lo utilizaba el propio Kuhn. Probablemente por esta razón es que en Kuhn encontramos un abandono gradual del término “paradigma”, “aunque no del concepto que llevó a su introducción” (Kuhn 1969a, p. 482), en favor del término “teoría”. Este abandono gradual continúa en el siguiente artículo relevante para este tema, “Notes on Lakatos” (Kuhn 1971), y se completa en el trabajo “Objectivity, Value Judgment, and Theory Choice”, presentado en 1973, pero recién publicado en Kuhn (1977). Esto, como señalamos, no significa que Kuhn abandone el *concepto* de paradigma, sino sólo el término. Por otro lado, que utilice el término “teoría” tampoco significa que acepte el concepto tradicional de teoría.²⁷ De hecho, Kuhn es muy explícito en su rechazo de la “concepción heredada” de las teorías²⁸ y en el planteo de una concepción alternativa, aunque incipiente y poco desarrollada: “Una teoría consta, entre otras cosas, de generalizaciones verbales y simbólicas *junto con* ejemplos de su función en uso” (Kuhn 1974, p. 501).²⁹

De este modo, diríamos que, para Kuhn, entonces, la parte (más) “teórica” o “formal” de las teorías (paradigmas/matrices disciplinares) está constituida por las *generalizaciones* (verbales y) *simbólicas*, en tanto que la parte (más) “empírica” o “aplicativa” viene dada por los *ejemplares*. Por otro lado, el vínculo entre ambas partes lo establecen aquello que Kuhn denomina “*versiones especiales* (o *apropiadas*)”, “*formas* (o *versiones* o *expresiones*) *simbólicas particulares* (o *detalladas*)”, que adquieren las generalizaciones simbólicas para poder ser aplicadas a problemas (situaciones, fenómenos) particulares. Y si bien Kuhn no elabora en detalle cuál es la relación que hay entre las generalizaciones simbólicas y sus formas particulares, deja muy en claro que ésta *no* es una *relación* lógica *deductiva*.³⁰

En cuanto a la aplicación de las concepciones kuhnianas al ámbito de la biología, ya encontramos menciones a Darwin en Kuhn ([1962] 1970), en su planteo contra la comprensión de la historia de la ciencia en términos de desarrollo teleológico hacia la verdad (Kuhn [1962] 1970, p. 172) y como ejemplo de una de las “grandes revoluciones” (Kuhn [1962] 1970, p. 180), y al *Origen de las especies* (Darwin 1958) como uno de “los libros clásicos en que aparecieron por primera vez estos ejemplos aceptados” (Kuhn [1962] 1970, p. 20). Sin embargo, no se ve en él un uso y aplicación sistemáticos de

²⁷ De hecho, Kuhn mismo, sin demasiada consistencia, también utiliza el término “teoría” en Kuhn ([1962] 1970) e incluso en Kuhn (1969a, b, c, 1974) –junto con expresiones como “elección de teoría”, “teorías rivales”, “teorías sucesivas”, “teorías inconmensurables”–, aunque en el sentido de paradigma/matriz disciplinar, tal como lo aclara en la discusión de su Kuhn (1969a):

En cuanto a las entidades, exceptuando las relaciones de semejanza, me ocupo sólo de la lista estándar, pero digo cosas distintas acerca de ellas. Respecto de la ‘matriz disciplinar’, en particular, me alegraría ser capaz de sustituirla por el término estándar ‘teoría’. Ante un auditorio compuesto menos exclusivamente por filósofos, podría haberlo hecho así. Mi tesis hubiese sido entonces que los elementos que constituyen la teoría compartida por los practicantes de una especialidad dada no pueden estar totalmente representados por secuencias verbales y simbólicas. (Kuhn 1974, p. 500)

²⁸ A la cita anterior de Kuhn (1974, p. 501) en ese sentido, podríamos sumarle, entre otras, la siguiente: “La analogía entre una teoría científica y un sistema matemático puro ha sido ampliamente explotada en la filosofía de la ciencia del siglo XX y ha sido responsable de algunos resultados sumamente interesantes. Pero es sólo una analogía y puede por eso ser engañosa” (Kuhn 1969a, pp. 464-465).

²⁹ En Kuhn (1969b, c) se señalan cuatro componentes de los paradigmas/matrices disciplinares, en tanto que en Kuhn (1969a) –como recordamos, escrito antes, pero publicado después que los otros dos– se señalan sólo tres, a saber: generalizaciones simbólicas, modelos y ejemplares, y no valores metodológicos. Por otro lado, mientras que considera (y con razón) que los valores pueden ser “*trans-paradigmáticos*”, o sea, ser compartidos por miembros de comunidades científicas que trabajan dentro de distintos paradigmas/matrices disciplinares, esto no parece pueda ocurrir con los otros componentes. Por último, en Kuhn (1974) se destacan, dentro de los componentes de los paradigmas/matrices disciplinares, las generalizaciones simbólicas y los ejemplares.

³⁰ Ver p.e. Kuhn (1969a, p. 465):

Aunque las expresiones simbólicas no interpretadas son el patrimonio común de los miembros de una comunidad científica y a pesar de que tales expresiones son las que proporcionan al grupo acceso a la lógica y a las matemáticas, no es a la generalización compartida a la que se aplican estos instrumentos, sino a una u otra versión especial de ella.

las nociones de paradigma/matriz disciplinar en el análisis de casos particulares pertenecientes al ámbito de la biología,³¹ pero sí una discusión acerca de si tuvo lugar o no una revolución científica – aunque está claro que la noción misma de revolución científica presupone la noción de paradigma/matriz disciplinar, ya que “aquí consideramos como revoluciones científicas aquellos episodios de desarrollo no acumulativo en los que un *paradigma* antiguo se ve *sustituido en todo o en parte por otro* nuevo incompatible con él” (Kuhn [1962] 1970, p. 92; énfasis nuestro)–. Y lo mismo podemos decir sobre los demás historiadores y filósofos de la ciencia en general o de la biología en particular,³² quienes, aun cuando mencionan otros casos como el de Gregor Mendel y la genética (Cohen 1985), se concentran principalmente en la discusión de, para decirlo con Mayr (1972), “la naturaleza de la revolución darwinista”.³³ Por otro lado, debiéramos destacar que la noción de paradigma que eventualmente más fructífera han encontrado historiadores y filósofos de la biología para llevar a cabo sus análisis es la de “ejemplar”, ya sea sosteniendo que las teorías de las ciencias biológicas (y/o biomédicas) poseen una estructura particular distinta a la de las teorías físicas (Schaffner 1980, 1986, Darden 1991) o considerando que no es así, si se las analiza en el marco de alguna versión de la concepción semántica de las teorías (Schaffner 1993, Lorenzano 2007a, 2008a, 2012).³⁴

Por último, quisiéramos mencionar que –como ya señaláramos para el caso de Kuhn, y pudiendo hacerlo extensivo a los demás filósofos históricos de la ciencia– la nueva noción de teoría que proponen es imprecisa, en ocasiones de modo tan extremo que termina por desdibujar casi en su totalidad lo que parecen intuiciones correctas. Es así que gran parte de las polémicas que surgieron tras la aparición en el panorama de los nuevos filósofos fueron generadas por la imprecisión y equívocidad de algunas de sus nociones centrales. Pero recordemos que el principal motivo de los positivistas o empiristas lógicos para desarrollar una filosofía formal de la ciencia era justamente evitar un discurso metacientífico vago e impreciso. Sin embargo, muchos de los filósofos de la ciencia seguidores de la perspectiva historicista concluyeron que la complejidad y riqueza de los elementos involucrados en la ciencia escapa a cualquier intento de formalización. Algunos llegaron a considerar no sólo que las formalizaciones como las realizadas en la concepción heredada eran totalmente inadecuadas para expresar estas entidades en toda su complejidad, sino que no parecía razonable esperar que ningún otro procedimiento de análisis formal representara los elementos mínimos de esta nueva caracterización. Por otro lado, algunas de las figuras centrales de esta perspectiva objetaban, antes bien, el uso que se le daba al formalismo usual en la filosofía clásica de la ciencia más que al uso de formalismos en general.³⁵ Y, más aún, su nueva noción de teoría puede relacionarse fácilmente con la concepción

³¹ Algo similar puede decirse acerca de la consideración por parte de Laudan del “darwinismo” como una tradición de investigación.

³² Una notable excepción, aunque en el campo de la bioquímica y en una versión “estructuralizada” –o sea, pasada por el tamiz de la concepción estructuralista de las teorías, a la que nos referiremos más adelante–, la constituye Lorenzano, C. (1994).

³³ Sobre las polémicas en torno de las ideas y la revolución darwinianas, ver, entre otras obras, Ghiselin (1969, 2005), Hull (1973, 1985), Greene (1971), Mayr (1972, 1977, 1988, 1990), Ruse (1979, 1982, 2009), Oldroyd (1980), Wuketits (1987), Bowler (1988), Burian (1989), Levine (1992), Steffoff (1996), Proctor (1998), Junker & Hossfeld (2001), Herbert (2005), Hodge (2005), Smocovitis (2005). Incluso antes de los planteos de Kuhn ya hay autores que se refieren a la “revolución darwiniana” (Judd 1912, Himmelfarb 1959). A veces (Maienschein, Rainger & Benson 1981, 1991), incluso aceptándose el carácter revolucionario del trabajo de Darwin, se cuestiona que éste haya implicado una ruptura “radical” o “total” o “absoluta”, ya que pueden señalarse tanto discontinuidades como continuidades –lo cual es perfectamente compatible con el pensamiento de Kuhn, según se desprende de la anterior cita sobre la naturaleza de las revoluciones científicas–, al mismo tiempo que la dificultad para decir, en términos de “paradigmas”/“matrices disciplinares”, en qué consistió dicho cambio –lo cual muestra, a nuestro entender, que no se posee una noción satisfactoria de “teoría”/“paradigma”/“matriz disciplinar”, con criterios claros de identidad–.

³⁴ Aun cuando no haya constituido un ámbito especialmente privilegiado, la biología no ha resultado del todo ajena a la utilización del concepto de programa de investigación en sus análisis. Así, p.e., es utilizado por Michod (1981) para analizar la historia de la genética de poblaciones, por Meijer (1983), Van Balen (1986, 1987), Martins (2002) y Lorenzano (2006a, 2013a) para el análisis de la historia de la llamada “genética clásica”, “formal” o “mendeliana”, y por Denegri (2008) para analizar la parasitología.

³⁵ Por ejemplo, Kuhn, quien lee muy cuidadosamente el libro de Stegmüller de 1973 *Theorienstrukturen und Theoriendynamik (Estructura y dinámica de teorías)* (Kuhn [1997] 2000, p. 318), en donde se presentan y desarrollan, haciendo uso de lógica de primer y segundo orden, teoría de conjuntos y de modelos, las ideas seminales del estructuralismo metateórico contenidas en Sneed (1971), comienza una correspondencia con él, en donde le escribe, entre otras cosas:

Contrariamente a una impresión popular, no soy un enemigo del formalismo. (¿Podría cualquiera entrenado como físico teórico realmente asumir tal posición?) Más bien, he objetado al tipo de formalismo que se ha aplicado en extenso en la filosofía de la ciencia, y no tenía noción de cómo encontrar un sustituto para él. Pienso que la respuesta que proveen Ud. y Sneed puede llenar la fisura que he sentido durante mucho tiempo (Kuhn 14 de agosto de 1974, carta a Stegmüller).

semántica de las teorías, en especial en su versión estructuralista, encontrando allí un desarrollo y precisión ulteriores (ver, p.e., Kuhn 1976, 1993a, b, [1997] 2000).³⁶

Pasando entonces ahora a la noción de teoría característica de la *filosofía contemporánea de la ciencia*, denominada *concepción semántica de las teorías* (también llamada *modelo-teórica*, *semanticista* o *modelista*), podemos rastrear sus orígenes en los trabajos realizados durante los años 1920 y 1930 por Hermann Weyl (1927, 1928), Johann von Neumann (1932) y Garrett Birkhoff (Birkhoff & von Neumann 1936) relacionados con los fundamentos de la mecánica cuántica. Estos esfuerzos pioneros fueron seguidos por los hechos en el mismo campo por Evert W. Beth (1948a, 1948b, 1949, 1960), que retoma y desarrolla los análisis de Weyl, y por el trabajo fundamental de Patrick Suppes (1957, 1962, 1969, 1970, 2002, McKinsey, Sugar & Suppes 1953) sobre la reconstrucción de teorías físicas, mediante la utilización de métodos conjuntistas que aprendió de su tutor posdoctoral, John Charles Chenoweth McKinsey, y de Alfred Tarski. Sin embargo, fue recién a partir de los años 1970, con el énfasis puesto en los modelos por autores como Bas van Fraassen (1970, 1972, 1980, 1987, 1989), Frederick Suppe (1967, 1972, 1989), Joseph D. Sneed (1971, Balzer, Moulines & Sneed 1987, Balzer, Moulines & Sneed 2000) y otros, que la metodología planteada se empieza a ver no sólo como una cómoda técnica para axiomatizar teorías empíricas, sino también como una nueva caracterización de las teorías científicas y, eventualmente, como una base muy importante para discutir otros problemas filosóficos de la ciencia.³⁷

O incluso Feyerabend, quien escribe una reseña del mencionado libro de Stegmüller, aparecida en *The British Journal for the Philosophy of Science* (Feyerabend 1977), y que diera lugar a la réplica aclaratoria de Stegmüller que se terminaría convirtiendo en el libro *The Structuralist View of Theories (La concepción estructuralista de las teorías)* (Stegmüller 1979). En dicha reseña se lee:

Stegmueller compara el trabajo del reconstruccionista con el trabajo del científico (p. 7). El científico quiere dar cuenta del mundo y, al hacerlo, crea conocimiento. El filósofo de la ciencia/epistemólogo quiere dar cuenta de ese conocimiento y, al hacerlo, crea una 'segunda (capa de) racionalización' (p. 7) incluyendo lógica formal, lógica inductiva, reconstrucciones. El trabajo de Aristóteles, dice Stegmüller (p. 305), es un excelente ejemplo de investigación del segundo tipo.

Contrario ahora a lo que parece creer Stegmüller, no tengo ninguna objeción a cualquiera que haga trabajo de este tipo; pero tengo una serie de críticas, no a la empresa misma, sino a varias características de ella que han llegado a ser más bien prominentes en las pocas décadas pasadas (Feyerabend 1977, p. 362).

Y, en el mismo sentido, Feyerabend le escribe a Stegmüller, en una postal, sin fecha, pero con sello de correo del 2 de febrero de 1978: "Su libro ha cambiado mucho, y casi completamente eliminado, mis prejuicios en contra de una lógica de las ciencias".

³⁶ Kuhn es muy explícito al respecto. En su alocución introductoria a la "Presidential Address" de su sucesor en el cargo en la Philosophy of Science Association, Bas van Fraassen, afirma: "Lo que nos une a Bas y a mí es un profundo compromiso con la concepción modelo-teórica o semántica de las teorías" (Kuhn 1993a, p. 3). Enfatizando luego esa aseveración: "Con respecto a la concepción semántica de las teorías, mi posición se parece a la de M. Jourdain, el *burgués gentilhombre* de Molière, quien descubrió a mediana edad que había estado hablando en prosa toda su vida" (Kuhn 1993a, p. 3), para pasar a contar las circunstancias que lo llevaron a asumir dicha posición (y que reafirma y complementa lo expresado a Stegmüller en intercambio epistolar, así como en su participación en el simposio realizado en el marco del *Fifth International Congress of Logic, Methodology and Philosophy of Science*, London, Ontario, Canadá, 1975):

Lo que forzó ese descubrimiento en mí, fue la versión original alemana de *Structure and Dynamics of Theories* de Wolfgang Stegmüller [...] desde temprano en el libro, desarrollé una convicción continua creciente de que, a diferencia de la axiomatización Hilbertiana, la manera modelo-teórica de formalizar teorías científicas producía algo reconocible del tipo de lo que los científicos aprenden y usan como base para su práctica. Pensaba que realmente proveía una base para la reconstrucción racional.

Esa convicción alcanzó un clímax resonante cuando me encontré con la discusión de Stegmüller de los paradigmas, una noción que él encontró debidamente oscura, pero que argumentó persuasivamente que probablemente debería ser construida como modelos para una estructura conjuntista. Pensé que su discusión captaba lo que yo tenía en la mente mejor que cualquier otra que hubiera visto.

Me dio desde el comienzo un importante nuevo modo de mirar mi propio trabajo y ha continuado desde entonces influenciando el modo en que lo formulo. (Kuhn 1993a, p. 4)

Para el reconocimiento de la influencia ejercida por la concepción estructuralista en el pensamiento de Kuhn - quien estuvo convencido de su gran valor hasta el fin de su vida (Kuhn [1997] 2000, p. 318 y ss.)-, ver Kuhn ([1981] 1987, pp. 21-22 n. 2, 1989, pp. 17-18 n. 15, 1990, pp. 316 n. 13).

³⁷ Así, mientras que en el "Afterword" a la segunda edición del libro *The Structure of Scientific Theories* Suppe afirmaba que "[l]a concepción semántica de las teorías [...] es el único candidato serio a emerger como reemplazo al análisis de la Concepción Heredada de las teorías" (Suppe 1977, p. 709), un poco más de veinte años después sostenía que "[l]a Concepción Semántica de las Teorías es hoy probablemente el análisis filosófico de la naturaleza de las teorías más extensamente sostenido entre los filósofos de la ciencia" (Suppe 1989, p. 3) y con el cambio de siglo todavía escribía que "[l]a Concepción Semántica ha tenido mucho éxito. Es ampliamente aceptada con notablemente poca crítica publicada sobre ella -ninguna fundamental o fatal" (Suppe 2000, S102). Esta impresión es compartida por otros autores, tales como Contessa (2006, p. 376: "En las últimas décadas, la concepción semántica ha reemplazado crecientemente a la concepción sintáctica como la nueva concepción heredada de las teorías") o Frigg (2006, p. 51: "Durante las últimas cuatro décadas, la concepción semántica ha llegado a ser la concepción ortodoxa acerca de los modelos y las teorías").

Esta nueva concepción sobre la naturaleza, estructura y función de las teorías científicas fue desarrollada de maneras específicas por diversos autores. Esos desarrollos particulares dieron lugar a diferentes variantes, versiones o enfoques, tales como la propuesta *basada en modelos* de Ronald N. Giere (1979, 1983, 1985, 1988, 1994), el enfoque de *estados de espacios* de Baas van Fraassen (1970, 1972, 1974, 1976, 1980, 1987, 1989, 1997, 2008), el enfoque de *estados de fases* de Frederick Suppe (1967, 1972, 1989), el enfoque de *estructuras parciales* de Newton C.A. Da Costa, Steven French, James Ladyman y Otávio Bueno (Da Costa & French 1990, 2003; Bueno 1997; French & Ladyman 1999), el enfoque propuesto por Roberto Torretti (1990), y muchas otras “versiones europeas”, tales como las de Maria Luisa Dalla Chiara y Giuliano Toraldo di Francia (Dalla Chiara & Toraldo di Francia 1973), en Italia, Marian Przełcki (1969) y Ryszard Wójcicki (1974), en Polonia, Günther Ludwig (1970, 1978) y Erhard Scheibe (1997, 1999, 2001), además de la *concepción estructuralista* de las teorías (también denominada “metateoría estructuralista” o “estructuralismo metateórico”), propuesta por Joseph D. Sneed (1971), en los Estados Unidos, y desarrollada luego por Wolfgang Stegmüller, C. Ulises Moulines y Wolfgang Balzer (Stegmüller 1973, 1979a, b, 1986; Moulines 1975, 1982, 1991; Balzer 1978, 1982, 1985; Balzer & Moulines 1996; Balzer, Moulines & Sneed 1987, 2000), en Alemania, y Daniel Blanco, María Caamaño, Mario Casanueva, Xavier de Donato, José Antonio Díez, José Luis Falguera, Lucía Federico, Adolfo García de la Sienra, Santiago Ginnobili, Adriana Gonzalo, Juan Manuel Jaramillo, César Lorenzano, Pablo Lorenzano, Diego Méndez, Mercedes O’Lery y Luis Miguel Peris-Viñé, entre otros, en Iberoamérica. Pero, a pesar de las notables diferencias entre estas diversas versiones semánticas, todas ellas comparten algunos importantes elementos generales que hacen posible incluirlas en una verdadera gran familia, la *familia semanticista* (Lorenzano 2013b, Moulines 2015, Ariza, Lorenzano & Adúriz-Bravo 2016).

La idea básica central, compartida por los distintos “miembros”, enfoques, variantes o versiones de dicha familia, es que los conceptos relativos a modelos son más provechosos para el análisis filosófico de las teorías científicas, de su naturaleza y funcionamiento, que los relativos a enunciados, e.e. que la naturaleza, función y estructura de las teorías se comprende mejor cuando su caracterización, análisis o reconstrucción metateórica se centra en los modelos que determina, no en un particular conjunto de axiomas o recursos lingüísticos mediante los que lo hace, aun cuando la determinación de los modelos se realice mediante una serie de principios o leyes, que definen una clase de modelos (clase a la que a veces se denomina “conjunto”, “colección”, “población” o “familia”). Un *modelo*, en su acepción informal mínima, es un sistema o estructura que pretende *representar*, de manera más o menos aproximada, una “porción de la realidad”, constituido por entidades de diverso tipo, que *realiza* una serie de afirmaciones, en el sentido de que en dicho sistema “ocurre lo que las afirmaciones dicen” o, más precisamente, las afirmaciones son verdaderas en dicho sistema. Por ejemplo, si tomamos la segunda ley de Newton, hay varios sistemas o “trozos de realidad” en los que es verdadera (por ejemplo, un cuerpo cayendo en la superficie terrestre, un planeta girando en torno al sol, un péndulo, etc.). Esta idea intuitiva se puede precisar de diversos modos, siendo el más usual el correspondiente a la teoría de modelos o semántica formal. Puesto que la noción de modelo es una noción fundamentalmente semántica (algo es modelo de una afirmación si la afirmación es *verdadera* de ello), y que su análisis más habitual lo efectúa la teoría de modelos (o semántica formal), se denomina *concepción semántica*, *modeloteórica*, *semanticista* o *modelista* a este nuevo enfoque que enfatiza la importancia de los modelos en el análisis de la ciencia; contrariamente, la concepción clásica es calificada de *sintáctica* por su caracterización de las teorías como conjuntos de enunciados y por su énfasis general en los aspectos lingüístico-sintácticos. Es importante comprender que esta opción no supone, ni pretende, prescindir de los enunciados (oraciones o proposiciones) o, en general, de ciertos recursos o incluso formulaciones lingüísticas; no pretende que los recursos de algún tipo, lingüísticos incluidos, sean superfluos para la caracterización metateórica de las teorías. Por supuesto que para determinar o definir una clase de modelos hace falta algún recurso o lenguaje. Nadie pretende negar tal cosa.³⁸ Pero, si bien la determinación de los modelos se realiza

³⁸ Por otro lado, en la caracterización que hicimos de la concepción *clásica* de las teorías no dejamos de señalar que, junto a los aspectos lingüístico-sintácticos, ésta también considera a los aspectos semánticos de las teorías. Por eso es que, para evitar confusiones al respecto,

mediante una serie de axiomas, la identidad de la teoría no depende de esos recursos específicos o esas formulaciones lingüísticas específicas. Si se quiere, los recursos o formulaciones lingüísticas son esenciales en el sentido (trivial) de ser uno de los medios necesarios para la determinación de los modelos (¿cómo sería de otro modo?), pero en el sentido verdaderamente importante no lo son, pues nada en la identidad de una teoría depende de que el recurso o formulación lingüística sea uno u otro.³⁹ Además, se supone que las teorías determinan los modelos para “dar cuenta de”, “representar”, “aplicarse a” o “modelizar”, adecuada o satisfactoriamente, ciertos “datos”, “fenómenos” o “experiencias” correspondientes a determinado ámbito de la “realidad”.

Las diversas versiones de la concepción semántica –que no comparten una serie de tesis filosóficas sustantivas (más que las generales relativas a la estructura y naturaleza de las teorías científicas), sino un modo y un marco en el que plantear los problemas filosóficos– pueden discrepar, entre otras cosas, en la naturaleza precisa de eso que denominan “modelos”, en el modo en que proponen identificar la clase de los modelos, en la manera en que conciben los fenómenos de los que pretende dar cuenta la teoría, en la relación específica que establecen entre los modelos y los fenómenos de los que pretende dar cuenta y en aquello que consideran son los componentes de las teorías. Y a partir de maneras particulares que hay de especificar estos aspectos, es que podemos caracterizar a uno o a otro de los miembros, enfoques, variantes o versiones de la familia semanticista.

Sólo atendiendo a tales cinco aspectos, caracterizaremos algunas de las versiones de dicha familia:⁴⁰

- 1) La *naturaleza* precisa de esas entidades a las que denominan *modelos* y cuya determinación identifica a una teoría:⁴¹ modelos en el *sentido de la semántica formal* o *teoría de modelos*, para Suppes, Da Costa *et al.* y la concepción estructuralista; de *trayectorias* o *puntos* en *espacios de estados* o *de fases*, para van Fraassen y Suppe; o de *modelo* en cualquier *sentido informal* aceptable del término, para Giere.
- 2) El *modo* en que proponen *identificar la clase* (conjunto, colección, población, familia) de los *modelos*: mediante la *definición* o introducción de un *predicado conjuntista*, para Suppes, Da Costa *et al.* y la concepción estructuralista; mediante la *caracterización de espacios de estados* o *de fases* gobernados por ciertas leyes, para van Fraassen y Suppe; o directamente *a través de los postulados, leyes y ecuaciones* que aparecen en los textos científicos, para Giere.
- 3) El *modo* en que conciben los *fenómenos* de los que pretende dar cuenta la teoría: como *modelos de datos*, para Suppes; como *subestructuras empíricas que representan fenómenos observables*, para van Fraassen; como *sistemas físicos* que funcionan como *datos duros* “*aprobemáticos*” para la teoría, para Suppe; como *estructuras parciales*, para Da Costa *et al.*; como *aplicaciones intencionales* formalmente representadas como “*modelos parciales*” en general y mediante “*estructuras o modelos de datos*” en particular, para la concepción estructuralista; como *sistemas reales*, para Giere.
- 4) La *relación* que establecen *entre los modelos y los fenómenos* de los que pretende dar cuenta: de *identidad* o de *isomorfismo*, en la versión Suppes-Adams⁴² y de van Fraassen (ya sea entre los

Moulines propone utilizar mejor la expresión “concepciones *semanticistas*” para referirse a aquellas concepciones tratadas ahora en las que los modelos tienen preeminencia, en lugar de “concepciones *semánticas*” (Moulines 2013, p. 204), aun cuando esta propuesta terminológica no haya sido generalmente adoptada.

³⁹ Van Fraassen (1989, p. 188):

De acuerdo con la concepción semántica, presentar una teoría es presentar una familia de modelos. Esta familia puede ser descrita de varios modos, mediante enunciados diferentes en lenguajes diferentes, y ninguna formulación lingüística tiene ningún estatuto privilegiado. Específicamente, no se atribuye ninguna importancia a la axiomatización como tal, e incluso la teoría puede no ser axiomatizable en ningún sentido no trivial.

⁴⁰ Debido a los cambios que pudieran haber tenido en estos aspectos los distintos enfoques a lo largo de sus propios desarrollos, vamos a caracterizarlos de acuerdo con sus presentaciones más conocidas o acabadas, apenas señalando algunas modificaciones en el cuarto de los aspectos.

⁴¹ Nótese que se dice “*identifica a una teoría*” y no “*se identifica con una teoría*”.

⁴² Con esta denominación nos referimos a aquella variante de la concepción semántica que adopta la posición básica de Suppes en el modo de entender a las teorías, identificando su parte “*teórica*”, e.e. sus modelos, mediante predicados conjuntistas, pero entendiendo a su

modelos y los fenómenos o entre una subestructura de aquéllos y aquella con la que se representan éstos); de *subsunción* (e.e. que los sistemas empíricos sean subsumibles (en un sentido que hay que precisar) bajo los modelos) en alguna otra versión Suppes-Adams y de van Fraassen, y en Suppe, Da Costa *et al.* y la concepción estructuralista; o de *similitud* (en un sentido que también hay que precisar), en Giere. Esos son los modos específicos propuestos de entender la relación que elucida las nociones pre-sistemáticas de “dar cuenta de”, “representar”, “aplicarse a” o “modelizar” adecuada o satisfactoriamente ciertos “datos”, “fenómenos” o “experiencias”, los sistemas a explicar (interpretar, predecir). O sea, que (los usuarios de) las teorías tienen la pretensión de que los sistemas empíricos se encuentran en esa relación con los modelos (que proponen), e.e. que los sistemas empíricos se comportan de acuerdo con lo establecido por la teoría, en particular, por sus modelos. Esta pretensión se hace explícita mediante un acto lingüístico o proposicional, mediante una *afirmación*. Esta afirmación es lo que el estructuralismo metateórico denomina la “aserción empírica” de la teoría y Giere y van Fraassen “hipótesis teórica”.

- 5) Cuáles *componentes* son considerados como *constituyentes de la identidad* de una teoría científica, además de la clase de los *modelos*, y cuáles, si bien señalados y eventualmente identificados, sólo son considerados asociados con una teoría tal: pertenecen a la identidad de las teorías los *modelos* (o *interpretaciones*) *pretendidos* (o *intencionales*) en la versión Suppes-Adams; o las *hipótesis teóricas* para Giere y van Fraassen –siendo así para ellos las teorías “entidades mixtas”, que contienen un componente no-lingüístico, aunque eventualmente identificable mediante formulaciones lingüísticas, los modelos, y uno lingüístico, las hipótesis teóricas–; o las clases de *modelos potenciales*, de *modelos parciales*, las *condiciones de ligadura* y los *vínculos interteóricos*, que conforman, junto a la clase de modelos, el llamado *núcleo* (o *núcleo teórico* o *formal*) –que constituye la identidad formal de cualquier teoría empírica con un cierto grado de complejidad–, además de las *aplicaciones intencionales* para la concepción estructuralista –siendo así (en una primera aproximación) el núcleo y las aplicaciones intencionales los componentes de las teorías, en tanto que la aserción empírica que se encuentra asociada a ellas expresa el vínculo entre ambos–.⁴³

parte “empírica” del modo en lo hace uno de sus discípulos, Ernest W. Adams (1955, 1959), como conjuntos de *interpretaciones* o *modelos pretendidos* o *intencionales* (*intended interpretations, intended models*).

⁴³ Asimismo, no quisiéramos dejar de señalar que, si bien en algunas presentaciones de las variantes de la familia semanticista, se da la impresión de una total prescindencia de la consideración de los aspectos lingüístico-sintácticos de las teorías, ya hemos mencionado la apelación que las concepciones semánticas hacen a nociones lingüísticas o notaciones de algún tipo, y así también a *sintácticas* (e.e. signicas). Además, si tenemos en cuenta la clásica distinción semiótica tripartita entre sintaxis, semántica y pragmática, habría que mencionar que algunas de ellas también se refieren explícitamente a los aspectos pragmáticos vinculados a las ciencias empíricas en general y al análisis que realizan de ellos en las teorías científicas en particular. En este sentido debiéramos destacar, dentro de las concepciones semánticas, al enfoque de estructuras parciales de Da Costa *et al.* y a la concepción estructuralista de las teorías. En particular, esta última, que no deja de reconocer la presencia de elementos irreductiblemente pragmáticos e históricamente relativos en el análisis de las teorías científicas. El estructuralismo metateórico hace esto en consonancia con la fase historicista de la filosofía de la ciencia –fase que es denominada “escuela histórico-sociológica” (Hempel 1979a, p. 48), “escuela histórico-socio-lógica” (Hempel 1979b, p. 291), “escuela histórico-pragmática” (Hempel 1979a, p. 58), “escuela pragmatista” (Hempel 1979b, p. 291), “comprensión histórico-pragmatista” de la investigación científica, de la cual Thomas Kuhn es el principal proponente” (Hempel 1981, p. 402) y que adopta el denominado “giro pragmático”, que hacia los años sesenta se hacía sentir en la filosofía analítica en general y aun en la filosofía clásica de la ciencia, “anomalía”, al tener que recurrir a elementos pragmáticos en el análisis formal de la explicación científica (para el caso de las explicaciones inductivo-estadísticas, cuyo tratamiento de su ambigüedad lleva a la introducción del concepto de situación de conocimiento relativizado a una persona y a un tiempo histórico) (Stegmüller 1983a, 1983b)– como bien lo atestigua la incorporación como uno de los componentes de las teorías científicas algo similar a lo que en la versión kuhniana se denomina “ejemplares”, las *aplicaciones intencionales*, sin ser éste el único (para un análisis los aspectos pragmáticos “agazapados” en las teorías científicas, ver Moulines 2002; debido a esta característica del estructuralismo metateórico, junto al intento por desarrollar una filosofía diacrónica sistemática de la ciencia, es que éste autor propone calificar a este enfoque más que de “enfoque semántico o modeloteórico sin más”, de “enfoque semántico-pragmático” (Moulines 2002, p. 114). Asimismo, aprovechamos para señalar aquí que, aunque hacia fines del siglo pasado, algunos autores pensaron que la filosofía de la ciencia debía ocuparse más de los factores que conducen a la formulación de teorías (o de los modelos) que de las teorías mismas, y, en general, debía ocuparse más de la práctica científica, buscando establecer así las bases conceptuales de una *filosofía de la práctica científica*, no hay ninguna necesidad en considerar que una filosofía de la ciencia centrada en el análisis de las prácticas científicas sea incompatible con una filosofía de la ciencia centrada en el análisis del conocimiento científico, en especial en el expresado en las teorías científicas. Y esto es así debido a que las teorías continúan siendo de central importancia para comprender (al

Considerando ahora los aspectos más generales en la elucidación del concepto de teoría –ya identificados en la concepción clásica (en la versión presentada de Carnap), por un lado, y en la concepción histórica (en la versión kuhniana), por el otro–, diríamos que, para la concepción semántica, en general, la parte (más) “teórica” (o “formal”) de una teoría estaría constituida (al menos) por *la clase* (conjunto, colección, población, familia) *de modelos*; la parte (más) “empírica” (“aplicativa” o “contrastacional”), por los “fenómenos” concebidos en alguna de las maneras indicadas en el ítem 3) anterior; y teniendo presente que, con excepción del caso de Giere, las demás versiones conciben la parte “teórica” y la “empírica” como sistemas o estructuras de cierto tipo, la relación entre ambas sería de una suerte de *morfismo*, por lo general más débil que el *isomorfismo*, tal como el *homomorfismo* –o de isomorfismo pero entre los sistemas o estructuras que representan los “fenómenos” y una parte de los sistemas o estructuras que representan los modelos (sea una estructura parcial o subestructura o aun una subestructura parcial de ellos)–, relación que suele denominarse “*subsunción*”.

En cuanto a la cualificación de “al menos” respecto de que la parte (más) “teórica” (o “formal”) de una teoría estaría constituida por la clase de modelos se debe a que, siendo la concepción estructuralista la que ofrece un análisis más detallado de la estructura fina de las teorías, permitiendo la identificación de una mayor cantidad de componentes de tal parte de ellas, en dicha concepción –como se señaló en el ítem 5) anterior–, y a diferencia de todas las demás versiones de la familia semanticista, no basta tener la clase de modelos para tener *toda* la parte (más) “teórica” (o “formal”), sino que también habría que identificar el “marco conceptual (total)” de la teoría (representado mediante la clase de modelos potenciales), el “marco conceptual independiente” de la teoría (representado mediante la clase de modelos parciales), las “conexiones intermodélicas *intrateóricas*” –e.e., entre los modelos de la teoría– (representados por las condiciones de ligadura) y las “conexiones intermodélicas *interteóricas*” –e.e. entre los modelos de la teoría en cuestión con otras teorías, vía una relación concepto-a-concepto– (representados por los vínculos interteóricos).

Además, habría que mencionar que, previo a “la” elucidación “del” concepto de teoría, el estructuralismo metateórico constata que la expresión “teoría científica” es ambigua, o mejor: polisémica, en su uso pre-sistemático. Lo cual significa que *no* hay *un* solo *concepto* de teoría a ser elucidado. A veces, significa solo una ley (como cuando se habla indistintamente de la *ley* de gravedad o de la *teoría* de la gravedad o gravitación universal). Este sentido no es elucidado por el concepto estructuralista de teoría, sino por el concepto estructuralista de ley. Otras veces, el uso de la expresión “teoría científica” corresponde a aquello que es elucidado mediante la noción estructuralista de *elemento teórico*. Un elemento teórico podría considerarse la porción más pequeña de la ciencia que parece poseer todas las características usualmente asociadas a las teorías, a saber, aquellas mencionadas en el ítem 5): *núcleo* (teórico o formal) y *aplicaciones intencionales*. En muchos casos, la idea detrás del uso del término “teoría” es aún más abarcadora. “Teoría” puede significar algo así como una serie completa de elementos teóricos interrelacionados, todos los cuales poseen “la misma estructura”. Estas entidades “más grandes” son denominadas *redes teóricas* y son la estructura impuesta por la relación de especialización (que no es idéntica a la relación de consecuencia lógica) sobre algún conjunto de elementos teóricos, al decir cuáles elementos teóricos son especializaciones de cuáles otros en ese conjunto. Esto refleja el hecho de que la mayoría de las teorías científicas tienen leyes de muy diferentes grados de generalidad dentro del mismo marco conceptual, llamándose, las más generales,

menos algunas de) las prácticas científicas específicas realizadas en (algunos de) los distintos contextos científicos, pues tales prácticas sólo adquieren sentido con respecto a algunas teorías particulares aceptadas y usadas por los científicos. Por otro lado, está claro que no toda las acciones o conductas en general, ni de los científicos en particular, son lingüísticas o verbales, y, por lo tanto, susceptibles de análisis semiótico vía pragmática. Pero, en la medida en que éstas sean realizadas de acuerdo con ciertas *reglas*, *normas* o *convenciones* (aun cuando no haya un *conocimiento* explícito o consciente de las reglas involucradas, sino sólo *tácito*, *implícito* o *inconsciente*), son susceptibles de ser *explicitadas*, incluso lingüísticamente. Y de este modo complementar el análisis de las teorías con una *pragmática* (de la ciencia) *ampliada*, una *teoría de la acción* (científica) –ya sea racional, individual, colectiva o social– o una *praxeología* (de la ciencia). (Para un análisis de estructuras no lingüísticas (ni habitualmente formuladas lingüísticamente), pero susceptibles de ser identificadas a través de (sí el lenguaje, pero, fundamentalmente de) la práctica científica, tornándola comprensible, es el realizado en Lorenzano 2006b, 2007b, c, de la teoría genética clásica y en Lorenzano 2008b, 2014 de la genética de poblaciones y de la práctica que llevan a cabo los genetistas que disponen de dichas teorías.)

“leyes fundamentales” y las de menor generalidad, “leyes especiales”.⁴⁴ El concepto de red teórica representa la estructura de *una teoría en un momento dado* en toda su complejidad, expresando la naturaleza de las teorías desde un punto de vista sincrónico o estático. Por último, el término “teoría” también es utilizado a veces de un modo todavía más amplio. Una “teoría” es así algo que se desarrolla en el tiempo (del tipo de las que tenían *in mente* los filósofos históricos de la ciencia), preservando una suerte de identidad genidéntica (como una persona o una comunidad). En este caso se habla de una *evolución teórica*.

Pasando ahora a la aplicación de la concepción semántica, debiéramos mencionar que algunas de sus distintas versiones se han intentado usar en el análisis de diferentes teorías científicas empíricas particulares dentro del ámbito de las ciencias biológicas, biomédicas y bioquímicas. A su vez, dichos análisis se realizan mediante un uso tanto intuitivo, informal o lato como también sistemático de las herramientas conceptuales de tales metateorías para el esclarecimiento de algún aspecto o problema vinculado con (alguna(s) de) las conceptualizaciones o teorizaciones pertenecientes a dichos campos científicos.

Una de las áreas de las ciencias biológicas en donde se han realizado diversos análisis semanticistas, correspondientes a diferentes aspectos y con distintos niveles de profundización, es el de la biología evolutiva. Aquí se ha intentado analizar la estructura de la teoría de la evolución mediante la versión de los espacios de estados de van Fraassen, comenzando por su aplicación sistemática al análisis de la genética de poblaciones (Beatty 1980, 1981, Lloyd 1984, 1986, Thompson 1983, 1986), lo que a su vez ha motivado la toma de posición por parte de autores como Sloep y van der Steen (1987a, b) y Ereshefsky (1991) y las respuestas y/o desarrollos ulteriores de Beatty (1987), Lloyd (1987, 1988) y Thompson (1987, 1989, 2007). Esta variante de la concepción semántica también ha sido aplicada al análisis de teorías de la ecología (Castle 2001) y del sexo y el género (Crasnow 2001).

Por su parte, Suppe (1974c) intenta arrojar luz sobre algunos problemas filosóficos vinculados con la especiación y la taxonomía mediante la utilización de su propia versión de la concepción semántica.

También nos encontramos con los trabajos de Magalhães & Krause (2000, 2006), que hacen uso de la axiomatización *à la Suppes* para tratar de identificar la clase de modelos de la teoría de la evolución por selección natural y de la genética de poblaciones.

Sin embargo, es la concepción estructuralista de las teorías la que mayores análisis particulares de teorías, conceptualizaciones y problemáticas pertenecientes a las ciencias biológicas, biomédicas y bioquímicas ha producido.⁴⁵ En el campo de la biología evolutiva, podemos mencionar los análisis de Cadevall i Soler (1988) y de Sintonen (1991) de la estructura de la teoría de la evolución; de Barbadilla (1990), Ginnobili (2007a, b, 2010a, b, 2016), Ginnobili y Blanco (2010) y Díez y Lorenzano (2013, 2015) de la teoría de la evolución por selección natural; de Blanco (2012) de la teoría del origen en común; y de Ginnobili (2011) de la teoría de las funciones biológicas. En el ámbito de teorías de la herencia y genéticas (clásica, molecular y de poblaciones), nos encontramos con los trabajos de Balzer y Dawe (1986, 1990), Balzer y Lorenzano (2000), Casanueva (1997, 1998, 2002), Casanueva y Méndez (2005), Dawe (1982), Lorenzano (1995, 1998, 2000, 2002, 2008b, 2014) y Méndez (2006). Las teorías celular y tisular han sido objeto de análisis estructuralista por parte de Asúa y Klimovsky (1986-1987, 1990), así como también lo ha sido la teoría de membranas excitables por parte de Müller y Pilatus (1982). Para concluir con esta sección, quisiéramos mencionar que el estructuralismo metateórico también ha sido aplicado al análisis de algunas teorías biomédicas (Lorenzano C. 1988, 2010, Balzer &

⁴⁴ Siendo los modelos la contraparte semántica o modelo-teórica de las leyes (o principios o ecuaciones), esto equivale a distinguir diferentes niveles de generalidad entre los (distintos tipos de) modelos (e.e. de sus diferentes clases).

⁴⁵ Lo que confirmaría en este ámbito lo sostenido por una de las proponentes destacadas de las concepciones modelísticas respecto de la doble evaluación favorable de la concepción estructuralista en tanto versión de la concepción semántica en general y en cuanto a su aplicación al análisis de teorías científicas empíricas en particular: “Los estructuralistas alemanes [o sea, los estructuralistas que sostienen la concepción estructuralista de las teorías] indudablemente ofrecen el tratamiento más satisfactoriamente detallado y bien ilustrado de la estructura de las teorías científicas disponible” (Cartwright 2008, p. 65).

Eleftheriadis 1991, Sadegh-Zadeh 2012, Barutta & Lorenzano 2012) y bioquímicas (Donolo, Federico & Lorenzano 2006, 2007, Federico 2009, Lorenzano C. 1994, 2002, 2007).⁴⁶

2. Sobre las relaciones entre los modelos científicos y las teorías científicas

Respecto de esta cuestión, ya habíamos mencionado tres tipos de posiciones que se dieron a lo largo del siglo XX, representados por Rudolf Carnap (1939) el primero, Ernest Nagel (1961) el segundo y Mary Hesse (1966) el último. En síntesis, podría decirse que el punto de vista de Carnap es que los modelos son elementos de los que se puede prescindir totalmente en las ciencias empíricas y que no tiene ningún interés su toma en consideración para el análisis de las teorías empíricas. Asimismo, podría decirse que el punto de vista de Nagel (compartido con Braithwaite 1953) es que los modelos son empleados de hecho en las ciencias empíricas y que, consecuentemente, puede decirse que cumplen determinado(s) cometido(s), pero que no son necesarios (imprescindibles) para éstas; por ello, es pertinente dar cuenta de ellos en un análisis de las teorías empíricas, aunque sin considerarlos componentes esenciales suyos. Por último, el punto de vista de Hesse (también compartido por Harré 1970, Hutten 1954 y Black 1962) es que los modelos son componentes relevantes de las ciencias empíricas y su toma en consideración es imprescindible para el análisis de las teorías de estas ciencias.

Como ya habíamos notado, durante gran parte del siglo XX no hubo acuerdo en: a) el papel exacto que jugaban los modelos en las ciencias empíricas, b) ni en su relevancia para ellas, c) así como tampoco en su relación con las teorías empíricas, d) ni en la eventual necesidad de tomarlos en consideración como componentes suyos.

Sin embargo, también señalamos un cuarto tipo de posición, que comienza alrededor de 1980 y continúa hasta nuestros días, representada por las *concepciones semántica(s)* y *modelística(s)*,⁴⁷ que subrayan la relevancia de los modelos en las ciencias empíricas e indican toda una serie de distintas funciones que éstos cumplen en ellas, es decir, que acuerdan en el ítem b) anterior, así como también, en general, con una variante *pluralista* del ítem a) –en la medida en que los modelos pueden jugar distintos roles en las ciencias empíricas–.

Las diferencias entre ambas concepciones –las semánticas y las modelísticas–, no obstante, se dan menos en torno de los restantes ítems, pues parecería que existe cierto consenso en la actualidad en que, *en caso de que haya teorías* en determinado ámbito, algunos de los tantos tipos de modelos señalados, en especial los denominados “modelos teóricos” (que son, en definitiva, en los que se centran las concepciones semánticas, pero recordando que bien pudieran relacionarse con los de otros tipos; ver nota 1), (i) guardan cierta relación fundamental con las teorías y (ii) éstos son componentes esenciales de ellas (independientemente del modo que haya de representar e identificar unos y otras, ya sea como el conjunto de consecuencias lógicas de un sistema axiomático o como estructuras de cierto tipo que satisfacen ciertas condiciones). Más bien, las diferencias entre las concepciones semánticas y las modelísticas surgen en relación con el supuesto de si siempre hay “teorías” (de algún tipo), con las que se vinculan (de algún modo) los “modelos”, o de si los “modelos” (y aquí cabría preguntarse si todos o sólo algunos de ellos, de todo tipo o sólo de algunos de sus tipos, “teóricos” incluidos) son “autónomos” respecto de las teorías, por un lado, y de si es más o menos fructífero en general concentrarse en el análisis de los “modelos” y no hacerlo en el de las “teorías” o de no atender a las posibles relaciones entre los “modelos” y las “teorías”, por el otro.

En ese sentido, incluso Frederick Suppe, proponente de una de las versiones de la concepción semántica de la ciencia anteriormente citado, ha llegado a afirmar más tarde “que el caso básico es el de los modelos, no el de las teorías” (Suppe 2000, p. S110). Más aún, muchas veces, parecería que los proponentes de las concepciones modelísticas consideran sus análisis como contrapuestos o

⁴⁶ Para una presentación, y evaluación, concisa de las reconstrucciones de teorías en biología realizadas mediante la utilización tanto de la concepción clásica como de las distintas variantes semanticistas hasta el año 2005, ver Krohs (2004, 2005).

⁴⁷ Para las aquí denominadas “concepciones *modelísticas*”, ver, además de los trabajos ya señalados en la sección 1.1., Cartwright, Shomar & Suárez (1996) y Morrison (1999), entre otros.

incompatibles con aquellos desarrollados en el marco de las concepciones semánticas. Sin embargo, otros de los defensores de la concepción semántica de la ciencia, consideran que las concepciones *modelísticas* “son enteramente compatibles” (van Fraassen 2008, p. 310) con aquella, que la existencia de modelos “autónomos” no constituye una crítica a dicha concepción, ya que, de todos modos, tales modelos podrían ser representados con los medios proporcionados por ella (Da Costa & French 2000, p. S120) y que “los conceptos básicos de teoría y modelo –como opuesto al tratamiento histórico e intelectual de las formulaciones de teorías, o por el contrario, de la construcción de los modelos– no me parece muy diferente en los dos enfoques para comprender la ciencia” (van Fraassen 2008, p. 311).

En esa misma línea de señalamiento de coincidencias y compatibilidades entre ambas concepciones, quisiéramos destacar que, por lo general, cuando se pregona la “autonomía” de los “modelos” respecto de las “teorías” –aun cuando nos ciñamos a los modelos teóricos– se argumenta más teniendo *in mente* la elucidación clásica del concepto “global” (o abarcativo) (sincrónico) de teoría, en contra de la suposición de que el vínculo que debiera darse entre la “teoría” y los “modelos” sea de implicación lógica –además de lamentar que no haya una elucidación clásica satisfactoria del concepto “global” diacrónico de teoría ni de su relación con los modelos, su construcción y desarrollo–. Sin embargo, como ya fuera indicado, en la versión estructuralista del enfoque semántico, además de reconocer la existencia de teorías “globales” sincrónicamente consideradas (y cuya estructura se elucida mediante la noción de red teórica), se rechaza igualmente de forma explícita el supuesto de que entre la parte “teórica” más general (de una teoría “global” o abarcativa, e.e. de una red teórica) y sus modelos (más específicos) la relación sea deductiva (proponiendo en su lugar la llamada “relación de *especialización*”), por un lado, mientras que, por el otro, también reconocer la existencia de teorías “globales” diacrónicamente consideradas (del tipo de las evoluciones teóricas) y de otras “más simples” (correspondientes a los denominados “elementos teóricos”), equiparables, o bien en su totalidad (o sea, como todo un elemento teórico) o bien algunas de sus partes componentes (es decir, como (la clase de) los modelos que constituyen parte del núcleo de dicho elemento teórico), a los “modelos” analizados por las concepciones modelísticas.

Así, supongamos que no se visualiza palmariamente una teoría “global” (en el sentido estructuralista de red teórica) y, no obstante lo cual, se identifican claramente ciertas “leyes”, “ecuaciones” o sus contrapartes semánticas o modelo-teóricas, los “modelos”, pero que no pudieran ser tomadas por leyes fundamentales o “modelos” (más generales) *de una teoría*; antes bien, ellos se consideran “autónomos” respecto de las “teorías” (por lo general considerando aquí el concepto clásico de teoría “global”) y sin que lleguen a abarcar todo el supuesto campo de aplicación del ámbito correspondiente.

Esta situación pudiera presentarse frente a las dos siguientes circunstancias distintas. La primera ocurre cuando esas leyes, ecuaciones o modelos son, *en efecto*, *leyes*, o *ecuaciones*, *aisladas*, o *modelos aislados* (respecto de alguna teoría “global”). Y esta circunstancia puede presentarse tanto *sincrónica* como *diacrónicamente*. Sin embargo, ambas situaciones son “enteramente compatibles” con el estructuralismo metateórico.

Comenzando con la primera, podríamos señalar que, de hecho, en la literatura estructuralista (Balzer 1996) se menciona a la ley de los gases ideales y a la ley de Ohm como casos de leyes aisladas. Aun cuando ellas, entonces, no sean parte de redes teóricas, son perfectamente conceptualizables en términos estructuralistas, a saber, como teorías que pueden ser reconstruidas como *un solo elemento teórico* (coincidiendo en este punto con el planteo anterior de Da Costa & French 2000, p. S120).

Por otro lado, este “aislamiento” de los elementos teóricos, en la terminología estructuralista (o “autonomía” de los “modelos”, en la terminología de las concepciones modelísticas), puede no sólo constatarse sistemática y sincrónicamente, sino que también puede permanecer invariable diacrónicamente o no.

Si se diera lo último, podría tratarse de casos en donde “una ley está en busca de una ley fundamental, de la cual devenga ley especial” o, en otros términos, en donde “un modelo está en busca de su teoría (e.e. de su red teórica) a la que incorporarse”.

O podría ser un caso de “una ley, o un modelo, a partir de la/del cual –junto con muchas otras cosas– se desarrolla (y, finalmente, termina consolidando o cristalizando) una teoría (e.e. una red teórica)”.

Y si bien esto sólo puede llegar a determinarse retrospectivamente, todas estas circunstancias, ya sea una ley aislada o modelo aislado, y que así permanezca, o una ley aislada o modelo aislado o incipiente, y que luego se incorpore en una teoría o a partir de la/del cual se desarrolle y termine cristalizando una teoría (red teórica), serían susceptibles de ser representados por la metateoría estructuralista, mediante su conceptualización como *un* elemento teórico aislado (la noción más simple y pequeña de teoría) o como su *incorporación* (o reducción, exacta o aproximada) a una red teórica (en tanto especialización) o como formando parte de un proceso de *cristalización*, respectivamente.⁴⁸

Otra circunstancia ocurre cuando las *leyes* o *modelos*, a pesar de su apariencia de “autonomía” respecto de “teorías” y de cualesquiera ley fundamental (o modelo más general), en realidad *no son autónomos*, en un sentido precisable del siguiente modo: estaríamos frente a las circunstancias antes mencionadas de ser leyes o modelos que serían casos especiales (e.e. especializaciones) de leyes fundamentales –que son, en su contraparte modelo-teórica, e.e. como (clase de) “modelos (más) generales”, uno de los componentes de los llamados “elementos teóricos básicos”– que no se “observan” en su mayor generalidad y esquematismo, pero que, aceptándose o no su existencia de modo usual, “están allí”, siendo susceptibles de ser explicitadas. Es decir, su “autonomía” sería sólo aparente.⁴⁹

Para concluir, quisiéramos resaltar que aquellos que sostenemos la *compatibilidad* entre ambos tipos de *concepciones* (las *semánticas* y las *modelísticas*) podríamos, *al mismo tiempo*, sacar provecho de los *análisis detallados* que surgen de las propuestas modelísticas en relación con los distintos tipos y grados de generalidad *de los modelos*, su construcción y desarrollo, por un lado, y, sin vernos obligados a renunciar a la consideración de las *teorías científicas*, analizar aspectos que bien pudieran ser esclarecedores y fértiles acerca de las ciencias empíricas, por el otro, tales como los casos en que sí se reconoce su existencia (ya sean simples o complejas, sincrónica o diacrónicamente consideradas, e.e. ya sean elementos teóricos aislados, redes teóricas o evoluciones teóricas), así como también en aquellos que parece pertinente diferenciar en el tratamiento de las *relaciones entre modelos y teorías*, del tipo del papel que los modelos pudieran jugar en la *génesis* de nuevas teorías empíricas, en la *expansión* y las *transformaciones* de una teoría empírica, en la *estructura* de una teoría empírica y en la *enseñanza* de una teoría empírica, como, de manera equivalente, en la del papel de las teorías en la *génesis* de nuevos modelos, en la *expansión* y las *transformaciones* de un modelo, en la *estructura* que termina adoptando un modelo y en la *enseñanza* de un modelo.

Bibliografía

- Achinstein, P. (1963), “Theoretical Terms and Partial Interpretation”, *The British Journal for the Philosophy of Science* 14: 89-104.
- Achinstein, P. (1965), “The Problem of Theoretical Terms”, *American Philosophical Quarterly* 2: 193-203.
- Achinstein, P. (1968), *Concepts of Science*, Baltimore: Johns Hopkins Press, pp. 157-178.
- Adams, E. W. (1955), *Axiomatic Foundations of Rigid Body Mechanics*, Tesis doctoral, Stanford University.
- Adams, E. W. (1959), “The Foundations of Rigid Body Mechanics and the Derivation of Its Laws from Those of Particle Mechanics”, en Henkin, L., Suppes, P. y A. Tarski (eds.), *The Axiomatic Method*, Amsterdam: North Holland, pp. 250-265.

⁴⁸ Para un tratamiento sistemático de este concepto metacientífico menos conocido, ver Moulines (2011, 2014).

⁴⁹ Para un análisis de esta situación, en donde los modelos (leyes) realmente diferentes y heterogéneos pueden ser acomodados bajo una teoría, e.e. bajo una misma red teórica, aunque no reconocida “a simple vista”, ver, para el caso de la genética clásica, Lorenzano (2006b, 2007b, c), y, para el de la genética de poblaciones, Lorenzano (2008b, 2014).

- Alleva, K, Díez, J. A. y L. Federico (2012), “La teoría MWC (Monod, Wyman y Changeux): el sistema alostérico”, *Ágora* 31(2): 225-250.
- Alleva, K, Díez, J. A. y L. Federico (2013), “Análisis estructuralista de las teorías de Hill: una elucidación de explicación” en bioquímica”, *Scientiae Studia* 11(2): 333-353.
- Apostel, L. (1961), “Towards the Formal Study of Models in the Non-Formal Sciences”, en Freudenthal, H. (ed.), *The Concept and the Role of the Model in Mathematics and Natural and Social Sciences*, Dordrecht: Reidel, pp. 1-37.
- Aristóteles, *Aristotelis Analytica priora et posteriora* (ed. por William David Ross), Oxonii: Typographeo Clarendoniano, 1964. (Versión castellana de Miguel Candel Sanmartín: *Analíticos segundos*, en *Tratados de Lógica [Órganon]*, vol. II, Madrid: Gredos, 1988, pp. 313-440.)
- Ariza, Y., Lorenzano, P. y A. Adúriz-Bravo (2016), “Meta-Theoretical Contributions to the Constitution of a Model-Based Didactics of Science”, *Science & Education* 25(7-8): 747-773.
- Arnauld, A. y P. Nicole (1662), *La logique, ou l'art de penser, contenant, outre les règles communes, plusieurs observations nouvelles propres à former le jugement*, Paris: chez Charles Savreux. (Versión castellana de Guillermo Quintás Alonso: *La lógica o el arte de pensar*, Madrid: Alfaguara, 1987.)
- Arquímedes, “De planorum aequilibrii Libri II”, “De corporibus fluitantibus Libri I-II”, en *Archimedis opera omnia cum commentariis Eutocii* (ed. por Johan Ludvig Heiberg), Berlin: de Gruyter, pp. 123-214, pp. 317-414. (Versión castellana de Paloma Ortiz García: “Sobre el equilibrio de las figuras planas”, “Sobre los cuerpos flotantes”, en *Tratados*, Madrid: Gredos, 2009, vol. II, pp. 81-124, pp. 195-247.)
- Asúa M. de y G. Klimovsky (1986-1987), “Ensayo de axiomatización de la teoría celular” *Theoria* 2(5-6): 389-399.
- Asúa, M. de y G. Klimovsky (1990), “Ensayo de axiomatización de la teoría tisular y su reducción a la teoría celular”, *Theoria* 5(12-13): 129-140.
- Bailer-Jones, D. (2009), *Scientific Models in the Philosophy of Science*, Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Balzer, W. (1978), *Empirische Geometrie und Raum-Zeit-Theorie in mengen-theoretischer Darstellung*, Kronberg: Scriptor.
- Balzer, W. (1982), *Empirische Theorien: Modelle–Strukturen–Beispiele*, Braunschweig: Vieweg. (Versión castellana de Agustín González Ruiz, revisada: *Teorías empíricas: modelos, estructuras y ejemplos*, Madrid: Alianza, 1997.)
- Balzer, W. (1985), *Theorie und Messung*, Berlin: Springer.
- Balzer, W. y A. Eleftheriadis (1991), “A Reconstruction of the Hippocratic Humoral Theory of Health”, *Journal for General Philosophy of Science* 22: 207-227.
- Balzer, W. y C. M. Dawe (1986), “Structure and Comparison of Genetic Theories I & II”, *British Journal for the Philosophy of Science* 37: 55-69, 177-191.
- Balzer, W. y C. M. Dawe (1990), *Models for Genetics*, München: Institut für Philosophie, Logik und Wissenschaftstheorie. (Reimpresión: *Models for Genetics*, Frankfurt am Main: Peter Lang, 1997.)
- Balzer, W. y C. U. Moulines (eds.) (1996), *Structuralist Theory of Science. Focal Issues, New Results*, Berlin: de Gruyter.
- Balzer, W. y P. Lorenzano (2000), “The Logical Structure of Classical Genetics”, *Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie* 31: 243-266.
- Balzer, W., Moulines, C. U. y J. D. Sneed (1987), *An Architectonic for Science – The Structuralist Program*, Dordrecht: Reidel. (Versión castellana de Pablo Lorenzano: *Una arquitectónica para la ciencia. El programa estructuralista*, Bernal: Universidad Nacional de Quilmes, 2012.)
- Balzer, W., Moulines, C. U. y J. D. Sneed (eds.) (2000), *Structuralist Representation of Knowledge: Paradigmatic Examples*, Amsterdam: Rodopi.
- Balzer, W., Pearce, D.A. y H.-J. Schmidt (eds.) (1984), *Reduction in Science. Structure, Examples, Philosophical Problems*, Dordrecht: Reidel.
- Barbadilla, A. (1990), “La estructura de la teoría de la selección natural”, en Ruiz, A. y M. Santos (eds.), *Temas actuales de Biología Evolutiva*, Barcelona: UAB, pp. 163-191.
- Barutta, J. y P. Lorenzano (2012), “Reconstrucción estructuralista de la teoría del movimiento circular de la sangre, de William Harvey”, *Scientiae Studia* 10(2): 217-239.

- Batterman, R. (2002), *The Devil in the Details: Asymptotic Reasoning in Explanation, Reduction, and Emergence*, New York: Oxford University Press.
- Beament, J. W. L. (ed.) (1960), *Models and Analogies in Biology*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Beatty, J. (1980), "Optimal-Design Models and the Strategy of Model Building in Evolutionary Biology", *Philosophy of Science* 47: 532-561.
- Beatty, J. (1981), "What's Wrong with the Received View of Evolutionary Theory?", en Asquith, P. D. y T. Nickles (eds.), *PSA 1980*, vol. 2, East Lansing, Michigan: Philosophy of Science Association, pp. 397-426.
- Beatty, J. (1987), "On Behalf of the Semantic View", *Biology & Philosophy* 2: 17-23.
- Beckner, M. (1959), *The Biological Way of Thought* New York: Columbia University Press.
- Bernard, C. (1865), *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, Paris: G. Baillièrre. (Versión castellana: *Introducción al estudio de la medicina experimental*, Buenos Aires: El Ateneo, 1959.)
- Beth, E. W. (1948a), *Natuurphilosophie*. Gorinchem: Noorduijn.
- Beth, E. W. (1948b), "Analyse sémantique des théories physiques", *Synthese* 7: 206-207.
- Beth, E. W. (1949), "Towards an Up-to-date Philosophy of the Natural Sciences", *Methodos* 1: 178-185.
- Beth, E. W. (1960), "Semantics of Physical Theories", *Synthese* 12: 172-175.
- Bickle, J. (1995), "Connectionism, Reduction, and Multiple Realizability", *Behavior and Philosophy* 23: 29-39.
- Bickle, J. (1998), *Psychoneural Reduction*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Bickle, B. (2002), "Concepts Structured Through Reduction: A Structuralist Resource Illuminates the Consolidation-Long-Term Potentiation (LTP) Link", *Synthese* 130: 123-133.
- Bickle, J. (2003), *Philosophy and Neuroscience: A Ruthlessly Reductive Account*, Dordrecht: Kluwer.
- Birkhoff, G. y J. von Neumann (1936), "The Logic of Quantum Mechanics", *Annals of Mathematics* 37: 823-843.
- Black, M. (1962), *Models and Metaphors*, Ithaca, N.Y.: Cornell University Press. (Versión castellana de Víctor Sánchez de Zavala: *Modelos y metáforas*, Madrid: Tecnos, 1966.)
- Blanco, D. (2012), "Primera aproximación estructuralista a la Teoría del Origen en Común", *Ágora* 31(2):171-194.
- Blanché, R. (1955), *L'Axiomatique*, Paris: P.U.F. (Versión castellana: *La axiomática*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1965.)
- Bokulich, A. (2003), "Horizontal Models: From Bakers to Cats", *Philosophy of Science* 70: 609-627.
- Boltzmann, L. (1902), "Model", *Encyclopaedia Britannica*, London: "The Times" Printing House, 10ª ed., vol. XXX, pp. 788-791.
- Boltzmann, L. (1905), *Populäre Schriften*, Leipzig: J.A. Barth.
- Bolyai, J. (1832), "Appendix scientiam spatii absolute veram exhibens; a veritate aut falsitate axiomatis XI Euclidei, a priori haud unquam", en Bolyai, F., *Tentamen juventutem studiosam in elementa matheseos purae, elementaris ac sublimioris, methodo intuitiva, evidentiaque huic propria, introducendi*, Tomus primus, Appendix, Maros Vásárhelyini: Typis Collegii Reformatorum per Josephum et Simeonem Kali de felső Vist. (Versión inglesa de George Bruce Halsted: *The Science Absolute of Space: Independent of the Truth or Falsity of Euclid's Axiom XI (which can never be decided a priori)*, 4ª ed., Austin: The Neomon, 1896.)
- Bolzano, B. (1851), *Paradoxien des Unendlichen*, Leipzig: Reclam. (Versión castellana de Luis Felipe Segura: *Paradojas del infinito*. México: UNAM, 1991.)
- Bonola, R. (1906), *La geometria non euclidea. Esposizione storico critica del suo sviluppo*, Zachinelli. (Versión castellana de Luis Gutiérrez del Arroyo: *Geometrías no euclidianas. Exposición histórico-crítica de su desarrollo*, Buenos Aires/México: Espasa-Calpe, con nota de José Ortega y Gasset, 1945.)
- Bowler, P. (1988), *The Non-Darwinian Revolution: Reinterpreting a Historical Myth*. Baltimore, Md.: Johns Hopkins University Press.
- Braithwaite, R. B. (1953), *Scientific Explanation*, New York: Harper Torchbooks. (Versión castellana de Víctor Sánchez de Zavala: *La explicación científica*, Madrid: Tecnos, 1965.)

- Brzeziński, J. y L. Nowak (eds.) (1992), *Idealization III: Approximation and Truth*, *Poznań Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities* 1992, Vol. 25, Amsterdam/Atlanta, GA: Rodopi.
- Bueno, O. (1997), "Empirical Adequacy: A Partial Structures Approach", *Studies in History and Philosophy of Science* 28: 585-610.
- Bunge, M. (1973), *Method, Model, and Matter*, Dordrecht: Springer.
- Bunge, M. y M. Mahner (1997), *Foundations of Biophilosophy*, Berlin/Heidelberg: Springer.
- Burian, R. (1989), "The Influence of the Evolutionary Paradigm", en Hecht, M. K. (ed.), *Evolutionary Biology at a Crossroads*, New York: Queen's College Press, pp. 149-166.
- Cadevall i Soler, M. (1988), *La estructura de la teoría de la evolución*, Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Campbell, N. R. (1920), *Physics: The Elements*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Cantor, G. (1874), "Über eine Eigenschaft des Inbegriffs aller reellen algebraischen Zahlen", *Journal für die reine und angewandte Mathematik* 77: 258-262.
- Cantor, G. (1878), "Ein Beitrag zur Mannigfaltigkeitslehre", *Journal für die reine und angewandte Mathematik* 84: 242-258.
- Cantor, G. (1879-1884), "Über unendliche, lineare Punktmannigfaltigkeiten I, II, III, IV, V, VI", *Mathematische Annalen* 15 (1879): 1-7; 17 (1880): 355-358; 20(1882): 113-121; 21(1883): 51-58, 545-591; 23(1884): 453-488.
- Cantor, G. (1895), "Beiträge zur Begründung der transfiniten Mengenlehre (1)", *Mathematische Annalen* 46(4): 481-512
- Cantor, G. (1897), "Beiträge zur Begründung der transfiniten Mengenlehre (2)", *Mathematische Annalen* 49(2): 207-246.
- Carnap, R. (1928), *Der logische Aufbau der Welt* Berlin: Welkreis-Verlag. (Versión castellana de Laura Mues de Schrenk: *La construcción lógica del mundo*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1988.)
- Carnap, R. (1936/1937), "Testability and Meaning I & II", *Philosophy of Science* 3: 419-471, y 4: 1-40.
- Carnap, R. (1939), *Foundations of Logic and Mathematics*. *Encyclopedia of Unified Science*, vol. 1, no. 3, Chicago: University of Chicago Press, reimpr. 1970. (Versión castellana: *Fundamentos de lógica y matemáticas*, Madrid: Ediciones J.B., 1975.)
- Carnap, R. (1956), "The Methodological Character of Theoretical Concepts", en Feigl, H. y M. Scriven (eds.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. I, Minneapolis: University of Minnesota Press, pp. 38-76. (Versión castellana: "El carácter metodológico de los términos teóricos", en Feigl, H. y M. Scriven (eds.), *Los fundamentos de la ciencia y los conceptos de la psicología y del psicoanálisis*, Santiago: Universidad de Chile, 1967, pp.53-93; en Olivé, L. y A.R. Pérez Ransanz (eds.), *Filosofía de la ciencia: teoría y observación*, Madrid: Siglo XXI, 1989, pp. 70-115; y en Roller, J.L. (ed.), *Estructura y desarrollo de las teorías científicas*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1986, pp. 69-111.)
- Carnap, R. (1958), "Beobachtungssprache und theoretische Sprache", *Dialectica* 12: 236-248.
- Carnap, R. (1959), *Induktive Logik und Wahrscheinlichkeit*, bearbeitet von W. Stegmüller, Wien: Springer.
- Carnap, R. (1961), "On the Use of Hilbert's ϵ -operator in Scientific Theories", en Bar-Hillel, Y. et al. (eds.), *Essays on the Foundations of Mathematics*, Jerusalem: The Magnes Press, 1961, pp. 156-164.
- Carnap, R. (1963a), "Intellectual Autobiography", en Schilpp, P. A. (ed.), *The Philosophy of Rudolf Carnap*, La Salle, Ill.: Open Court, 1963, pp. 1-84. (Versión castellana: Traducción castellana: *Autobiografía intelectual*, Barcelona: Paidós, 1992.)
- Carnap, R. (1963b), "Replies and Systematic Expositions", en Schilpp, P. A. (ed.), *The Philosophy of Rudolf Carnap*, La Salle, Ill.: Open Court, 1963, pp. 859-1013.
- Carnap, R. (1966), *Philosophical Foundations of Physics: An Introduction to the Philosophy of Science*, New York: Basic Books. (Versión castellana: *Fundamentación lógica de la física*, Buenos Aires: Sudamericana, 1969.)
- Carnap, R. ([1959] 2000), "Theoretical Concepts in Science", *Studies in History and Philosophy of Science* 31: 158-172.
- Carnap, R., Hahn, H. y O. Neurath (1929), *Wissenschaftliche Weltauffassung – der Wiener Kreis*, Wien: Artur Wolf Verlag. (Versión castellana de Pablo Lorenzano: "La concepción científica del mundo: el Círculo de Viena",

- Revista de Ciencias Sociales* 31 (1987): 299-320, ligeramente modificada en Stadler, F. y T. E. Uebel (eds.), *Wissenschaftliche Weltauffassung. Der Wiener Kreis. Hrsg. vom Verein Ernst Mach. (1929)*, Springer: Wien-New York, 2012, pp. 163-205, y en Mormann, T. y Á. Peláez (eds.), *El empirismo lógico. Textos básicos*, Bogotá: Editorial Universidad del Rosario, 2016, pp. 3-48.)
- Cartwright, N. (1983), *How the Laws of Physics Lie*, Oxford: Oxford University Press.
- Cartwright, N. (1989), *Nature's Capacities and their Measurement*, Oxford: Oxford University Press.
- Cartwright, N. (1999), *The Dappled World. A Study of the Boundaries of Science*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Cartwright, N. (2008), "Reply to Ulrich Gähde", en Bovens, L., Hofer, C. y S. Hartmann (eds.), *Nancy Cartwright's Philosophy of Science*, New York: Routledge, 2008, pp. 65-66.
- Cartwright, N., Shomar, T. y M. Suárez (1996), "The Tool Box of Science: Tools for Building of Models with a Superconductivity Example", en Herfel, W.E. et al. (eds.), *Theories and Models in Scientific Processes*, Amsterdam: Rodopi, pp. 27-36.
- Casanueva, M. (1997), "Genetics and Fertilization: A Good Marriage", en Ibarra, A. y T. Mormann (eds.), *Representations of Scientific Rationality*, Amsterdam, Rodopi, pp. 321-358.
- Casanueva, M. (1998), *Mendeliana y anexos*, Tesis doctoral, México, Universitat Autònoma de Barcelona. (Nueva edición modificada: *Mendeliana y anexos*, México: Universidad Autónoma Metropolitana (Unidad Iztapalapa)-Miguel Ángel Porrúa, Colección Signos, 2003.)
- Casanueva, M. (2002), "La red teórica de la hibridación mendeliana", en Diez, J. A. y P. Lorenzano (eds.), *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*, Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes/Universidad Autónoma de Zacatecas/Universidad Rovira i Virgili, pp. 231-261.
- Casanueva, M. y J. Benítez (eds.) (2003), *Ciencia y representación*, México: M. A. Porrúa & Biblioteca de Signos UAM-I.
- Casanueva, M. y D. Méndez (2005), "Tres teorías y tres niveles en la genética del siglo XX", en Estany, A. (ed.), *Ciencias matemáticas, naturales y sociales*, Madrid: Trotta, pp. 197-224.
- Castle, D. G. A. (2001), "A Semantic View of Ecological Theories", *Dialectica* 55(1): 51-65.
- Cohen, I. B. (1985), *Revolution in Science*, Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press. (Versión castellana: *Revolución en la ciencia*, Barcelona: Gedisa, 1989.)
- Contessa, G. (2006), "Scientific Models, Partial Structures and the New Received View of Theories", *Studies in History and Philosophy of Science* 37: 370-377.
- Cooper, G. (2003), *The Science of the Struggle for Existence. On the Foundations of Ecology*, New York: Cambridge University Press.
- Crasnow, S. L. (2001), "Models and Reality: When Science tackles Sex", *Hypatia* 16(3): 138-148.
- Da Costa, N. y S. French (1990), "The Model-Theoretic Approach in Philosophy of Science", *Philosophy of Science* 57: 248-265.
- Da Costa, N. y S. French (2003), *Science and Partial Truth. A Unitary Approach to Models and Scientific Reasoning*, Oxford: Oxford University Press.
- Dalla Chiara, M. L. y G. Toraldo de Francia (1973), "A Logical Analysis of Physical Theories", *Rivista di Nuovo Cimento* 3: 1-20.
- Darden, L. (1991), *Theory Change in Science. Strategies from Mendelian Genetics*, Oxford: Oxford University Press.
- Dawe, C. M. (1982), *The Structure of Genetics*, Tesis doctoral, London: University of London.
- de Jong, W. R. y A. Betti (2010), "The Classical Model of Science: a Millennia-Old Model of Scientific Rationality", *Synthese* 174(2): 185-203.
- Denegri, G. (2008), *Fundamentación epistemológica de la parasitología*, Mar del Plata: EUDEM.
- Descartes, R. (1642), *Secundae responsiones, Rationes Dei existentiam et animae a corpore distinctionem probantes, more geometrico dispositae*, en Descartes, R., *Ouvres* (ed. por Charles Adam y Paul Tannery), vol. 7, *Meditationes de prima philosophia*, Paris: Léopold Cerf, 1904, pp. 160-170. (Versión francesa de 1647: *Secondes Réponses, Raisons qui prouvent l'existence de Dieu et la distinction qui est entre l'esprit et le corps humain, disposées d'une façon géométrique*, en

- Descartes, R., *Ouvres* (ed. por Charles Adam y Paul Tannery), vol. 9, *Meditations e principes*, Paris: Léopold Cerf, 1904, pp. 124-132. Versión castellana de Vidal Peña: *Respuestas del autor a las Segundas Objeciones, Razones que prueban la existencia de Dios y la distinción que media entre el espíritu y el cuerpo humano, dispuestas a la manera geométrica*, en Descartes, R., *Meditaciones metafísicas con objeciones y respuestas*, Madrid: Alfaguara, 1977, pp. 129-137.)
- Díez, J. A. y J. L. Falguera (eds.) (1998), *Semántica y representación en las teorías científicas: análisis formales*, Sección monográfica de *Theoria* 13/1: 59-139.
- Díez, J. A. y P. Lorenzano (2002), “La concepción estructuralista en el contexto de la filosofía de la ciencia del siglo XX”, en Díez, J. A. y P. Lorenzano (eds.), *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*, Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes/Universidad Autónoma de Zacatecas/Universidad Rovira i Virgili, pp. 13-78.
- Díez, J. A. y P. Lorenzano (2013), “Who Got What Wrong? Sober and F&PP on Darwin: Guiding Principles and Explanatory Models in Natural Selection”, *Erkenntnis* 78(5): 1143-1175.
- Díez, J. A. y P. Lorenzano (2015), “Are Natural Selection Explanatory Models A Priori?”, *Biology & Philosophy* 30(6): 787-809.
- Donolo, A., Federico, L. y P. Lorenzano (2006), “Nuevo intento de reconstrucción estructuralista de la bioquímica”, *Epistemología e Historia de la Ciencia* 12(12): 218-226.
- Donolo, A., Federico, L. y P. Lorenzano (2007), “La teoría de la bioquímica metabólica y sus ejemplos paradigmáticos”, en Martins, L. A.-C. P., Prestes, M. E. B., Stefano, W. y R. de A. Martins (eds.), *Filosofia e história da biologia 2*, São Paulo: Fundo Mackenzie de Pesquisa (MackPesquisa), pp. 39-59.
- DRAE (2014), “Teoría”, *Diccionario de la lengua española*, 23ª ed., Madrid: Real Academia Española.
- Duhem, P. (1906), *La Théorie physique. Son objet, sa structure*, Paris: Chevalier et Rivière. (Versión castellana: *La teoría física. Su objeto y su estructura*, Barcelona: Herder, 2003.)
- Duhem, P. (1908), *Sozein ta phainomena. Essai sur la Notion de Théorie physique de Platon à Galilée*, Paris: Hermann. (Versión castellana de Godofredo Iommi Amunátegui: *Salvar las apariencias. Ensayo Acerca de la Noción de Teoría Física de Platón a Galileo*, Viña del Mar: Editorial de la Universidad de Viña del Mar, 2001.)
- Ereshfeský, M. (1991), “The Semantic Approach to Evolutionary Theory”, *Biology & Philosophy* 6: 59-80.
- Etchemendy, J. (1988), “Models, Semantics and Logical Truth”, *Linguistics and Philosophy* 11: 91-106.
- Etchemendy, J. (1990), *The Concept of Logical Consequence*, Harvard: Harvard University Press.
- Euclides, *Elementos*, en Heiberg, J. L. y H. Menge (eds.), *Euclidis Opera Omnia*, 9 vols., Leipzig: Teubner, 1888-1916, vols. I-V. (Versión castellana de María Luisa Puertas Castañón: *Elementos*, 3 vols., Madrid: Gredos, 1991, 1994, 1996.)
- Falguera, J. L. (1992), “La noción de modelo en los análisis de la concepción estructuralista”, *Ágora* 11(1): 97-104.
- Falguera, J. L. (1993), “El enredo de los modelos en los análisis de las ciencias factuales”, *Ágora* 13(2): 171-178.
- Falguera, J. L. (1994), “Unidad de noción bajo los usos del término modelo en las ciencias matemáticas y factuales”, *Contextos* 23-24: 221-244.
- Falkenburg, B. y W. Muschik (eds.) (1998), *Models, Theories and Disunity in Physics*, Número especial de *Philosophia Naturalis* 35(1): 1-222.
- Federico, L. (2009), *Reconstrucción estructuralista de la bioquímica dinámica: las teorías de la bioquímica metabólica y de las vías metabólicas*, Tesis doctoral, Buenos Aires: Universidad Nacional de Tres de Febrero.
- Feyerabend, P. K. (1965), “Problems of Empiricism”, en Colodny, R. (ed.), *Beyond the Edge of Certainty*, Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, pp. 145-260.
- Feyerabend, P. K. (1970), “Against Method”, en Radner, M. y S. Winokur (eds.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. IV, Minneapolis: University of Minnesota Press, pp. 17-30. (Versión castellana: *Contra el método*, Barcelona: Ariel, 1974.)
- Feyerabend, P. K. (1975) *Against Method*, London: Verso, ed. revisada 1988. (Versión castellana: *Tratado contra el método*, Madrid: Tecnos, 1981.)

- Feyerabend, P. K. (1977), "Changing Patterns of Reconstruction", *British Journal for the Philosophy of Science* 28(4): 351-369.
- Feyerabend, P. K. (2 de febrero de 1978), "Postal a Stegmüller", en *Stegmüller Nachlass* en el Brenner Archive en Innsbruck.
- Feyerabend, P. K. (1981), *Realism, Rationalism, and Scientific Method*, New York: Cambridge University Press.
- Fleck, L. (1935), *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache. Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv*, Basel: Benno Schwabe & Co. (Versión castellana: *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*, Madrid: Alianza, 1986.)
- Fleck, L. (1936), "Zagadnienie teorii poznawania", *Przegląd Współczesny* 8-9: 3-37. (Versión inglesa: "The Problem of Epistemology", en Cohen, R. S. y T. Schnelle (eds.), *Cognition and Fact. Materials on Ludwik Fleck*, Dordrecht: Reidel, 1986, pp. 79-112.)
- Fleck, L. (1946), "Problemy naukoznawstwa", *Życie Nauki* 1: 332-336. (Versión inglesa: "Problems of the Science of Science", en Cohen, R. S. y T. Schnelle (eds.), *Cognition and Fact. Materials on Ludwik Fleck*, Dordrecht: Reidel, 1986, pp. 113-127.)
- Fleck, L. (1947), "Patrzyć, widzieć, wiedzieć", *Problemy* 2: 74-84. (Versión inglesa: "To Look, To See, To Know", en Cohen, R. S. y T. Schnelle (eds.), *Cognition and Fact. Materials on Ludwik Fleck*, Dordrecht: Reidel, 1986, pp. 129-152.)
- Forge, J. (1986). "David Armstrong on Functional Laws", *Philosophy of Science* 53(4): 584-587.
- Forge, J. (1999), *Explanation, Quantity and Law*, Aldershot: Ashgate.
- Forge, J. (2002), "Reflections on Structuralism and Scientific Explanation", *Synthese* 130: 109-121.
- Frege, G. (1903), "Über die Grundlagen der Geometrie" (I y II), *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung* 12 (1903): 319-324, 368-375. (Reimpreso en Frege, G., *Kleine Schriften* (ed. por Ignacio Angelelli), Hildesheim: G. Olms, 1967, pp. 262-272.)
- Frege, G. (1906), "Über die Grundlagen der Geometrie" (I, II y III), *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung* 15: 293-309, 377-403, 423-430. (Reimpreso en Frege, G., *Kleine Schriften* (ed. por Ignacio Angelelli), Hildesheim: G. Olms, 1967, pp. 281-323.)
- Frege, G. (1976), *Wissenschaftlicher Briefwechsel* (ed. por G. Gabriel, H. Hermes, F. Kambartel, C. Thiel y A. Veraart), Hamburg: Felix Meiner.
- French, S. y J. Ladyman (1999), "Reinflating the Semantic Approach", *International Studies in the Philosophy of Science* 13: 102-121.
- French, S. y J. Ladyman (2003), "Remodeling Structural Realism: Quantum Physics and the Metaphysics of Structure", *Synthese* 36: 31-66.
- Frigg, R. (2006), "Scientific Representation and the Semantic View of Theories", *Theoria* 55: 49-65.
- Frigg, R. y S. Hartmann (2005), "Scientific Models", en Sarkar, S. et al. (eds.), *The Philosophy of Science: An Encyclopedia*, vol. 2, New York: Routledge, 740-749.
- Frigg, R. y S. Hartmann (2006), "Models in Science", en Zalta, E. N. (ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Spring 2006 Edition, revised for the 2012 Edition), URL = <<https://plato.stanford.edu/archives/fall2012/entries/models-science/>>.
- Frigg, R. y I. Votsis (2011), "Everything you Always Wanted to Know about Structural Realism but Were Afraid to Ask", *European Journal for Philosophy of Science* 1(2): 227-276.
- Galilei, G. (1637), "De motu locali", en *Le opere di Galileo Galilei: Edizione nazionale sotto gli auspici di Sua Maestà il Re d'Italia* (ed. por Antonio Favaro y Isidoro del Lungo), 20 vols., Firenze: G. Barbera, 1890-1909, *Opere I*, pp. 251-419. (Versión castellana de Javier Sádaba, con introducción y notas de Carlos Solís: *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*, Madrid: Editora Nacional, 1976, "Jornada tercera", pp. 265-379, "Jornada cuarta", pp. 383-447.)
- Ghiselin, M. T. (1969), *The Triumph of the Darwinian Method*, Berkeley and Los Angeles: University of California Press.
- Ghiselin, M. T. (2005), "The Darwinian Revolution as Viewed by a Philosophical Biologist", *Journal of the History of Biology* (2005) 38: 123-136.

- Giere, R. N. (1979), *Understanding Scientific Reasoning*, New York: Harcourt and Brace, 2ª ed. 1984, 3ª ed. 1991, 4ª ed. 1997, 5ª ed. (con J. Bickle y R. F. Mauldin) 2006.
- Giere, R. N. (1983), "Testing Theoretical Hypotheses", en Earman, J. (ed.), *Testing Scientific Theories*, Minneapolis: University of Minnesota Press, pp. 269-298.
- Giere, R. N. (1985), "Constructive Realism", en Churchland, P. M. y C. Hooker (eds.), *Images of Science. Essays on Realism and Empiricism with a Reply from Bas C. van Fraassen*, Chicago: University of Chicago Press, pp. 75-98.
- Giere, R. N. (1988), *Explaining Science*, Chicago: University of Chicago Press. (Versión castellana: *La explicación de la ciencia*, México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 1992.)
- Giere, R. N. (1994), "Representation without Representation", *Biology & Philosophy* 9: 113-120.
- Giere, R. N. (1999), *Science Without Laws*, Chicago: University of Chicago Press.
- Giere, R. N. (2006), *Scientific Perspectivism*, Chicago: University of Chicago Press.
- Ginnobili, S. (2007a), "Darwinismo universal de dominio de aplicación restringido", en Martins, L. A.-C. P., Prestes, M. E. B., Stefano, W. y R. de A. Martins (eds.), *Filosofia e história da biologia 2*, São Paulo: Fundo Mackenzie de Pesquisa (MackPesquisa), pp. 427-443.
- Ginnobili, S. (2007b), "Hay lo que queda. Sobre la presunta tautologocidad de la selección natural", *Análisis filosófico* 27(1): 75-89.
- Ginnobili, S. (2010a), "La teoría de la selección natural darwiniana", *Theoria* 25(1): 37-58.
- Ginnobili, S. (2010b), "La teoría de la selección natural darwiniana y la genética de poblaciones", *Endoxa* 24: 169-184.
- Ginnobili, S. (2011), "Función como concepto teórico", *Scientiae Studia* 9(4): 847-880
- Ginnobili, S. (2016), "Missing Concepts in Natural Selection Theory Reconstructions", *History and Philosophy of the Life Sciences* 38(8): 1-33.
- Ginnobili, S. y D. Blanco (2010), "Wallace y la selección natural (en teoría)", en García, P. y A. Massolo (eds.) *Epistemología e Historia de la Ciencia. Selección de Trabajos de las XX Jornadas*, vol. 16, Córdoba: Facultad de Filosofía y Humanidades de la Universidad Nacional de Córdoba, pp. 251-259.
- Ginnobili, S. y C. Carman (2016), "Explicar y contrastar", *Crítica* 48 (142): 57-86.
- Godfrey-Smith, P. (2006), "The Strategy of Model-Based Science", *Biology & Philosophy* 21: 725-740.
- Greene, J. (1971), "The Kuhnian Paradigm and the Darwinian Revolution in Natural History", en Roller, D. (ed.), *Perspectives in the History of Science and Technology*, Norman, Okla.: University of Oklahoma Press, pp. 3-35. (Reimpreso en: Gutting, G. (ed.), *Paradigms and Revolutions: Appraisals and Applications of Thomas Kuhn's Philosophy of Science*, Notre Dame/London: University of Notre Dame Press, 1980, pp. 297-320.)
- Hacking, I. (1983), *Representing and Intervening*, Cambridge: Cambridge University Press. (Versión castellana: *Representar e intervenir*, México: Paidós/UNAM, 1996.)
- Hanson, N. R. (1958), *Patterns of Discovery*, Cambridge: Cambridge University Press. (Versión castellana: *Patrones de descubrimiento. Observación y explicación*, Madrid: Alianza, 1977.)
- Hanson, N. R. (1971), *Observation and Explanation: A Guide to Philosophy of Science*, London: Harper & Row. (Versión castellana: *Patrones de descubrimiento. Observación y explicación*, Madrid: Alianza, 1977.)
- Harré, R. (1970), *The Principles of Scientific Thinking*, London: Macmillan.
- Hartmann, S. (1999), "Models and Stories in Hadron Physics", en Morgan, M. y M. Morrison (eds.), *Models as Mediators*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 326-346.
- Hartmann, S. (2008), "Modeling High-Temperature Superconductors: Correspondence at Bay?", en Soler L., Sankey, H. y P. Hoyningen-Huene (eds.), *Rethinking Scientific Change. Stabilities, Ruptures, Incommensurabilities?*, Berlin: Springer, pp. 107-128.
- Hartmann, S. (2010), "Modell", en Sandkühler, H.-J. (ed.), *Enzyklopädie Philosophie*, vol. 2, Hamburg: Meiner, 2ª ed., 1627-1632.
- Helmholtz, H. v. (1894), "Vorwort", en Hertz, H., *Die Prinzipien der Mechanik in neuen Zusammenhänge dargestellt*, Leipzig: J. A. Barth, pp. xxi-xxii.

- Hempel, C. G. (1952), *Fundamentals of Concept Formation in Empirical Science*, Chicago: University of Chicago Press. (Versión castellana: *Fundamentos de la formación de conceptos en ciencia empírica*, Madrid: Alianza, 1988.)
- Hempel, C. G. (1958), "The Theoretician's Dilemma", en Feigl, H., Scriven, M. y G. Maxwell (eds.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. 2, Minneapolis: University of Minnesota Press, 1958, pp. 37-98. (Reimpreso en: Hempel, C. G., *Aspects of Scientific Explanation and Other Essays in the Philosophy of Science*, New York: Macmillan, 1965, pp. 173-226. Versión castellana: "El dilema del teórico", en Hempel, C.G. (1979), *La explicación científica*, Buenos Aires: Paidós, pp. 177-229.)
- Hempel, C. G. (1973), "The Meaning of Theoretical Terms: A Critique of the Standard Empiricist Construal", en Suppes, P., Henkin, L., Joja A. y G. C. Moisil (eds.), *Logic, Methodology and Philosophy of Science IV*, Amsterdam: North-Holland, 1973, pp. 367-378. (Versión castellana: "El significado de los términos teóricos: una crítica de la concepción empirista estándar", en Olivé, L. y A. R. Pérez Ransanz (eds.), *Filosofía de la ciencia: teoría y observación*, Madrid: Siglo XXI, 1989, pp. 439-453.)
- Hempel, C. G. (1979a). "Scientific Rationality: Analytic vs Pragmatic Perspectives", en Geraets, T. (ed.), *Rationality Today*, Ottawa: University of Ottawa Press, pp. 46-58.
- Hempel, C. G. (1979b): "Scientific Rationality: Normative vs Descriptive Construals", en Berghel, H., Hübner, A. y E. Köhler (eds.), *Wittgenstein, the Vienna Circle, and Critical Rationalism*, Vienna: Hoelder-Pichler-Tempsky, pp. 291-301.
- Hempel, C. G. (1981): "Turns in the Evolution of the Problem of Induction", *Synthese* 46: 389-404.
- Herbert, S. (2005), "The Darwinian Revolution Revisited", *Journal of the History of Biology* 38 (2005): 51-66.
- Hertz, H. (1894), *Die Prinzipien der Mechanik in neuen Zusammenhänge dargestellt*, Leipzig: J. A. Barth, pp. xxi-xxii.
- Hesse, M. (1966), *Models and Analogies in Science*, Notre Dame: University of Notre Dame Press.
- Hilbert, D. (1899), *Grundlagen der Geometrie*, Leipzig: Teubner. (Versión castellana de la 7ª ed. alemana: *Fundamentos de la geometría*, Madrid: CSIC, 1996.)
- Hilbert, D. y P. Bernays (1934), *Grundlagen der Mathematik I*, Berlin-Heidelberg: Springer.
- Himmelfarb, G. (1959). *Darwin and the Darwinian Revolution*. London: Chatto and Windus.
- Hodge, J. (2005), "Against 'Revolution' and 'Evolution'", *Journal of the History of Biology* 38(1): 101-124.
- Holling, C. S. (1964), "The Analysis of Complex Population Processes", *The Canadian Entomologist* 96: 335-347.
- Hull, D. (1973), *Darwin and his Critics: The Reception of Darwin's Theory of Evolution by the Scientific Community*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Hull, D. (1985), "Darwinism as an Historical Entity: A Historiographic Proposal", en *The Darwinian Heritage*, D. Kohn (ed.), Princeton: Princeton University Press, pp. 773-812.
- Hume, D. (1739-1740), *A Treatise of Human Nature*, Cheapside: John Noon, Books I and II, London: Thomas Longman, Book III. (Versión castellana de Félix Duque: *Tratado de la Naturaleza Humana*, Madrid: Tecnos, 1988, entre otras.)
- Hume, D. (1748), *An Enquiry Concerning Human Understanding*, London: A. Millar. (Versión castellana de Jaime de Salas: *Investigación sobre el conocimiento humano*, Madrid: Alianza, 1980, entre otras.)
- Hutten, E.H. (1954), "The Role of Models in Physics", *The British Journal for the Philosophy of Science* 4: 284-301.
- Ibarra, A y T. Mormann (1997), *Representaciones en la ciencia*, Barcelona: Del Bronce.
- Ibarra, A. y T. Mormann (eds.) (2000), *Varietades de la representación en la ciencia y la filosofía*, Barcelona: Ariel.
- Judd, J. W. (1912), *The Coming of Evolution: the Story of a Great Revolution in Science*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Junker, T. y U. Hossfeld (2001), *Die Entdeckung der Evolution. Eine revolutionäre Theorie und ihre Geschichte*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Kant, I. (1793), "Über den Gemeinspruch: Das mag in der Theorie richtig sein, taugt aber nicht für die Praxis", *Berlinische Monatsschrift* 22: 201-284. (Reimpreso en: *Werke in zehn Bänden* (ed. por Wilhelm Weischedel), Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1964, Band 9, pp. 127-172. Versión castellana de Francisco Pérez López y Roberto Rodríguez Aramayo en: Kant, I., *Teoría y práctica*, Madrid: Tecnos, 1993, pp. 3-7.)

- Klimovsky, G. (1994), *Las desventuras del conocimiento científico. Una introducción a la epistemología*, Buenos Aires: A-Z Editora.
- König, G. (1998), "Theorie", en Ritter, J. y K. Gründer (eds.), *Historisches Wörterbuch der Philosophie*, Basel: Schwabe & Co., pp. 1128-1146.
- Krohs, U. (2004), *Eine Theorie biologischer Theorien*, Berlin: Springer.
- Krohs, U. (2005), "Wissenschaftstheoretische Rekonstruktionen", in Krohs, U. y G. Toepfer (eds.), *Philosophie der Biologie. Eine Einführung*, Frankfurt am Main: Suhrkamp, pp. 304-321.
- Kuhn, T. S. (1959), "The Essential Tension: Tradition and Innovation in Scientific Research", en Taylor, C. W. (ed.), *The Third (1959) University of Utah Research Conference on the Identification of Scientific Talent*, Salt Lake City: University of Utah Press, 1959, pp. 162-174. (Reimpreso en *The Essential Tension*, pp. 225-239. Versión castellana: "La tensión esencial: tradición e innovación en la investigación científica", en *La tensión esencial*, pp. 248-262.)
- Kuhn, T. S. ([1962] 1970), *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago: University of Chicago Press, 1962, 2ª ed. 1970. (Versión castellana de Agustín Contín: *La estructura de las revoluciones científicas*, México: Fondo de Cultura Económica, 1971. Nueva versión castellana de Carlos Solís: *La estructura de las revoluciones científicas*, México: Fondo de Cultura Económica, 2006.)
- Kuhn, T. S. (1969a), "Second Thoughts on Paradigms", en Suppe, F. (ed.), *The Structure of Scientific Theories*, Urbana, Ill.: University of Illinois Press, 1974, 2ª ed. 1977, pp. 459-482. (Reimpreso en *The Essential Tension*, pp. 293-319. Versión castellana: "Segundas reflexiones acerca de los paradigmas", en Suppe, F. (ed.), *La estructura de las teorías científicas*, Madrid: Editora Nacional, pp. 509-533; *Segundos pensamientos sobre paradigmas*, Madrid: Tecnos, 1978; y "Algo más sobre paradigmas", en *La tensión esencial*, pp. 317-343.)
- Kuhn, T. S. (1969b), "Reflections on my Critics", en Lakatos, I. y A. Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge: Cambridge University Press, 1970, pp. 231-278. (Reimpreso en *The Road Since Structure*, pp. 123-171. Versión castellana: "Consideración en torno a mis críticos", en I. Lakatos y A. Musgrave (eds.), *La crítica y el desarrollo del conocimiento*, Barcelona: Grijalbo, 1975, pp. 391-454, y, como "Consideraciones en torno a mis críticos", en *El camino desde la estructura*, pp. 151-209.)
- Kuhn, T. S. (1969c), "Postscript-1969", en Kuhn, T. S., *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago: University of Chicago Press, 2ª ed. 1970, pp. 174-210. (Versión castellana de Versión castellana de Agustín Contín: "Posdata: 1969", en *La estructura de las revoluciones científicas*, México: Fondo de Cultura Económica, 1971, pp. 268-319. Nueva versión castellana de Carlos Solís: "Epílogo: 1969", en *La estructura de las revoluciones científicas* (2006), pp. 301-353)
- Kuhn, T. S. (1971), "Notes on Lakatos", en Buck, R. C. y R. S. Cohen, (eds.), *PSA 1970: In Memory of Rudolf Carnap. Proceedings of the Biennial Meeting, Philosophy of Science Association*, Boston Studies in the Philosophy of Science, vol. VIII, Dordrecht: Reidel, 1971, pp. 137-146.
- Kuhn, T. S. (1973), "Objectivity, Value Judgment, and Theory Choice", en Kuhn, T. S. (1977), *The Essential Tension. Selected Studies in Scientific Tradition and Change*, Chicago: University of Chicago Press, pp. 320-339. (Versión castellana: "Objetividad, juicios de valor y elección de teoría", en *La tensión esencial*, pp. 344-364.)
- Kuhn, T. S. (1974), "Discussion", en Suppe, F. (ed.), *The Structure of Scientific Theories*, Urbana, Ill.: University of Illinois Press, 1974, 2ª ed. 1977, pp. 500-517. (Versión castellana: "Discusión", en Suppe, F. (ed.), *La estructura de las teorías científicas*, Madrid: Editora Nacional, pp. 551-569.)
- Kuhn, T. S. (14 de agosto de 1974), "Carta a Stegmüller", en *Stegmüller Nachlass* en el Brenner Archive en Innsbruck.
- Kuhn, T. S. (1976), "Theory-Change as Structure-Change: Comments on the Sneed Formalism", *Erkenntnis* 10: 179-99. (Reimpreso en: *The Road Since Structure*, pp. 176-195. Versión castellana: "El cambio de teoría como cambio de estructura: comentarios sobre el formalismo de Sneed", *Teorema* 7 (1977): 141-165; en Roller, J. L. (ed.), *Estructura y desarrollo de las teorías científicas*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1986, pp. 251-274; y en *El camino desde la estructura*, pp. 211-232.)
- Kuhn, T. S. (1977), *The Essential Tension. Selected Studies in Scientific Tradition and Change*, Chicago: University of Chicago Press. (Versión castellana: *La tensión esencial. Estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia*, México: Fondo de Cultura Económica, 1982.)
- Kuhn, T. S. (1981), "What are Scientific Revolutions?," Occasional Paper #18: Center for Cognitive Science, MIT (Reimpreso en: Krüger, L., Daston, L. J. y M. Heidelberger (eds.), *The Probabilistic Revolution, Vol. I: Ideas in History*,

- Cambridge: MIT Press, 1987, pp. 7-22; y en *The Road Since Structure*, pp. 13-32. Versión castellana: “¿Qué son las revoluciones científicas?”, en Kuhn, T. S., *¿Qué son las revoluciones científicas? y otros ensayos*, Barcelona: Paidós I.C.E./U.A.B., 1989, pp. 55-93; y en *El camino desde la estructura*, pp. 23-45.)
- Kuhn, T. S. (1989), “Possible Worlds in History of Science”, en Allén, S. (ed.), *Possible Worlds in Humanities, Arts, and Sciences*, Berlin: de Gruyter, pp. 9-32. (Reimpreso en *The Road Since Structure*, pp. 58-89. Versión castellana: “Mundos posibles en la historia de la ciencia”, en *El camino desde la estructura*, pp. 77-112.)]
- Kuhn, T. S. (1990), “Dubbing and Redubbing: the Vulnerability of Rigid Designation”, en *Minnesota Studies in Philosophy of Science*, Vol. 14, Minneapolis: University of Minnesota Press, pp. 298-318. (Versión castellana: “Doblaje y redoblaje: la vulnerabilidad de la designación rígida”, en González, W. J. (ed.), *Análisis de Thomas Kuhn: las revoluciones científicas*, Madrid: Trotta, 2004, pp. 105-136.)
- Kuhn, T. S. (1993a), “Introduction to Presidential Address”, en D. Hull, M. Forbes y K. Okruhlik (eds.), *PSA 1992*, Vol. 2, East Lansing: Philosophy of Science Association, pp. 3-5.
- Kuhn, T. S. (1993b), “Afterwords”, en Horwich, P. (ed.), *World Changes: Thomas Kuhn and the Nature of Science*, Cambridge, MA: MIT Press, 1993, pp. 311-341. (Reimpreso en *The Road Since Structure*, pp. 224-252. Versión castellana: “Epílogo”, en *El camino desde la estructura*, pp. 267-298.)
- Kuhn, T. S. ([1997] 2000), “A Discussion with Thomas S. Kuhn”, en Conant, J. y J. Haugeland (eds.), *The Road Since Structure*, Chicago: The University of Chicago Press, 2000, pp. 255-323. (Publicado originalmente como: “A Physicist Who Became a Historian for Philosophical Purposes. A Discussion between Thomas S. Kuhn and Arisitides Baltas, Kostas Gavroglu, and Vassiliki Kindi”, *Neusis* 6 (1997): 145-200. Versión castellana: “Una conversación con Thomas S. Kuhn”, en Conant, J. y J. Haugeland (eds.), *El camino desde la estructura. Ensayos filosóficos, 1970-1993, con una entrevista autobiográfica*, Barcelona: Paidós, 2002.)
- Kyburg, H. (1968), *Philosophy of Science: A Formal Approach*, New York: The Macmillan Co.
- Ladyman, J. (1998), “What is Structural Realism?”, *Studies in History and Philosophy of Science* 29: 409-424.
- Lakatos, I. (1970), “Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes”, en Lakatos, I. y A. Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge. Proceedings of the International Colloquium in the Philosophy of Science, London, 1965*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 91-195. (Versión castellana: “La falsación y la metodología de los programas de investigación científica”, en Lakatos, I. y A. Musgrave (eds.), *La crítica y el desarrollo del conocimiento*, Barcelona: Grijalbo, 1975, pp. 203-343.)
- Lakatos, I. (1971), “History of Science and Its Rational Reconstructions”, en Buck, R.C. y R.S. Cohen (eds.), *PSA 1970, Boston Studies in the Philosophy of Science*, vol. 8, Dordrecht: Reidel, pp. 174-182. (Versión castellana: “La historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales”, en Lakatos, I. y A. Musgrave (eds.), *La crítica y el desarrollo del conocimiento*, Barcelona: Grijalbo, 1975, pp. 455-509; *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*, Madrid: Tecnos, 1974.)
- Laudan, L. (1977), *Progress and Its Problems*, Berkeley: University of California Press. (Versión castellana: *El progreso y sus problemas*, Madrid: Ediciones Encuentro, 1986.)
- Laudan, L. (1981), “A Confutation of Convergent Realism”, *Philosophy of Science* 48(1): 19-49.
- Laymon, R. (1985), “Idealizations and the Testing of Theories by Experimentation”, en Achinstein, P. y O. Hannaway (eds.), *Observation Experiment and Hypothesis in Modern Physical Science*, Cambridge, MA: MIT Press, pp. 147-173.
- Le Roy, É. (1899), “Science et philosophie”, *Revue de Métaphysique et de Morale* 7(1): 375-425, 503-562, 708-731.
- Le Roy, É. (1900), “Science et philosophie (Suite et fin)”, *Revue de Métaphysique et de Morale* 8(1): 37-72.
- Levine, G. (1992), “Charles Darwin’s Reluctant Revolution”, *South Atlantic Quarterly* 91: 525-555.
- Levins, R. (1966), “The Strategy of Model Building in Population Biology”, *American Scientist* 54(4): 421-430.
- Levins, R. (1993), “A Response to Orzack and Sober: Formal Analysis and the Fluidity of Science”, *The Quarterly Review of Biology* 68(4): 547-555.
- Lindenmayer, A. y N. Simon (1980), “The Formal Structure of Genetics and the Reduction Problem”, en Asquith, P. D. y R. N. Giere (eds.), 1980, *PSA 1980*, East Lansing, Michigan: Philosophy of Science Association, pp. 160-170.
- Lloyd, E. (1984), “A Semantic Approach to the Structure of Population Genetics”, *Philosophy of Science* 51: 242-264.
- Lloyd, E. (1986), “Thinking About Models in Evolutionary Theory”, *Philosophica* 37: 277-293.

- Lloyd, E. (1987), "Response to Sloep and Van der Steen", *Biology & Philosophy* 2: 23-26.
- Lloyd, E. (1988), *The Structure and Confirmation of Evolutionary Theory*, New York: Greenwood Press.
- Lobachevsky, N. I. (1829-1830), "O načalah geometrii", *Kasan Bulletin* 25 (1929): 178-187, 228-241; 27 (1829): 227-243; 28 (1830): 251-283, 571-636. (Versión alemana de Friedrich Engel: "Über die Anfangsgründe der Geometrie", en Lobatschewskij, N. I., *Zwei geometrische Abhandlungen aus dem Russischen übersetzt, mit Anmerkungen und mit einer Biographie des Verfassers*, Leipzig: Teubner, 1898, pp. 1-66.)
- Lorenzano, C. (1988), "La concepción estructural de las teorías", en Lorenzano, C., *La estructura del conocimiento*, Buenos Aires: Zavalía, pp. 137-165.
- Lorenzano, C. (1994), *Por los caminos de Leloir*, Buenos Aires: Biblos.
- Lorenzano, C. (2002), "Una reconstrucción estructural de la bioquímica", en Díez, J. A. y P. Lorenzano (eds.), *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*, Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes/Universidad Autónoma de Zacatecas/Universidad Rovira i Virgili, pp. 209-230.
- Lorenzano, C. (2007), "La estructura ejemplar de la bioquímica", *Revista de Filosofía* 32(1): 7-31.
- Lorenzano, C. (2010), "Estructuras y mecanismos en la fisiología", *Scientiae Studia* 8(1): 41-69.
- Lorenzano, P. (1986), *El problema de la teoriedad en la filosofía de la ciencia*, Tesis de licenciatura, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Lorenzano, P. (1995), *Geschichte und Struktur der klassischen Genetik*, Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Lorenzano, P. (1998), "Hacia una reconstrucción estructural de la genética clásica y de sus relaciones con el mendelismo", *Episteme. Filosofia e História das Ciências em Revista* 3(5): 89-117.
- Lorenzano, P. (2000), "Classical Genetics and the Theory-Net of Genetics", en Balzer, W., Moulines, C. U. y J. D. Sneed (eds.), *Structuralist Representation of Knowledge: Paradigmatic Examples*, Amsterdam: Rodopi, pp. 251-284.
- Lorenzano, P. (2002), "La teoría del gen y la red teórica de la genética", en Díez, J. A. y P. Lorenzano (eds.), *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*, Bernal: Universidad Nacional de Quilmes/Universidad Autónoma de Zacatecas/Universidad Rovira i Virgili, pp. 285-330.
- Lorenzano, P. (2006a), "La emergencia de un programa de investigación en genética", en Lorenzano, P., Martins, L. A.-C. P. y A. C. Regner (eds.), *Ciências da vida: estudos filosóficos e históricos*, Campinas: Associação de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul (AFHIC), pp. 333-360, 2ª ed. London: College Publications, 2013, pp. 155-180.
- Lorenzano, P. (2006b), "Fundamental Laws and Laws of Biology", en Ernst, G. und K.-G. Niebergall (eds.), *Philosophie der Wissenschaft – Wissenschaft der Philosophie. Festschrift für C. Ulises Moulines zum 60. Geburtstag*, Paderborn (Alemania): Mentis-Verlag, pp. 129-155.
- Lorenzano, P. (2007a), "Exemplars, Models and Laws in Classical Genetics", en Falguera, J.L., Martínez, M.C. and J.M. Sagüillo (eds.), *Current Topics in Logic and Analytic Philosophy/Temas actuales de Lógica y Filosofía Analítica*, Santiago de Compostela: Universidade de Santiago de Compostela, pp. 89-102.
- Lorenzano, P. (2007b), "The Influence of Genetics on Philosophy of Science: Classical Genetics and the Structuralist View of Theories", en Fagot-Largeault, A., Torres, J.M. and S. Rahman (eds.), *The Influence of Genetics on Contemporary Thinking*, Dordrecht: Springer, pp. 99-115.
- Lorenzano, P. (2007c), "Leyes fundamentales y leyes de la biología", *Scientiae Studia. Revista Latino-Americana de Filosofia e História da Ciência* 5(2) (2007): 185-214.
- Lorenzano, P. (2008a), "Principios, modelos, ejemplares y representaciones en la genética clásica", en Lorenzano, P. y H. Miguel (eds.), *Filosofía e Historia de la Ciencia en el Cono Sur, Volumen II*, Buenos Aires: C.C.C. Educando, pp. 323-336.
- Lorenzano, P. (2008b), "Bas van Fraassen y la ley de Hardy-Weinberg: una discusión y desarrollo de su diagnóstico", *Principia* 12(2) (2008): 121-154.
- Lorenzano, P. (2011), "Leis e teorías em biologia", en Abrantes, P. C. (ed.), *Filosofia da Biologia*, Porto Alegre: Artmed, pp. 53-82.
- Lorenzano, P. (2012), "Kenneth Schaffner, las teorías de alcance intermedio y la concepción estructuralista de las teorías", en Peris-Viñé, L. M. (ed.), *Filosofía de la Ciencia en Iberoamérica: Metateoría estructural*, Madrid: Tecnos, pp. 318-346.

- Lorenzano, P. (2013a), "The Emergence of a Research Programme in Genetics". in Lorenzano, P. , Martins, L. A.-C. P. y A. C. Regner (eds.), *History and Philosophy of the Life Sciences in the South Cone*, London: College Publications, pp. 145-171.
- Lorenzano, P. (2013b), "The Semantic Conception and the Structuralist View of Theories: A Critique of Suppe's Criticisms", *Studies in History and Philosophy of Science* 44: 600-607.
- Lorenzano, P. (2014), "What is the Status of the Hardy-Weinberg Law within Population Genetics?", en Galavotti, M. C., Nemeth, E. y F. Stadler (eds.), *European Philosophy of Science – Philosophy of Science in Europe and the Viennese Heritage, Vienna Circle Institute Yearbook 17*, Dordrecht: Springer, pp. 159-172.
- Lorenzano, P. (2014-2015), "Principios-guía y leyes fundamentales en la metateoría estructuralista", *Cuadernos del Sur* 43-44: 35-74.
- Losee, J. ([1972] 2001), *A Historical Introduction to the Philosophy of Science*, Oxford: Oxford University Press, 4a ed. (Versión castellana de la 2a ed. de 1980: *Introducción histórica a la filosofía de la ciencia*, Madrid: Alianza, 1981.)
- Ludwig, G. (1970), *Deutung des Begriffs 'Physikalische Theorie' und axiomatische Grundlegung der Hilbertraumstruktur der Quantenmechanik durch Hauptsätze des Messens*, Lecture Notes in Physics, Bd. 4. Berlin/Heidelberg/New York: Springer.
- Ludwig, G. (1978). *Die Grundstrukturen einer physikalischen Theorie*, Berlin/Heidelberg/ New York: Springer.
- Mach, E. (1886), *Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen*, Jena: Gustav Fischer. (Versión castellana de Eduatdo Ovejero y Maury, de la 6ª ed. de 1911: *El análisis de las sensaciones*, Madrid: Daniel Jorro, 1925; reimpresión: Barcelona: Editorial Alta Fulla, 1987.)
- Magalhães, J. C. y D. Krause (2000), "Suppes' Predicate for Genetics and Natural Selection", *Journal of Theoretical Biology* 209: 141-153.
- Magalhães, J. C. y D. Krause (2006), "Teorias e modelos em genética de populações: um exemplo do uso do método axiomático em biologia", *Episteme. Filosofia e História das Ciências em Revista* 11(24): 269-291.
- Maienschein, J., Rainger, R. y K. R. Benson (eds.) (1981), "Special Section on American Morphology at the Turn of the Century", *Journal of the History of Biology* 14(1): 83-191.
- Rainger, R. Benson, K. R. y J. Maienschein (eds.) (1988), *The American Development of Biology*, Philadelphia: University of Pennsylvania Press.
- Martins, L.A.-C.P. (2002), "Bateson e o programa de pesquisa mendeliano", *Episteme* 14: 27-55.
- Masterson, M. (1970), "The Nature of a Paradigm", en Lakatos, I. y A. Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge. Proceedings of the International Colloquium in the Philosophy of Science, London, 1965*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 59-89. (Versión castellana: "La naturaleza de los paradigmas", en Lakatos, I. y A. Musgrave (eds.), *La crítica y el desarrollo del conocimiento*, Barcelona: Grijalbo, 1975, pp. 159-201.)
- Matthewson, J. y M. Weisberg (2009), "The Structure of Tradeoffs in Model Building", *Synthese* 170: 169-190.
- Maxwell, J. C. (1855), "On Faraday's Lines of Force", en Niven, D. (ed.), *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell*, Vol. I, Cambridge: Cambridge University Press, 2011, pp. 155-229.
- Maxwell, J. C. (1861), "On Physical Lines of Force", en Niven, D. (ed.), *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell*, Vol. I, Cambridge: Cambridge University Press, 2011, pp. 451-513.
- Mayr, E. (1972), "The Nature of the Darwinian Revolution", *Science* 176(4038): 981-989.
- Mayr, E. (1977), "Darwin and Natural Selection", *American Scientist* 65: 321-327.
- Mayr, E. (1988), "Die Darwinsche Revolution und die Widerstände gegen die Selektionstheorie", en Meier, H. (ed.), *Die Herausforderung der Evolutionsbiologie*, München/Zürich: Piper, pp. 221-249.
- Mayr, E. (1990), "The Myth of the Non-Darwinian Revolution" A Review of Peter J. Bowler, *The Non-Darwinian Revolution. Reinterpreting a Historical Myth*. The Johns Hopkins University Press, 1988, 238 pp. USS27.50, *Biology & Philosophy* 5: 85-92.
- McKinsey, J. C. C., Sugar, A. y P. Suppes (1953), "Axiomatic Foundations of Classical Particle Mechanics", *Journal of Rational Mechanics and Analysis* 2: 253-272. (Versión castellana de Adolfo García de la Sienra: "Fundamentos

- axiomáticos para la mecánica de partículas clásica”, *Lecturas filosóficas* 1, Morelia: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1978.)
- McMullin, E. (1968), “What do Physical Models Tell us?”, en van Rootselaar, B. y J. F. Staal (eds.), *Logic, Methodology and Philosophy of Science III*, Amsterdam: North-Holland, pp. 385-396.
- McMullin, E. (1985), “Galilean Idealization”, *Studies in History and Philosophy of Science* 16(3): 247-273.
- Meijer, O. G. (1983), “The Essence of Mendel’s Discovery”, in Orel, V. y A. Matalová (eds.), *Gregor Mendel and the Foundation of Genetics*, Brno: The Mendelianum of the Moravian Museum in Brno, pp. 123-178.
- Méndez, D. (2006), *Paisajes conceptuales de la herencia biológica entre 1865 y 1902. Reconstrucción y ordenamiento de teorías de la herencia*, Tesis doctoral, México: Universidad Autónoma Metropolitana (Unidad Iztapalapa).
- Michod, E. (1981), “Positive Heuristics in Evolutionary Biology”, *British Journal for the Philosophy of Science* 32: 1-36.
- Montague, R. (1974), “Deterministic Theories”, en Thomason, R. H. (ed.), *Formal Philosophy*, New Haven, Connecticut: Yale University Press, pp. 303-359.
- Morrison, M. (2005), “Approximating the Real: The Role of Idealizations in Physical Theory”, en Jones, M. R. y N. Cartwright (eds.), *Correcting the Model: Idealization and Abstraction in the Sciences*, Amsterdam/New York: Rodopi, pp. 145-172.
- Mosterin, J. (1984), *Conceptos y teorías en la ciencia*, Madrid: Alianza.
- Moulines, C.U. (1975), *Zur logischen Rekonstruktion der Thermodynamik*, Tesis doctoral, München: Ludwig-Maximilian-Universität München.
- Moulines, C. U. (1982), *Exploraciones metacientíficas*, Madrid: Alianza.
- Moulines, C. U. (1984), “Ontological Reduction in the Natural Sciences”, en Balzer, W., Pearce, D.A. y H.-J. Schmidt (eds.), *Reduction in Science: Structure, Examples, Philosophical Problems*, Dordrecht: Reidel, pp. 51-70.
- Moulines, C. U. (1991), *Pluralidad y recursión*, Madrid: Alianza.
- Moulines, C. U. (2002), “¿Dónde se agazapa la pragmática en la representación estructural de las teorías?”, en Díez, J. A. y P. Lorenzano (eds.), *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*, Bernal: Universidad Nacional de Quilmes/Universidad Autónoma de Zacatecas/Universidad Rovira i Virgili, pp. 99-115.
- Moulines, C. U. (2015), “Las concepciones modelísticas y la concepción estructuralista de las teorías”, *Metatheoria* 5(2): 7-29.
- Moulines, C. U. y J. D. Sneed (1979), “Patrick Suppes’ Philosophy of Physics”, en Bogdan, R. J. (ed.), *Patrick Suppes*, Dordrecht: Reidel, pp. 59-91. (Versión castellana de José Luis Rolleri: “La filosofía de la física de Suppes”, *Lecturas filosóficas* 6, Morelia: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1980.)
- Müller, R. (1983), “Zur Geschichte des Modelldenkens und des Modellbegriffs”, en Stachowiak, H. (ed.), *Modelle - Konstruktion der Wirklichkeit*, München: Wilhelm Fink Verlag, pp. 17-86.
- Müller, U. y S. Pilatus (1982), “On Hodgkin and Huxley’s Theory of Excitable Membranes”, *Meta* 3: 193-208.
- Mundy, B. (1986), “On the General Theory of Meaningful Representation”, *Synthese* 67: 391-437.
- Nagel, E. (1961), *The Structure of Science*, New York: Harcourt, Brace & World. (Versión castellana supervisada por Gregorio Klimovsky: *La estructura de la ciencia*, Buenos Aires: Paidós, 1968.)
- Neurath, O. (1913), “Die Verirrten des Cartesius und das Auxiliarmotiv (Zur Psychologie des Entschlusses)”, *Jahrbuch der Philosophischen Gesellschaft an der Universität zu Wien 1913*, Leipzig: J. A. Barth, pp. 45-59.
- Neurath, O. (1921), *Anti-Spengler*, München: Callwey.
- Neurath, O. (1934), “Radikaler Physikalismus und ‘wirkliche Welt’”, *Erkenntnis* 4: 346-362.
- Neurath, O. (1935), “Pseudorationalismus der Falsifikation”, *Erkenntnis* 5: 353-365. (Versión castellana de Andoni Ibarra: “Pseudoracionalismo de la falsación”, *Redes* 19 (2002): 105-118.)
- Newton, I. (1687), *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, London: S. Pe4pys. (Versión inglesa de Andrew Motte, revisada por Florian Cajori: *Sir Isaac Newton's Mathematical Principles of Natural Philosophy and his System of the World*, Berkeley: University of California Press, 1934. Versión castellana de Antonio Escohotado: *Principios matemáticos de la filosofía natural*, Madrid: Editora Nacional, 1982.)

- Niiniluoto, I. (2000), *Critical Scientific Realism*, Oxford: Oxford University Press.
- Nowak, L. (1979), *The Structure of Idealization: Towards a Systematic Interpretation of the Marxian Idea of Science*, Dordrecht: Reidel.
- Odenbaugh, J. (2003), "Complex Systems, Trade-offs, and Theoretical Population Biology: Richard Levin's 'Strategy of Model Building in Population Biology' Revisited", *Philosophy of Science* 70: 1496-1507.
- Oldroyd, D. R. (1980), *Darwinian Impacts: an Introduction to the Darwinian Revolution*, Atlantic Highlands: Humanities Press.
- Orzack, S. H. (2005), "What, If Anything, Is 'The Strategy of Model Building in Population Biology?' A Comment on Levins (1966) and Odenbaugh (2003)", *Philosophy of Science* 72: 479-485.
- Orzack, S. H. y E. Sober (1993), "A Critical-Assessment of Levins's 'The Strategy of Model-Building in Population Biology' (1966)", *The Quarterly Review of Biology* 68: 533-546.
- Pascal, B. (1658), "Réflexions sur la géométrie en général. De l'esprit géométrique et de l'art de persuader", en Pascal, B., *Œuvres complètes*, Paris: Hachette, 1871, vol. 3, pp. 163-182. (Versión castellana: "Reflexiones sobre la Geometría en general. Del espíritu geométrico y el arte de persuadir", en Pascal, B., *Obras*, Madrid: Alfaguara, pp. 278-301.)
- Poincaré, H. (1902), *La Science et l'Hypothèse*, Paris: Flammarion. (Versión castellana: *La ciencia y la hipótesis*, Buenos Aires: Espasa-Calpe, 1944.)
- Poincaré, H. (1904), *La Valeur de la Science*, Paris: Flammarion. (Versión castellana: *El valor de la ciencia*, Buenos Aires: Espasa-Calpe, 1946.)
- Popper, K. (1935), *Logik der Forschung*, Wien: Julius Springer; Tübingen: Mohr, 1989, 9ª ed. mejorada. (Versión castellana de Víctor Sánchez de Zavala, de la versión inglesa de 1959: *La lógica de la investigación científica*, Madrid: Tecnos, 1962.)
- Proclo (1873), *Commentarii in primum Euclidis elementorum librum* (ed. por Gottfried Friedlein), Leipzig: Teubner. (Versión inglesa de Glenn R. Morrow: *A Commentary on the First Book of Euclid's Elements*, Princeton, NJ: Princeton University Press, 1970.)
- Proctor, R. (1998), "Darwin's Revolution", en Bayerts, K. y R. Porter (eds.), *From Physico-Theology to Bio-Technology*, Amsterdam: Rodopi, pp. 20-39.
- Przełecki, M. (1969), *The Logic of Empirical Theories*, London: Routledge & Kegan Paul.
- Psillos, S. (1995), "The Cognitive Interplay Between Theories and Models: The Case of 19th Century Optics", en Herfel, W. et al. (eds.), *Models and Theories in Scientific Processes* (Poznań Studies in the Philosophy of Science and the Humanities 44), Amsterdam: Rodopi, pp. 105-133.
- Psillos, S. (1999), *Scientific Realism: How Science Tracks Truth*, London: Routledge.
- Putnam, H. (1962), "What Theories Are Not", en Nagel, E., Suppes, P. y A. Tarski (eds.), *Logic, Methodology and Philosophy of Science*, Stanford: Stanford University Press, pp. 240-251. (Versión castellana: "Lo que las teorías no son", en Roller, J. L. (ed.), *Estructura y desarrollo de las teorías científicas*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1986, pp. 123-139; y en Olivé, L. y A. R. Pérez Ransanz (eds.), *Filosofía de la ciencia: teoría y observación*, México: Siglo XXI-Universidad Nacional Autónoma de México, 1989, pp. 312-329.)
- Ramsey, F. P. (1929), "Theories", en Ramsey, F. P., *Foundations of Mathematics and other Logical Essays* (ed. por Richard B. Braithwaite), New York: Humanities Press, 1931, pp. 212-236. Traducción castellana: "Teorías", en Roller, J. L. (ed.), *Estructura y desarrollo de las teorías científicas*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1986, pp. 47-67; y en Ramsey, F. P., *Obra Filosófica Completa* (ed. por María J. Frápolli), Granada: Comares, 2005, pp. 443-468.)
- Reichenbach, H., *The Rise of Scientific Philosophy*, Berkeley: University of California Press, 1951. (Versión castellana: *La filosofía científica*, México: Fondo de Cultura Económica, 1953.)
- Reisch, G. (2005), *How the Cold War Transformed Philosophy of Science*, Cambridge: Cambridge University Press, 2005. (Versión castellana de Daniel Blanco: *Cómo la Guerra Fría transformó la filosofía de la ciencia*, Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes, 2009.)
- Riemann, B. (1854), "Über die Hypothesen, welche der Geometrie zugrunde liegen" (Habilitationsschrift), *Abhandlungen der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen* 13(1868): 133-150.

- Rizzotti, M. y A. Zanardo (1986), "Axiomatization of Genetics I & II", *Journal of Theoretical Biology* 118: 61-71, 145-152.
- Rosenfeld, A. (1988), *A History of Non-Euclidean Geometry – Evolution of the Concept of a Geometric Space*, New York: Springer.
- Rueger, A. (2005), "Perspectival Models and Theory Unification", *The British Journal for the Philosophy of Science* 56(3): 579-594.
- Ruse (1973), *The Philosophy of Biology*, London: Hutchinson. (Versión castellana: *La filosofía de la biología*, Madrid: Alianza, 1979.)
- Ruse, M. (1979). *The Darwinian Revolution: Science Red in Tooth and Claw*. second ed. Chicago: University of Chicago Press, 2ª ed. 1999. (Versión castellana de Carlos Castrodeza: *La revolución darwinista (la ciencia al rojo vivo)*, Madrid: Alianza, 1983.)
- Ruse, M. (1982), *Darwinism Defended: A Guide to the Evolution Controversies*, Reading, MA: Addison-Wesley.
- Ruse, M. (2009), "The Darwinian Revolution: Rethinking its Meaning and Significance", *PNAS* 106, suppl. 1: 10040-10047.
- Sadegh-Zadeh, K. (2012), *Handbook of Analytic Philosophy of Medicine*, Dordrecht/Heidelberg/New York/London: Springer, 2ª ed. revisada y ampliada 2015.
- Schaffner, K. F. (1969), "Correspondence Rules", *Philosophy of Science* 36: 280-290.
- Schaffner, K. F. (1980), "Theory Structures in the Biomedical Sciences", *The Journal of Medicine and Philosophy* 5: 57-97.
- Schaffner, K. F. (1986), "Exemplar Reasoning About Biological Models and Diseases: A Relation Between the Philosophy of Medicine and Philosophy of Science", *The Journal of Medicine and Philosophy* 11: 63-80.
- Schaffner, K. F. (1993), *Discovery and Explanations in Biology and Medicine*, Chicago/ London: University of Chicago Press.
- Scheibe, E. (1997), *Die Reduktion physikalischer Theorien. Ein Beitrag zur Einheit der Physik*, Teil I: Grundlagen und elementare Theorie, Berlin: Springer.
- Scheibe, E. (1999), *Die Reduktion physikalischer Theorien. Ein Beitrag zur Einheit der Physik*, Teil II: Inkommensurabilität und Grenzfallreduktion, Berlin: Springer.
- Scheibe, E. (ed. por Brigitte Falkenburg) (2001), *Between Rationalism and Empiricism. Selected Papers in the Philosophy of Physics*, Berlin: Springer.
- Shapere, D. (1964), "The Structure of Scientific Revolutions", *The Philosophical Review* 73(4): 383-394. (Reimpreso en: Shapere, D., *Reason and the Search for Knowledge*, Dordrecht: Reidel, pp. 37-48.)
- Simon, M. A. (1971), *The Matter of Life: Philosophical Problems of Biology*, New Haven/ London: Yale University Press.
- Sintonen, M. (1991), "How Evolutionary Theory Faces the Reality", *Synthese* 89: 163-183.
- Sloep, P. y M. Van der Steen (1987a), "The Nature of Evolutionary Theory: The Semantic Challenge", *Biology & Philosophy* 2: 1-15.
- Sloep, P. y M. Van der Steen (1987b), "Syntacticism versus Semanticism: Another Attempt at Dissolution", *Biology & Philosophy* 2: 33-41.
- Smocovitis, V. B. (2005). "'It Ain't Over 'til it's Over': Rethinking the Darwinian Revolution", *Journal of the History of Biology* 38(1): 33-49.
- Sneed, J. D. (1971), *The Logical Structure of Mathematical Physics*, Dordrecht: Reidel, 2ª ed. revisada 1979.
- Sneed, J. D. (1983), "Structuralism and Scientific Realism", *Erkenntnis* 19: 345-370.
- Spinoza, B. (1663), *Renati Des Cartes Principiorum Philosophiae Parts I et II more goemtrico demonstratae*, Amsterdam: J. Rieuwertsz. (Versión castellana de Atilano Domínguez: *Principios de filosofía de Descartes*, Madrid: Alianza, 1988.)
- Stadler, F. (1997), *Studien zum Wiener Kreis. Ursprung, Entwicklung und Wirkung des Logischen Empirismus im Kontext*, Frankfurt am Main: Suhrkamp. (Versión castellana de Luis Felipe Segura Martínez: *El Círculo de Viena. Empirismo lógico, ciencia, cultura y política*, México: Universidad Autónoma Metropolitana/Fondo de Cultura Económica, 2010.)
- Steffoff, R. (1996), *Charles Darwin and the Evolution Revolution*, New York: Oxford University Press.

- Stegmüller, W. (1970), *Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und analytischen Philosophie*, Band II, *Theorie und Erfahrung*, erster Halbband, Berlin/Heidelberg: Springer. (Versión castellana de C. Ulises Moulines: *Teoría y experiencia*, Barcelona: Ariel, 1979.)
- Stegmüller, W. (1973), *Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und analytischen Philosophie*, Band II, *Theorie und Erfahrung*, zweiter Halbband, *Theorienstrukturen und Theoriendynamik*, Berlin/Heidelberg: Springer. (Versión castellana de C. Ulises Moulines: *Estructura y dinámica de teorías*, Barcelona: Ariel, 1983.)
- Stegmüller, W. (1979a), *The Structuralist View of Theories*, Berlin: Springer. (Versión castellana: Stegmüller, W., *La concepción estructuralista de las teorías*, Madrid: Alianza, 1981.)
- Stegmüller, W. (1979b), “The Structuralist View: Survey, Recent Developments and Answers to Criticisms”, en Niiniluoto, I. y R. Tuomela (eds.), *The Logic and Epistemology of Scientific Change*, Amsterdam: Acta Philosophica Fennica, pp. 113-129. (Versión castellana: “La concepción estructuralista: panorama, desarrollos recientes y respuestas a algunas críticas”, *Teorema* 12 (1982): 159-179.)
- Stegmüller, W. (1986), *Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und analytischen Philosophie*, Band II, *Theorie und Erfahrung*, dritter Halbband, *Die Entwicklung des neuen Strukturalismus seit 1973*, Berlin/Heidelberg: Springer.
- Suppe, F. (1967). *The Meaning and Use of Models in Mathematics and the Exact Sciences*, Tesis doctoral, Michigan: University of Michigan.
- Suppe, F. (1972), “What’s Wrong with the Received-View on the Structure of Scientific Theories?”, *Philosophy of Science* 39: 1-19.
- Suppe, F. (1974a). “The Search for Philosophical Understanding of Scientific Theories”, en Suppe, F. (ed.), *The Structure of Scientific Theories*, Urbana, Ill.: The University of Illinois Press, pp. 3-241. (Versión castellana: “En busca de una comprensión filosófica de las teorías científicas”, en Suppe, F. (ed.), *La estructura de las teorías científicas*, Madrid: Editora Nacional, 1979, pp. 15-277.)
- Suppe, F. (ed.) (1974b), *The Structure of Scientific Theories*, Urbana, Ill.: The University of Illinois Press. (Versión castellana: *La estructura de las teorías científicas*, Madrid: Editora Nacional, 1979.)
- Suppe, F. (1974c), “Some Philosophical Problems in Biological Speciation and Taxonomy”, en Wojciechowski, J. (ed.), *Conceptual Basis of the Classification of Knowledge*, Munich: Verlag Dokumentation, 1974, pp. 190-243. (Reimpreso en: Suppe, F., *The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism*, Urbana and Chicago: University of Illinois Press, 1989, pp. 201-265.)
- Suppe, F. (1977), “Afterword—1977”, en Suppe, F. (ed.), *The Structure of Scientific Theories*, Urbana, Ill.: The University of Illinois Press, 2ª ed. 1977, pp. 617-730.
- Suppe, F. (1989), *The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism*, Urbana and Chicago: University of Illinois Press.
- Suppe, F. (1989), *The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism*, Urbana and Chicago: University of Illinois Press.
- Suppe, F. (1998), “Theories, scientific”, Craig, E. (ed.), *Routledge Encyclopedia of Philosophy*, London: Routledge. Acceso: 14 de enero, 2009: <http://www.rep.routledge.com/article/Q104SECT2>.
- Suppe, F. (2000), “Understanding Scientific Theories: An Assessment of Developments, 1969-1998”, *Philosophy of Science* 67 (Proceedings): S102-S115.
- Suppes, P. (1954), “Some Remarks on the Problems and Methods in the Philosophy of Science”, *Philosophy of Science* 21: 242-248. (Versión castellana: “Algunas consideraciones sobre los problemas y métodos de la filosofía de la ciencia”, en Suppes, P., *Estudios de filosofía y metodología de la ciencia*, Madrid: Alianza, 1988, pp. 29-37.)
- Suppes, P. (1957), *Introduction to Logic*, New York: Van Nostrand. (Versión castellana: *Introducción a la lógica simbólica*, México, CECSA, 1966.)
- Suppes, P. (1960), “A Comparison of the Meaning and Uses of Models in Mathematics and the Empirical Sciences”, *Synthese* 12: 287-301. (Versión castellana: “Una comparación del significado y los usos de los modelos en las matemáticas y las ciencias empíricas”, en Suppes, P., *Estudios de filosofía y metodología de la ciencia*, Madrid: Alianza, 1988, pp. 109-123.)
- Suppes, P. (1962), “Models of Data”, en Nagel, E., Suppes, P. y A. Tarski (eds.), *Logic, Methodology and Philosophy of Science: Proceedings of the 1960 International Congress*, Stanford: Stanford University Press, pp. 252-261. (Versión

- castellana: “Modelos de datos”, en Suppes, P., *Estudios de filosofía y metodología de la ciencia*, Madrid: Alianza, 1988, pp. 147-159.)
- Suppes, P. (1969), *Studies in the Methodology and Foundations of Science. Selected Papers from 1951 to 1969*, Dordrecht: Reidel.
- Suppes, P. (1970), *Set-Theoretical Structures in Science*, Stanford: Stanford University.
- Suppes, P. (1993), *Models and Methods in the Philosophy of Science: Selected Essays*, Dordrecht: Reidel.
- Suppes, P. (2002), *Representation and Invariance of Scientific Structures*, Stanford: Center for the Study of Language and Information (CSLI).
- Swoyer, C. (1991), “Structural Representation and Surrogate Reasoning”, *Synthese* 87: 449-508.
- Tarski, A. (1936), “O pojęciu wynikania logicznego”, *Przegląd Filozoficzny* 39: 58-68. (Versión alemana: “Über den Begriff der logischen Folgerung”, *Actes du Congrès International de Philosophie Scientifique*, Sorbonne, Paris, 1935, Paris: Hermann & Cie., Éditeurs, 1936, vol. VII, pp. 1-11.)
- Teller, P. (2004), “How We Dapple the World”, *Philosophy of Science* 71(4): 425-447.
- Thiel, C. (1996), “Theorie”, en Mittelstraß, J. (ed.), *Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie*, Stuttgart-Weimar: Verlag J.B. Metzler, Vol. 4, pp. 260-270.
- Thompson, P. (1983), “The Structure of Evolutionary Theory: A Semantic Approach”, *Studies in History and Philosophy of Science* 14: 215-229.
- Thompson, P. (1986), “The Interaction of Theories and the Semantic Conception of Evolutionary Theory”, *Philosophica* 37: 73-86.
- Thompson, P. (1987), “A Defence of the Semantic Conception”, *Biology & Philosophy* 2: 26-32.
- Thompson, P. (1989), *The Structure of Biological Theories*, Albany, N.Y.: State University of New York Press.
- Thompson, P. (2007), “Formalisations of Evolutionary Biology”, en Matthen, M. y C. Stephens (eds.), *Handbook of the Philosophy of Science: Philosophy of Biology*, Amsterdam: Elsevier, 2007, pp. 485-523.
- Thomson, W. (1842), “On the Uniform Motion of Heat in Homogeneous Solid Bodies, and its Connection with the Mathematical Theory of Electricity”, *The Cambridge Mathematical Journal* 3 (1843): 71-84.
- Thomson, W. (1884), “Notes of Lectures on Molecular Dynamics and The Wave Theory of Light”, en Kargon, R. y P. Achinstein (eds.), *Kelvin’s Baltimore Lectures and Modern Theoretical Physics*, Cambridge: MIT Press, 1987, pp. 9-263.
- Torretti, R. (1990). *Creative Understanding: Philosophical Reflections on Physics*, Chicago: The University of Chicago Press.
- Torretti, R. (1993), “El método axiomático”, en Moulines, C. U. (ed.), *La ciencia: estructura y desarrollo*, Madrid: Trotta, pp. 89-110.
- Toulmin, S. (1953), *The Philosophy of Science*, London: Hutchinson & Co. (Versión castellana: *La filosofía de la ciencia*, Buenos Aires: Los libros del mirasol, 1964.)
- Toulmin, S. (1961), *Foresight and Understanding*, London: Hutchinson & Co.
- Toulmin, S. (1972), *Human Understanding*, vol I, Oxford: Clarendon Press. (Versión castellana: *La comprensión humana*, Madrid: Alianza, 1977.)
- Vailati, G. (1905), “Intorno al significato della differenza tra gl’assiomi ed i postulati nella geometria greca”, en Krazer, A. (ed.), *Verhandlungen des dritten Internationalen Mathematiker-Kongresses, in Heidelberg vom 8. bis 13. August 1904*, Leipzig: Teubner, pp. 575-581.
- Van Balen, G. (1986), “The Influence of Johanssen’s Discoveries on the Constraint-Structure of the Mendelian Research Program. An Example of Conceptual Problem Solving in Evolutionary Theory”, *Studies in History and Philosophy of Science* 17: 175-204.
- Van Balen, G. (1987), “Conceptual Tensions Between Theory and Program: The Chromosome Theory and the Mendelian Research Program”, *Biology & Philosophy* 2: 435-461.
- van Fraassen, B. (1970), “On the Extension of Beth’s Semantics of Physical Theories”, *Philosophy of Science* 37: 325-339.
- van Fraassen, B. (1972), “A Formal Approach to the Philosophy of Science”, en Colodny, R. (ed.), *Paradigms and Paradoxes*, Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, pp. 303-366.

- van Fraassen, B. (1974), "The Formal Representation of Physical Quantities", en Cohen, R. S. y M. W. Wartofsky (eds.), *Logical and Epistemological Studies in Contemporary Physics*, Dordrecht/Boston: Reidel, pp. 196-209.
- van Fraassen, B. (1976), "To Save the Phenomena", *The Journal of Philosophy* 73(18): 623-632.
- van Fraassen, B. (1980), *The Scientific Image*, Oxford: Clarendon Press. (Versión castellana: *La imagen científica*, México: Paidós/UNAM, 1996.)
- van Fraassen, B. (1987), "The Semantic Approach to Scientific Theories", en Nersessian, N. (ed.), *The Process of Science*, Dordrecht: Nijhoff, pp. 105-124.
- van Fraassen, B. (1989), *Laws and Symmetry*, Oxford: Clarendon Press, 1989.
- van Fraassen, B. (1997), "Structure and Perspective: Philosophical Perplexity and Paradox", en Dalla Chiara et al. (1997), pp. 511-530.
- van Fraassen, B. (2006), "Structure: its Shadow and Substance", *The British Journal for the Philosophy of Science* 57: 275-307.
- van Fraassen, B. (2008), *Scientific Representation: Paradoxes of Perspective*. New York: Oxford University Press.
- von Neumann, J. (1932), *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*, Berlin: Springer.
- Waddington, C. H. (ed.) (1968-72), *Towards a Theoretical Biology* (4 volumes). Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Weisberg, M. (2006), "Forty Years of 'The Strategy': Levins on Model Building and Idealization", *Biology & Philosophy* 21: 623-645.
- Weisberg, M. (2007), "Who is a Modeler?", *The British Journal for the Philosophy of Science* 58: 207-233.
- Weisberg, M. (2013), *Simulation and Similarity: Using Models to Understand the World*, Oxford: Oxford University Press.
- Weyl, H. (1927), "Quantenmechanik und Gruppentheorie", *Zeitschrift für Physik* 46:1-46.
- Weyl, H. (1928), *Gruppentheorie und Quantenmechanik*, Leipzig: Hirzel, 2ª ed. 1931.
- Whewell, W. (1840) *The Philosophy of the Inductive Sciences, founded upon their history*, 2 vols., London: John W. Parker, 2ª ed. 1847.
- Williams, M. B. (1970), "Deducing the Consequences of Evolution: A Mathematical Model", *Journal of Theoretical Biology* 29: 343-385.
- Wimsatt, W. C. (1987), "False Models as Means to Truer Theory", en Nitecki, M. H. y A. Hoffman (eds.), *Neutral Models in Biology*, Oxford: Oxford University Press, pp. 23-55.
- Winther, R. G. (2006), "On the Dangers of Making Scientific Models Ontologically Independent: Taking Richard Levins' Warnings Seriously", *Biology & Philosophy* 21: 703-724.
- Wójcicki, R. (1974), "Set Theoretic Representations of Empirical Phenomena", *Journal of Philosophical Logic* 3(3): 337-343.
- Woodger, J. H. (1929), *Biological Principles. A Critical Study*, London: Routledge & Kegan Paul, reed. con una nueva introducción, 1967.
- Woodger, J. H. (1937), *The Axiomatic Method in Biology*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Woodger, J. H. (1939), *The Technique of Theory Construction*, Chicago: University of Chicago Press.
- Woodger, J. H. (1952), *Biology and Language*, Cambridge: Cambridge University Press. (Versión castellana de Manuel Garrido: *Biología y lenguaje*, Madrid: Tecnos, ed. revisada, 1978.)
- Woodger, J. H. (1959), "Studies in the Foundations of Genetics", en Henkin, L., Suppes, P. y A. Tarski (eds.), *The Axiomatic Method*, Amsterdam: North-Holland, pp. 408-428.
- Worrall, J. (1989), "Structural Realism: The Best of Both Worlds?", *Dialectica* 43: 99-124.
- Wuketits, F. M. (1987), *Charles Darwin: der Stille Revolutionär*, München: Piper.