



Leyes fundamentales y leyes de la biología

Pablo LORENZANO



RESUMEN

En este artículo discuto el problema de las leyes científicas en general y de las leyes de la biología en particular. Después de pasar revista al debate acerca de la existencia de leyes en biología, examino el tema a la luz de la noción estructuralista de ley fundamental y argumento a favor de la *ley de concordancia* como la *ley fundamental* de la genética.

PALABRAS-CLAVE • Ley científica. Ley de la biología. Universalidad. Necesidad. Aprioricidad. Concepción estructuralista. Ley fundamental. Genética. Ley de concordancia.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es contribuir a la discusión acerca de las leyes científicas en general y de la biología en particular. En primer lugar, son presentados dos argumentos en contra de la existencia de *leyes en biología*, uno basado en su *no-universalidad* (cf. Smart, 1963) y el otro en su *contingencia evolutiva* (cf. Beatty, 1995). A continuación, se exponen dos reacciones ante tales argumentos. La primera, que consiste en efectuar un análisis crítico de ellos, es la de autores como Ruse (1970), Munson (1975) y Carrier (1995). La segunda, representada por Brandon (1978, 1981, 1997), Sober (1984, 1993, 1997) y Elgin (2003), defiende la existencia de leyes (o principios) en biología, aunque argumentando que éstas son no-empíricas o *a priori*. Por último, y luego de acordar en limitar la discusión al ámbito de las *leyes científicas* o *de la ciencia*, por oposición a las consideradas *leyes de la naturaleza*, se examina la temática a la luz del *concepto estructuralista de ley fundamental* y del análisis de aquello que, según la reconstrucción de la *genética* realizada por Balzer & Dawe (1990) y posteriormente desarrollada por Balzer & Lorenzano (2000) y Lorenzano (1995; 2000; 2002a), podría ser considerado su *ley fundamental*, la *ley de concordancia*.

I EN CONTRA DE LA EXISTENCIA DE LEYES EN BIOLOGÍA I: SMART Y LA UNIVERSALIDAD

La argumentación de Smart (1963) consta de los siguientes pasos. Primero, da una caracterización de un concepto que él denomina “ley en sentido estricto”, que se asume como aplicable a las leyes de la física y la química. Luego, analiza lo que habitualmente es presentado en biología como ejemplos de leyes en función de si poseen las mismas características que las leyes de las disciplinas anteriormente mencionadas. Por último, concluye que en biología no hay leyes (“en sentido estricto”), sino, a lo sumo, generalizaciones, debido a que los ejemplos por él investigados de supuestas leyes biológicas no comparten tales características.

Smart caracteriza el concepto de ley en sentido estricto, de un modo que se corresponde aproximadamente con la elucidación clásica del concepto de *ley fundamental*, dada, por ejemplo, en Hempel & Oppenheim (1948), del siguiente modo. Una proposición es una *ley en sentido estricto* si y sólo si satisface las siguientes condiciones:

- (1) tiene forma universal, es decir, es una proposición general que sólo contiene cuantificadores universales, por ejemplo del tipo $(x)(Fx \rightarrow Gx)$;
- (2) su alcance es ilimitado, esto es, se aplica en todo tiempo y espacio, lo cual estaría asegurado en caso de que el universo de discurso, es decir, el dominio de objetos cubiertos por los cuantificadores (el rango de las variables individuales), consistiera en todos los objetos físicos del universo o de todas las localizaciones espacio-temporales;
- (3) no hace referencia explícita o implícita a objetos particulares, prohibiéndose el uso de nombres propios o de una referencia tácita a nombres propios;
- (4) contiene únicamente términos generales, es decir, sólo se permite en su formulación la utilización de predicados puramente universales en carácter (según la terminología de Popper, 1935, secciones 14 y 15), también llamados por Hempel puramente cualitativos (cf. Hempel & Oppenheim, 1948, p. 269), que no refieren a ningún objeto particular ni a ninguna localización espacio-temporal (cf. Smart, 1963, p. 53).

Para averiguar si en la biología hay proposiciones que cumplen los cuatro requisitos arriba mencionados y pueden, entonces, ser llamadas “leyes en sentido estricto” (o fundamentales), Smart propone analizar lo que habitualmente es presentado en biología como ejemplos de leyes, tales como las denominadas “leyes de Mendel”. Nos invita a considerar primero la siguiente proposición que, dice, es una proposición que obviamente pertenece a la historia natural: los ratones albinos siempre se reproducen

puros. De esta proposición afirma que, si bien es general en el sentido lógico, no es una ley en sentido estricto, pues conlleva la referencia implícita a una entidad particular, a saber: la Tierra, ya que el término “ratones” denota una especie de animales determinada, cuya definición requiere la referencia a nuestro planeta (cf. Smart, 1963, p. 53-4). Aun cuando – continúa Smart (1963, p. 54) – redefinamos el término “ratón” sin hacer referencia a la Tierra, sino mediante una serie de propiedades A_1, A_2, \dots, A_n sólo poseídas por ratones entre los animales de este planeta, es muy probable que la proposición de que todos los que posean esas propiedades y sean albinos también se reproduzcan puros sea falsa. En algún planeta perteneciente a una estrella remota podría haber una especie de animales con tales propiedades, que sean albinos, pero que no se reproduzcan puros. En dicho caso, tal proposición ya no sería universalmente verdadera y, por lo tanto, no tendría un alcance ilimitado; de lo cual concluiríamos que no nos encontramos ante una ley en sentido estricto o fundamental.

Si dirigimos luego nuestra atención a las consideradas leyes de la genética, tales como las denominadas “leyes de Mendel”, ocurre no sólo que no tenemos ninguna certeza de su validez fuera del restringido ámbito espacial de la Tierra, sino que aun aquí en nuestro planeta nos encontramos con excepciones. Según Smart, ni siquiera las poblaciones terrestres segregan perfectamente de acuerdo con la denominada “ley de la segregación mendeliana” y esto “por una multitud de razones, de las cuales la más importante es el fenómeno de entrecruzamiento” (Smart, 1963, p. 55-6). La ley de la segregación mendeliana, supuesta ley fundamental de la genética, no es por lo tanto una ley en sentido estricto.

2 EN CONTRA DE LA EXISTENCIA DE LEYES EN BIOLOGÍA II:

BEATTY Y LA NECESIDAD

Otro argumento en contra de la existencia de leyes en biología, muy discutido en los últimos tiempos, está basado en la llamada “tesis de la contingencia evolutiva” y presupone un análisis modal del concepto de ley (“ley natural” o “ley de la naturaleza”) en términos de necesidad nómica o natural. Según dicho análisis, para que un enunciado sea considerado una ley, éste debería expresar algo más que una regularidad verdadera, esto es, no basta ser, además de universal, verdadero contingentemente, sino que debería poseer necesidad natural (o nómica). Sin embargo, sostiene Beatty (cf. 1981; 1987; 1995; 1997), las generalizaciones del mundo viviente son de dos tipos: o bien “son sólo generalizaciones matemáticas, físicas o químicas (o consecuencias deductivas de generalizaciones matemáticas, físicas o químicas más condiciones iniciales)” (Beatty, 1995, p. 46), o bien “generalizaciones distintivamente biológicas” (Beatty, 1995, p. 47);

si son generalizaciones del primer tipo, éstas no pueden ser consideradas leyes de la biología; mientras que si son del segundo, éstas describen resultados contingentes de la evolución y, de este modo, carecen de *necesidad natural* o *nómica* y por lo tanto no deberían ser consideradas leyes de la naturaleza.

Beatty – mediante la elaboración de una tesis sostenida por Gould (1989) – distingue dos sentidos de “contingencia” evolutiva, es decir, dos sentidos en los que los agentes de la evolución pueden romper las reglas así como hacerlas y en los que la naturaleza falla en garantizar (*fails to necessitate*) la verdad de las generalizaciones biológicas: (a) el sentido más débil – que Carrier (1995) denomina de la “contingencia simple” –, concierne a la dependencia de las generalizaciones biológicas de las circunstancias en general, según el cual “las condiciones que llevan a la predominancia evolutiva de un rasgo particular dentro de un grupo particular pueden cambiar, de forma tal que la predominancia del rasgo decline” (Beatty, 1995, p. 53), tiene como fuentes la mutación, la selección natural en ambientes cambiantes y la deriva al azar de las frecuencias génicas en poblaciones pequeñas y/o entre genotipos relativamente equivalentes – entre otros –; y (b) el sentido más fuerte –denominada “contingencia de alto nivel” por Carrier (1995) –, concierne a la falla de las circunstancias de determinar inequívocamente el resultado, según el cual todas las generalizaciones describen estados de cosas “contingentes”, ya que la “evolución puede llevar a resultados diferentes desde el mismo punto de partida, aun cuando estén operando las mismas presiones selectivas” (Beatty, 1995, p. 57), debido a distintas razones, entre las que se encuentran la llamada mutación “por azar” o “*random*” (la probabilidad de ocurrencia de una mutación no es en ningún modo proporcional a la ventaja que ella confiere), la “equivalencia funcional” (hay muchas maneras diferentes de adaptarse a un medio cualquiera) y la deriva por azar de las frecuencias génicas en pequeñas poblaciones.

Esta tesis de la contingencia evolutiva (TCE), sostiene Beatty, se relaciona a su vez con otros temas de la filosofía de la biología, a partir de los cuales obtiene apoyo y adquiere sentido: los ideales explicativos de la biología, especialmente el “pluralismo teórico”, y la naturaleza de las controversias en biología, específicamente las controversias de “significatividad relativa”. De acuerdo con Beatty, el pluralismo teórico, según el cual “*distintos items del mismo dominio requieren explicaciones en términos de teorías o mecanismos diferentes*” (Beatty, 1995, p. 65), es característico de la biología, en oposición al monismo teórico de la tradición newtoniana, que busca explicar un dominio de fenómenos en términos de tan pocos mecanismos diferentes como sean posibles, y en el mejor de los casos un único mecanismo. Para Beatty también son características de la biología las disputas de “significatividad relativa”, en donde lo que está en cuestión es el alcance de aplicabilidad de una teoría dentro de un dominio, su dominio pretendido, esto es, la proporción de fenómenos dentro del dominio que la

teoría describe correctamente, y no si el mecanismo o teoría es la descripción correcta (Beatty, 1995, p. 75).

Según Beatty, los ejemplos de pluralismo teórico y de controversias de significatividad relativa que aparecen en todos los niveles de investigación en biología dan apoyo a la TCE en el siguiente sentido: ya que las contingencias de la historia evolutiva excluyen (imposibilitan) la existencia de leyes en biología, no es sorprendente que un biólogo esté más interesado en el *alcance de aplicabilidad* de una teoría dentro de su dominio pretendido que en su posible *universalidad* dentro de ese dominio, y que, al no esperar generalizaciones universales que valgan dentro de un dominio, los biólogos esperan en su lugar valerse de una pluralidad de teorías para cubrirlo.

3 EN DEFENSA DE LAS LEYES DE LA BIOLOGÍA I:

RUSE, MUNSON Y CARRIER SOBRE SMART Y BEATTY

Una estrategia posible en contra de tal argumentación consiste en cuestionar el análisis que Smart realiza de los ejemplos seleccionados. Este camino es seguido, por ejemplo, por Ruse (1970) y Munson (1975). Ambos señalan que el enunciado “los ratones albinos siempre se reproducen puros” no constituye de ninguna manera algo que pudiera presentar algún biólogo o genetista como ley, en sentido estricto o fundamental. Según Ruse, tal enunciado, en caso de ser considerado como una ley, habría de serlo, más bien, como una ley derivada, obtenida a partir de las leyes fundamentales “los genes albinos son recesivos” y la ley de la segregación de Mendel – que, de acuerdo con la formulación que él da, “establece que cuando dos organismos se cruzan, cada uno contribuye a la descendencia con sólo uno de los genes del par presente en cada *locus* particular, y que, considerado con respecto a ese *locus* solamente, la probabilidad de que sea transmitido a la descendencia uno u otro de los genes del par es exactamente la misma”–, ninguna de las cuales hace referencia, explícita o implícita, a la Tierra. Por otro lado, Ruse añade que ninguna definición de un grupo de organismos (especie) necesita hacer referencia, ni siquiera implícitamente, a la Tierra, y que en la práctica ninguna definición haría tal referencia (cf. Ruse, 1970, p. 246).

Para Munson, por su parte, el error que comete Smart al considerar el enunciado “los ratones albinos siempre se reproducen puros” es el de confundir una instancia de ley con la ley misma: tal enunciado es en realidad una instancia del principio mendeliano que afirma que “todo organismo diploide, homocigótico con relación a un carácter recesivo, se reproduce puro”, en cuya formulación no se hace referencia, explícita o implícita, a ninguna especie o gen particular, y que no sólo es lógicamente general, sino también irrestricto espacio-temporalmente (cf. Munson, 1975, p. 445).

Además, tanto para Ruse como para Munson la ley de la segregación mendeliana, que es universal en su forma, no hace referencia explícita o implícita a objetos particulares (como ser la Tierra), es irrestricta espacio-temporalmente y no contiene otros términos que no sean generales, es decir, satisface todos los requisitos que, según Smart, debe de satisfacer un enunciado para ser denominado “ley en sentido estricto”.

En cuanto al señalamiento de la existencia de excepciones a tal ley, Ruse señala que la ley de la segregación no es la ley que requiere ser modificada debido a la existencia de excepciones, sino otra de las leyes atribuidas a Mendel, a saber: la ley de la transmisión independiente, y esto no debido al “entrecruzamiento” (*crossing-over*), sino debido a otro fenómeno conocido como “enlace” (*linkage*). Además, Ruse señala que si bien es cierto que habría excepciones a la ley de la segregación, particularmente debidas a la existencia de genes extra-cromosómicos, estas excepciones formarían una proporción muy pequeña de la totalidad de los casos analizados por la genética, de todos modos no mayor que la que uno encuentra en la mayoría de las leyes físicas (cf. Ruse, 1970, p. 24³⁻⁴).

Por otro lado, hemos visto que la tesis de la contingencia evolutiva, que encuentra apoyo y adquiere sentido a través del “pluralismo teórico” y las disputas de “significatividad relativa”, es suficiente, para Beatty, para negar que las generalizaciones biológicas sean leyes. Pero, aun cuando admite no saber si hay leyes físicas o químicas, concede que es posible que las generalizaciones físicas o químicas, que son verdaderas de los mundos viviente y no-viviente, sean contingentes, quizás no evolutivamente contingentes, sino “cosmológicamente”. De hecho, como señala Carrier (1995), la tesis de la contingencia evolutiva no parece ser exclusiva de la biología en ninguno de los dos sentidos, ya sea el más débil o el más fuerte. En relación con el sentido más débil, resultados concretos obtenidos sobre la base de todas las leyes científicas dependen fuertemente de las condiciones iniciales y de contorno que han sido escogidas. Respecto del sentido más fuerte, la ocurrencia de cambios al azar, que tornan no predictivas a las explicaciones evolutivas, es una situación que también está presente en la mecánica cuántica (donde es imposible predecir fenómenos cuánticos; sólo pueden ser predichas medias y frecuencias relativas de los valores medidos). Más aún, el “pluralismo teórico” y las controversias de “significatividad relativa” son más comunes en la física que lo que Beatty piensa y, de este modo, no son sólo características de la biología.

4 EN DEFENSA DE LAS LEYES DE LA BIOLOGÍA II:

BRANDON, SOBER Y ELGIN SOBRE LEYES BIOLÓGICAS NO-EMPÍRICAS O *a priori*

Otra estrategia utilizada para defender la existencia de leyes o principios en biología – o de enunciados que, no ajustándose a la elucidación clásica del concepto de ley, cumplen en la biología roles equivalentes a los que tradicionalmente se les adjudican a las leyes, como por ejemplo el de ser explicativas – consiste en distinguir dos tipos de generalizaciones: las empíricas – eventualmente no universales y contingentes- o de necesidad nómica limitada – y las no-empíricas – pero explicativas –, y en sostener que al menos algunas (de las) leyes biológicas (más fundamentales) o principios son del segundo tipo. Esta es la estrategia seguida por autores como Brandon (1978; 1997), Sober (1984; 1993; 1997) y Elgin (2003).

De acuerdo con el primero (Brandon 1978; 1997), las generalizaciones de este tipo son leyes esquemáticas o esquemas de ley que carecen de contenido empírico por sí mismas, es decir, que no poseen contenido empírico biológico, sino que son más bien matemáticas aplicadas a problemas biológicos y, en ese sentido, analíticas, pero que constituyen principios organizativos de las teorías empíricas de las que provienen, jugando un rol esencial en todas las explicaciones que proporcionan dichas teorías. Pero si estas generalizaciones carecen de contenido empírico en tanto esquemas de ley, no ocurre lo mismo con sus supuestos de aplicabilidad ni con sus instanciaciones, que son empíricos. Brandon (1997) recomienda lo que denomina el “conservadurismo lingüístico”, consistente en mantener la caracterización clásica de ley y en reconocer que otras cosas distintas a las leyes así caracterizadas pueden tener poder explicativo, ya sean regularidades empíricas pero contingentes o generalizaciones no-empíricas (citando como ejemplos de este último tipo al principio de selección natural, a la ley de Hardy-Weinberg y a la explicación de Galton de regresión al medio).

En distintos trabajos, Sober (1984; 1993; 1997) ha argumentado que el proceso de la evolución está gobernado por modelos – tales como el teorema fundamental de la selección natural de Fisher, el modelo de Kimura de la evolución neutral o la ley de Hardy-Weinberg – que, mientras que constituyen leyes de procesos – caracterizadas por ser generalizaciones cualitativas que soportan contrafácticos y que describen relaciones causales y explicativas, diciendo cómo los sistemas de tipo especificado se desarrollan en el tiempo, y gobernando así las trayectorias de las poblaciones, al describir la probabilidad de distribución de los estados que el sistema pudiera ocupar en alguna cantidad fijada de tiempo posterior –, pueden ser conocidos como verdaderos *a priori*, independientemente de la experiencia sensible (cf. Sober, 1984, p. 65; 1997, p. S458-9).

Sin embargo, a pesar de que las proposiciones de los modelos matemáticos de la biología evolutiva son *a priori*, Sober (cf. 1984; 1993) enfatiza tanto su carácter no trivial como de ser revisables a la luz de la experiencia, es decir, de ser contrastables empíricamente, y en este sentido su carácter empírico, aun en el caso de que sean concebidas como tautologías – ya sea por ser verdades matemáticas o, como en una de las interpretaciones habituales del principio de la selección natural, que él rechaza (cf. Sober, 1984, p. 74; 1993, p. 69-73), por constituir definiciones, pues saber si se cumplen las condiciones estipuladas por el modelo propuesto, es decir, determinar si el modelo se aplica o no, o si hay entidades que se ajusten a la supuesta definición proporcionada por éstas (cf. 1984, p. 81), es una cuestión empírica (cf. 1993, p. 16, 18, 73).

En esa misma línea de pensamiento, sostiene que, incluso cuando una generalización utilizada en una explicación pudiera ser una verdad matemática, “[l]a explicación *como un todo* es empírica, a causa de *otros* de sus componentes” (Sober, 1984, p. 79), pues, como nos enseñan Duhem y Quine, “aserciones altamente teóricas resultan en predicciones observacionales sólo cuando son asociadas con supuestos adicionales [...] [lo que] muestra porqué puede ser difícil ver si una aserción teórica es contrastable empíricamente, ya que no se puede determinar esto examinando la afirmación de manera aislada” (1984, p. 73).

Por otro lado, Sober plantea una manera de transformar – mediante la explicitación de la cláusula *ceteris paribus* o, como habría que denominarla siguiendo a Joseph (1980), *ceteris absentibus* implícitos en los modelos evolutivos – las generalizaciones biológicas contingentes en leyes no-contingentes (cf. 1997, p. S459-61), relacionando así, mediante cierta “formulación apropiada”, la idea de leyes biológicas (de proceso) *a priori* – o enunciados generales “del tipo ‘si/entonces’” (Sober, 1993) – con la tesis de la contingencia evolutiva planteada por Beatty. Para ello, en primer lugar, propone representar la tesis de la contingencia evolutiva planteada por Beatty de la siguiente manera (Sober, 1997, p. S460):

$$\frac{I \rightarrow [\text{si } P \text{ entonces } Q]}{t_0 \qquad t_1 \qquad t_2}$$

en donde I es el conjunto de condiciones iniciales contingentes obtenidas en un tiempo determinado (t_0), que causa una generalización que es verdadera durante algún período temporal posterior (de t_1 a t_2). Debido a que la generalización es verdadera sólo a causa de que se obtuvo I, podríamos decir que la generalización es contingente. “Sin embargo”, continúa Sober, “hay *otra* generalización que sugiere este escenario, y dista de ser claro que *esta* generalización sea contingente. Esta generalización tendrá la siguiente forma lógica:

(L) Si I se obtiene en un tiempo, entonces la generalización [si P entonces Q] valdrá después” (Sober, 1997, p. S460).

Podríamos decir, utilizando la terminología de Schaffner (1980; 1993), que este expediente permite “congelar” los accidentes “históricos” en “universalidad nómica”,¹ aunque *a priori*.

Por último, basándose en los análisis realizados por Sober (1997) y tomando como ejemplo a la ley de Hardy-Weinberg, Elgin también ha sostenido en un artículo reciente la existencia de leyes biológicas *a priori*. Su argumentación consiste en mantener que generalizaciones biológicas no-empíricas o *a priori* “figuran en explicaciones y predicciones en biología de un modo similar a como lo hacen las leyes físicas en explicaciones y predicciones en física” y que, mientras se suele acordar en el debate sobre las leyes de la naturaleza “que las leyes deben ser empíricas y universales”,

o bien tenemos que apearnos al requisito empírico y decir que tales generalizaciones biológicas *a priori* no son leyes de la naturaleza o bien tomamos tales generalizaciones biológicas *a priori* como evidencia de que el requisito empírico es demasiado fuerte. Yo favorezco lo último. Una de las implicaciones de abandonar este requisito es que la biología posee leyes (Elgin, 2003, p. 1381).

5 LA NOCIÓN DE LEY FUNDAMENTAL EN LA CONCEPCIÓN ESTRUCTURALISTA DE LAS TEORÍAS

En los apartados anteriores vimos la discusión que ha habido en el ámbito de la filosofía de la biología acerca de la existencia de leyes en esa disciplina, articulada en torno a las temáticas de la universalidad, la necesidad y el carácter *a priori* de dichas leyes. En esta sección trataremos de mostrar cómo son susceptibles de ser abordadas esas cuestiones mediante la noción de ley fundamental propuesta en el marco de la concepción estructuralista de las teorías.²

“Cuando los filósofos discuten leyes de la naturaleza hablan en términos de universalidad y necesidad”, escribe uno de los más importantes representantes de la familia semanticista, a la cual pertenece la concepción estructuralista, van Fraassen

¹ Para una mayor discusión del tratamiento que realiza Schaffner de la accidentalidad y/o de la necesidad, así como de otros aspectos de la propuesta de este autor, puede consultarse Lorenzano (en prensa).

² Ver Balzer; Moulines & Sneed (1987) para una presentación completa, o Díez & Lorenzano (2002) para una presentación sucinta, de esta concepción metateórica.

(Fraassen 1989, p. 1). Los dos argumentos presentados en contra de la existencia de leyes biológicas se refieren precisamente a su falta de universalidad y necesidad. Como hemos visto, sin embargo, con estos criterios parece que no sólo deberían ser descartadas como tales las leyes biológicas, sino también las más respetables leyes físicas. De hecho, debido a la falta de criterios no problemáticos para las leyes de la naturaleza, van Fraassen (1989) propone que dispensemos de esa categoría. Su crítica al concepto de necesidad natural o nómica y su consecuente escepticismo respecto de la noción de ley de la naturaleza es compartido por otros autores, tales como Swartz (1995). Aceptar esto, sin embargo, no implica para ellos que no haya ecuaciones fundamentales o principios básicos de teorías que de hecho estructuren la práctica científica real; excepto que éstas, en oposición a las *leyes de la naturaleza*,³ son concebidas como *leyes científicas* (Swartz, 1995) o *leyes de los modelos* (Fraassen, 1989; 1993). Tales leyes no son concebidas como regularidades empíricas que gobiernan el mundo natural que nos rodea, independientemente de si los seres inteligentes poseen o no conocimiento de esas regularidades o de si ha sido desarrollada una representación simbólica apropiada o no para al menos algunas de esas regularidades, sino como creaciones humanas, e.e., como regularidades del mundo natural (o, mejor aún, del *mundo modelado*) conocidas por nosotros y que han sido puestas en formas simbólicas apropiadas y han sido adoptadas en nuestro esfuerzo colectivo por explicar, predecir y controlar dicho mundo. En lo que sigue, cuando hablemos de leyes, lo haremos para referirnos a las leyes científicas o de la ciencia y, correspondientemente, a las leyes de la biología o de las ciencias biológicas.

A pesar de los sucesivos y renovados esfuerzos realizados, sin embargo, todavía no disponemos de un concepto satisfactorio de ley científica, es decir, de un conjunto adecuado de condiciones necesarias y suficientes precisas como criterio para que un enunciado sea considerado una “ley”.⁴ Más aún, “[e]s probable que ningún conjunto tal de condiciones pueda ser alguna vez encontrado que apareciera como satisfactorio para todos, ya que la noción de ley es una noción fuertemente histórica, dependiente de la disciplina” (Balzer, Moulines & Sneed, 1987, p. 19). Dentro de la tradición estructuralista, cuando de manera por lo general dispersa, pero recurrente, se trata el tema de las leyes,⁵ las discusiones, aun desde sus comienzos con Sneed (1971), si bien no con esa terminología, se centran en aquellas que, a partir de Stegmüller (1973), son

³ Ver Weinert (1995) para una discusión en torno al concepto de ley de la naturaleza.

⁴ Ver Stegmüller (1983) y Salmon (1989) para un análisis de las dificultades con las que se enfrenta la elucidación clásica del concepto de ley científica.

⁵ Ver p.e. Balzer (1979a); Balzer; Moulines & Sneed (1987); Bartelborth (1988); Moulines (1978/1982; 1991); Sneed (1979 [1971]); Stegmüller (1973; 1978; 1979a; 1979b; 1980; 1986).

denominadas “leyes fundamentales” de una teoría.⁶ Y cuando se discuten los criterios para que un enunciado sea considerado como una ley fundamental de una teoría, se tiende a hablar más bien de “condiciones necesarias” (Stegmüller, 1986), de “condiciones necesarias débiles” (Balzer; Moulines & Sneed, 1987) o, mejor aún, sólo de “síntomas’, algunos incluso formalizables” (Moulines, 1991), aunque

en cada caso particular de reconstrucción de una teoría dada, parece, por regla general, ser relativamente fácil concordar, en base a consideraciones informales o semiformales (por ejemplo, sobre su papel sistematizador o su carácter cuasi-vacuo), en que un determinado enunciado debe tomarse como ley fundamental de la teoría en cuestión (Moulines, 1991, p. 233).

En Stegmüller (1986), se mencionan dos criterios como condiciones necesarias para ser ley fundamental:

- (1) el carácter arracimado o sinóptico;
- (2) que valga en todas las aplicaciones intencionales.

El primero de los criterios, su carácter sinóptico, que ya había hecho aparición en la literatura estructuralista en Stegmüller (1979a; 1979b) y que es igualmente recogido en Balzer; Moulines & Sneed (1987) y en Moulines (1991), ha recibido distintas formulaciones, algunas más fuertes que otras. De acuerdo con la más fuerte de ellas, “cualquier formulación correcta de la ley debería incluir necesariamente *todos* los términos

⁶ Las expresiones “ley fundamental” y “ley especial” no se utilizan aquí en el sentido de Fodor (1974; 1991), como refiriéndose a leyes pertenecientes a distintos tipos de ciencias, fundamental o básica las primeras y especiales la segunda, sino en el sentido de la concepción estructuralista, es decir, como denotando distintos tipos de leyes de una y la misma teoría. Pero como se verá más adelante, la expresión “ley fundamental” tampoco es usada en el sentido de la elucidación clásica, mencionada en la sección 1. Habría que mencionar, además, que lo que Stegmüller (1973) denomina “ley fundamental de la teoría” es el llamado “predicado conjuntista fundamental”, cuya extensión es la totalidad de los modelos de la teoría, caracterizados mediante las condiciones de definición o “axiomas” en su totalidad, siendo éstos tanto los que sólo establecen el tipo lógico-matemático de los modelos a través de caracterizaciones o tipificaciones, los llamados “axiomas impropios”, como los que imponen constricciones efectivas adicionales no meramente lógicas, los denominados “axiomas propios”. El tratamiento de las leyes respecto de esta propuesta inicial se modifica posteriormente, siendo este cambio más claro luego de Balzer & Sneed (1977/1978), en donde el antiguo núcleo estructural de Sneed (1979 [1971]) y Stegmüller (1973) – uno de cuyos elementos identificadores lo constituye(n) la(s) ley(es) central(es), básica(s) o fundamental(es) – pasa a ser concebido como el núcleo teórico básico correspondiente al elemento teórico básico de una red teórica. La expresión “ley(es) fundamental(es)” pasa así a referirse al (a los) axioma(s) propio(s) del núcleo teórico del elemento teórico básico. (Para estas nociones ver la bibliografía citada en la nota 2.)

relacionales (e implícitamente también todos los conjuntos básicos) y, por tanto, en definitiva, *todos los conceptos fundamentales* que caracterizan dicha teoría” (Moulines, 1991, p. 234). Planteado de este modo, sin embargo, este rasgo, como reconoce el propio Moulines (1991, p. 233-4), no es poseído por todos los probables candidatos a leyes fundamentales – por ejemplo, por las leyes fundamentales de la mecánica relativista del continuo y de la electrodinámica, que, de acuerdo con la reconstrucción ofrecida por Bartelborth (1988) y la discusión que éste efectúa de dicho rasgo (1988, p. 19 ss., 45 ss., 53), “no parecen poder reformularse como leyes sinópticas de manera plausible y natural” (Moulines, 1991, p. 234) –, aunque sí por una gran clase de leyes fundamentales detectadas hasta ahora, convirtiéndose así en un “[s]íntoma frecuente” (p. 235).

En las formulaciones de este criterio más débiles que la proporcionada por Moulines, no se exige que en las leyes fundamentales ocurran todos los conceptos fundamentales, sino sólo “varias de las magnitudes” (Stegmüller, 1986, p. 23), “diversas funciones” (Stegmüller, 1986, p. 93), “posiblemente muchos conceptos teóricos y no-teóricos” (Stegmüller, 1986, p. 386), “casi todos” (Balzer; Moulines & Sneed, 1987, p. 19) o “al menos dos” (Stegmüller, 1986, p. 151). De este modo, pueden ser consideradas leyes fundamentales proposiciones que quedaban excluidas mediante la formulación más fuerte del criterio y que probablemente hubiera que tomar como tales, diferenciándose por otro lado de las “meras” caracterizaciones mencionadas en la nota anterior (o inclusive de posibles leyes especiales), en las que ocurren los términos de manera aislada.⁷

El segundo de los criterios para que un enunciado sea considerado como una ley fundamental recogido en Stegmüller (1986) de manera explícita, pero que de algún modo u otro se encuentra presente en toda la literatura estructuralista, “es la validez en *todas* las aplicaciones intencionales” (p. 93). Este criterio permitiría discriminar las leyes fundamentales de las leyes especiales, que, aunque sinópticas, sólo son válidas en algunas, pero no en todas, las aplicaciones de la teoría.⁸

⁷ Está claro que la consideración que se haga de este criterio, en cualquiera de sus versiones, tiene que tomar en cuenta que éste es fuertemente dependiente del respectivo lenguaje utilizado, es decir, de la respectiva formulación de una teoría, pues sólo en relación con ella es que un término puede ser considerado primitivo, básico o fundamental.

⁸ En un artículo reciente, Falguera (en prensa) propone considerar como criterio que permita “discriminar entre las leyes más básicas de una teoría cuál o cuáles son leyes fundamentales” (p. 16) uno que hace uso de “elementos [...] que han estado presentes para la literatura estructuralista (y en cierta medida para Kuhn) sin que hayan sido explicitados” (p. 15) y que vincula el carácter de ley fundamental con el *criterio pragmático* (“informal”, “global” o “fuerte”) de *T*-teoricidad de la concepción estructuralista. En particular, Falguera invierte la relación que se suele establecer en dicho criterio – en donde se usa la noción de ley fundamental (a través de la de presuposición de, o la existencia de al menos, una aplicación exitosa o un modelo actual de *T*) para identificar los términos *T*-teóricos –, con la intención de caracterizar la noción de ley fundamental mediante el concepto de teoricidad. De este modo, plantea que “una ley es fundamental para una teoría compleja madura (en un determinado momento) si y sólo si hay

En Moulines (1991), junto al ya aludido carácter sinóptico, se mencionan, como vimos más arriba, aunque sin desarrollar, otros dos “síntomas” de las leyes fundamentales, que también suelen figurar en distintos escritos estructuralistas: su papel sistematizador y su carácter cuasi-vacuo. El carácter cuasi-vacuo (empíricamente) de las leyes fundamentales se refiere al hecho de que éstas son altamente abstractas, esquemáticas, lo suficientemente vacías y con ocurrencia esencial de términos *T*-teóricos como para resistir cualquier posible refutación, pero que, sin embargo, adquieren contenido empírico específico (y la posibilidad de ser contrastadas) a través de un proceso no-deductivo conocido con el nombre de “especialización”. Dicho proceso, por medio del cual se obtienen las leyes más específicas, llamadas “especiales”,⁹ a partir de una(s) pocas) ley(es) fundamental(es) de una teoría, consiste en la introducción de ulteriores restricciones, constricciones o especificaciones a (algunos de los componentes de) dicha(s) ley(es), de forma tal de irse concretando progresivamente en direcciones diversas, hasta desembocar finalmente en las llamadas “especializaciones terminales”, en donde todos sus componentes se encuentran especificados.¹⁰ Este carácter cuasi-vacuo de las leyes fundamentales ha seguramente contribuido a que algunos autores hayan dudado de su naturaleza empírica y hayan propuesto considerarlas como “no-empíricas”, “analíticas”, “*a priori*”, “estipulaciones tautológicas”, “meras convenciones” o “meras definiciones” de al menos alguno de los términos *T*-teóricos que allí figuran. Moulines propone la denominación de “empíricamente irrestrictos” (1978/1982, p. 96) para este tipo de enunciados que, por un lado, son irrefutables o empíricamente vacuos, pero que, por otro lado, lo son en un sentido distinto a los ejemplos paradigmáticos de enunciados analíticos, tales como “Todos los solteros son no casados”. Estos enunciados son irrefutables o empíricamente vacuos, ya que su estructura es tal que, si no se consideran restricciones ulteriores, *cualquier* sistema empírico —

algún concepto de la teoría cuya determinación requiere siempre en última instancia que la ley en cuestión sea adecuada para al menos una aplicación” (p. 15-6). Este criterio parece ser una variante de (o quizás un modo de precisar) el segundo de los criterios mencionados por Stegmüller, aunque, a diferencia de éste, por su forma bicondicional, suponiendo que proporciona condiciones tanto necesarias como suficientes para que una ley sea considerada fundamental.

⁹ Para acentuar que, a diferencia de lo que sucede de acuerdo con el análisis clásico, la relación entre las leyes más generales — las fundamentales — y las más específicas no es de deducción, sino justamente de especialización, es que las últimas son denominadas “leyes especiales” en lugar de “leyes derivadas”.

¹⁰ En caso de que las especificaciones introducidas resulten ser las apropiadas, se dice que las aplicaciones pretendidas devienen “exitosas”. Mientras que en general es a través de las llamadas “aserciones (o afirmaciones) empíricas” asociadas a los distintos elementos teóricos que conforman una red teórica que se puede establecer una conexión entre este enfoque “semántico” o “modelo-teórico” y el enfoque clásico (“enunciativo” o “sintáctico”), son las “aserciones empíricas” asociadas a las leyes especiales *terminales* las que en todo caso podrían ser sometidas al análisis tradicional de la contrastación, y de la consiguiente evaluación, de hipótesis.

formulado en el vocabulario no-teórico (anterior, previamente disponible o independiente) de la teoría— puede ser “extendido” o “completado” trivialmente — mediante la adición de los términos *T*-teóricos — hasta transformarse en un modelo completo (teórico) de la teoría en cuestión, satisfaciendo por tanto su(s) ley(es) fundamental(es). Son, además, distintos de los enunciados tradicionalmente considerados analíticos, pues si bien hay una relación estrecha entre los términos *T*-teóricos y las leyes fundamentales mediante las cuales son introducidos — a saber: que su extensión sólo puede ser determinada presuponiendo lógicamente la validez de dichas leyes —, éstas no “definen” en sentido estricto a los términos *T*-teóricos (sino sólo en el sentido que, desde Schlick, se suele asociar a la expresión “implícitamente”, o en el que a veces se habla de “definición física” u “operacional”, haciendo referencia a la determinación de la extensión — medición — de tales términos — ver, por ejemplo, Balzer (1979b), ya que violan los criterios de eliminabilidad y no-creatividad que deben ser satisfechos por las definiciones (“explícitas” o “lógicas”).¹¹

Debido a este peculiar carácter de las leyes fundamentales, también se ha sugerido considerarlas como un tipo particular de enunciados “cuasi-analíticos” o “sintéticos *a priori*”. Como ha hecho hincapié Jaramillo (en prensa) recientemente, no es ajeno a, o novedoso dentro de, la metateoría estructuralista la presencia de ciertos tópicos kantianos y de cierta terminología proveniente de Kant. A ésta la encontramos por ejemplo en la identificación del núcleo estructural como componente “*a priori* relativizado temporalmente” y en la elucidación de la noción de presuposición del criterio de teoriedad de Sneed “en el sentido analítico-trascendental” llevada a cabo por Stegmüller (1973) o, en la misma línea, en la indagación acerca del “carácter *a priori*” de los conceptos de espacio, tiempo y espacio-tiempo en la física contemporánea rea-

¹¹ En ese trabajo (Moulines, 1978/1982), éste intenta dar cuenta del carácter cuasi-vacuo de las leyes fundamentales y de su condición de empíricamente irrestrictas a través del análisis de su forma lógica, pudiendo ser visto como complemento del análisis del carácter sinóptico de las leyes. Basándose en los ejemplos del segundo principio de Newton — ley fundamental de la mecánica (newtoniana) clásica de partículas — y de la ley fundamental de la termodinámica de los sistemas simples, Moulines señala dos características que ellas comparten: (1) que haya involucrados cuantificadores existenciales y (2) que al menos uno de los términos *T*-teóricos que allí ocurren sea una función de funciones o “funcional” y no simplemente una función, lo cual obliga a que la cuantificación existencial sobre él (o ellos) sea de segundo orden. Las leyes fundamentales que poseen estas dos características son denominadas por Moulines “principios-guía”. Sin embargo, no toda ley fundamental es “principio-guía” en ese sentido. Hay leyes fundamentales con diferente forma lógica, así como también con términos teóricos que son funciones y no funcionales, tal como la ley de la conservación del momento, ley fundamental de la mecánica clásica del choque, al menos hasta el año 1685, en que la teoría es “incorporada” en su totalidad a la mecánica newtoniana (ver nota siguiente). Por otro lado, este análisis de los principios-guía en función de su forma lógica tiene que enfrentarse al problema de la existencia de equivalentes lógicos, es decir, de enunciados lógicamente equivalentes con las formulaciones escogidas de los principios-guía pero con forma lógica distinta, además de, obviamente, ser relativo a la lógica utilizada en general.

lizada por Balzer (1981) o en el señalamiento del concepto de fuerza y del segundo principio de Newton como “las condiciones de posibilidad de toda mecánica” por parte de Moulines (1978/1982). De manera más reciente, Jaramillo (en prensa) y Falguera (en prensa) también han vinculado el concepto de ley fundamental o principio-guía con la noción de *a priori* relativizado. El primero menciona esa noción como estando presente en algunos de los epígonos de Kant, dentro de los que se podrían mencionar a Cassirer (1910), mientras que el segundo se refiere a la noción propuesta originariamente por Reichenbach (1920), retomada y desarrollada de modo más cercano por Friedman (1993; 1994; 1997; 2000; 2002; 2004) y aun mencionada por Kuhn (1993). Cassirer (1910), por un lado, teniendo presente la distinción kantiana entre principios *a priori* *constitutivos* y *regulativos*, propone reemplazar lo *a priori* constitutivo de Kant por un ideal puramente regulativo. Para Reichenbach (1920), por otro lado, de acuerdo con el cual Kant utilizó la expresión “*a priori*” en dos sentidos muy distintos: “En primer lugar, significa ‘apodícticamente válido’, ‘válido para todo tiempo’ y, en segundo lugar, ‘constitutivo del concepto de objeto’” (p. 238), la gran enseñanza que se debe extraer de la teoría de la relatividad, aun cuando luego abandonara dicha posición debido fundamentalmente a la influencia de Moritz Schlick (cf. Coffa, 1991, Cap. 10), es que mientras el primer significado debe ser abandonado, el último debe ser retenido. Así Reichenbach rechaza la idea de juicios sintéticos *a priori*, en donde lo *a priori* es absolutamente fijo e irrevisable, incorporado de una vez y para siempre en nuestras capacidades cognitivas fundamentales, pero acepta una concepción relativizada y dinámica de éste, que cambia y se desarrolla junto con el desarrollo de los principios pertenecientes a las ciencias matemática y física mismas, manteniendo la función constitutiva característicamente kantiana de estructurar y enmarcar al conocimiento empírico natural mediante tales principios, tornándolo así posible. Kuhn, por su parte – en una línea de pensamiento muy cercana a, y de influencia recíproca con, la de la concepción estructuralista, como se han encargado de señalar, en reiteradas ocasiones, además de los estructuralistas Sneed, Stegmüller y Moulines, el propio Kuhn (1976; 1977; 1983a; 1987; 1989; 1990; 1992, 1993; 2000) –, identifica como uno de los componentes esenciales de los paradigmas o matrices disciplinares a las “generalizaciones simbólicas” (1970; 1974a; 1979; 1981). Éstas, que constituyen los elementos formalizados o fácilmente formalizables de los paradigmas-matrices disciplinares, son más bien “esbozos de generalizaciones” (1974a), “formas esquemáticas” (1974a), “esbozos de ley” (1970; 1974a; 1974b; 1983a,) o “esquemas de ley” (1970), que establecen las relaciones más generales entre las entidades que pueblan el campo investigado y que no son discutidas durante el largo período de tiempo de ciencia normal en que los científicos llevan a cabo investigación bajo el paradigma-matriz disciplinar, en la forma de resolución de problemas, enigmas o rompecabezas (*puzzle-solving*) estrechamente

emparentados entre sí. Las soluciones concretas que resuelven exitosamente problemas planteados por el paradigma, los llamados *ejemplos compartidos* o *ejemplares*, se obtienen adaptando las generalizaciones simbólicas y obteniendo las formas simbólicas específicas que requieren los problemas particulares. Las generalizaciones simbólicas – a las que Kuhn se referirá luego con las expresiones “generalizaciones nómicas” o sencillamente “leyes” y que “según el análisis de Stegmüller [...] no son sino las *leyes fundamentales* del llamado ‘núcleo estructural’ de una teoría” (Moulines, 1978/1982, p. 89) – parecen poseer características de enunciados tanto analíticos como sintéticos: analíticos en la medida en que “funcionan [...] en parte como definiciones de algunos de los símbolos que muestran” (Kuhn, 1970, p. 183) y que “ningún número de observaciones [las] podría refutar” (1970, p. 78) y sintéticos en tanto que “funcionan en parte como leyes [de la naturaleza o empíricas]” (1970, p. 183), que “[ninguno de] los términos que forman parte de un conjunto interrelacionado [mediante ellas] [...] está disponible independientemente para ser utilizado en una definición de otro [de ellos]” (Kuhn, 1983b, p. 566-7) y que “puede[n] ser contrastada[s, a través de la inserción de valores específicos]” (1983b, p. 567). Además, estas generalizaciones son “constitutivas” de las teorías a las que pertenecen (Kuhn, 1976, p. 189) y “necesarias” en ese contexto (1983b, p. 566-7; 1989, p. 22, nota 19; 1990, p. 317, nota 17), a diferencia de las formas simbólicas o leyes específicas que no son constitutivas de las teorías en las que figuran y que “son todas [...] totalmente contingentes” (1983b, p. 566). Que las generalizaciones simbólicas parezcan poseer rasgos de enunciados tanto analíticos como sintéticos, junto a su carácter constitutivo y necesario, es lo que lleva a Kuhn a caracterizarlas posteriormente como cuasi-analíticas (1974a, p. 304, nota 14; 1976, p. 198, nota 9) y finalmente como sintéticas *a priori* (1989, p. 22, nota 19; 1990, p. 317, nota 17). Del mismo modo podrían caracterizarse a las leyes fundamentales de la meta-teoría estructuralista.¹²

¹² A Falguera (en prensa) le resulta insatisfactorio presentar la ley de la conservación del momento como la ley más básica o fundamental de la mecánica del choque, ya que, como se sabe, esta teoría, que en su forma primigenia fue concebida por Descartes (en su tratado póstumo *El mundo o tratado de la luz*) y cuya versión realmente correcta se la debemos a Huygens en la segunda mitad del siglo XVII, aunque gozando de “vida autónoma” anteriormente a 1685, termina siendo incorporada a la mecánica newtoniana y así el término “masa”, que hasta entonces había sido, de acuerdo con el criterio pragmático o “global” de *T*-teoricidad de la concepción estructuralista, *mecánico del choque*-teórico, pasa a ser *mecánico newtoniano*-teórico (para un análisis estructuralista de esta “incorporación” en términos de reducción de la mecánica del choque a la mecánica clásica de partículas, ver Balzer, Moulines & Sneed, 1987, p. 255-67). De acuerdo con Falguera, al considerar la ley de la conservación del momento como la ley fundamental de la mecánica del choque, Moulines “prácticamente da a entender que en cada red teórica arbórea que podamos delimitar, con independencia de que forme parte de una más compleja, podemos establecer una ley fundamental [...] [lo cual] [o]bviamente [...] supone una trivialización de la noción de ley fundamental que no hace parangón con los *a priori* sintéticos de Kuhn, Reichenbach y Friedman y con su rol constitutivo” (Falguera, en prensa, p. 13-14). Aquí no consideramos que esta situación represente ninguna “trivialización de la noción de ley fun-

El otro de los “síntomas” mencionados por Moulines, el papel sistematizador de las leyes fundamentales, podría entenderse como estableciendo que éstas posibilitan incluir dentro de una misma teoría diversas aplicaciones a distintos sistemas empíricos, al proveer una guía y un marco conceptual para la formulación de otras leyes (las denominadas “especiales”) que, como vimos más arriba, introducen restricciones adicionales respecto de las leyes fundamentales y se aplican así a los sistemas empíricos en particular. Merced entonces al proceso de “especialización”, que estructura a las teorías de un modo fuertemente jerárquico, y a la obtención de aplicaciones “exitosas”, se consiguen integrar los distintos sistemas empíricos, “modelos” o “ejemplares” bajo una misma conceptualización, en donde la(s) ley(es) fundamental(es) ocupan un lugar central. Pero en la medida en que las leyes fundamentales, por un lado, son cuasi-vacuas, afirmando que se dan ciertas relaciones entre sus componentes, pero dejando indeterminados a dichos componentes hasta que se llevan a cabo las correspondientes especializaciones, y que, por el otro, funcionan heurísticamente como guías o reglas para la formulación de leyes especiales progresivamente más restrictivas, parecen poseer en tanto principios “un valor no *constitutivo*, sino meramente *regulativo*” (Kant, 1983 [1781-1787], A 180/B 223) y, en ese sentido también encontrarse con la línea de pensamiento de Cassirer (1910). Al funcionar, entonces, regulativamente, las leyes fundamentales determinan en gran medida (algunas de) las acciones que llevan a cabo los científicos durante el desarrollo de su práctica. En particular, como habíamos señalado, la especialización, pero también otras tradicionalmente reconocidas por la filosofía de la ciencia, y estrechamente vinculadas con ella, tales como la contrastación de hipótesis y la explicación.

damental”, sino más bien que nos recuerda su dependencia de aspectos fuertemente históricos y pragmáticos (al igual que la noción informal de *T*-teoricidad): la ley de la conservación del momento fue indudablemente la ley fundamental de la mecánica del choque desde su surgimiento hasta que ésta pasó a formar parte de la mecánica newtoniana, luego de lo cual podría verse, en una línea semejante con la sugerencia que realiza Moulines (1978/1982, p. 104) en relación con el principio-guía de la termodinámica de los sistemas simples respecto del principio-guía de la termodinámica reversible, como una “sub-ley fundamental” respecto del segundo principio de Newton, o bien podría continuar siendo valorada como ley fundamental, si se considera a la mecánica del choque “en sí misma”, haciendo abstracción de sus vínculos con la mecánica newtoniana (y esto incluso si se mantiene la propuesta de Falguera respecto del concepto de ley fundamental, aunque basándola en el criterio *formal*, “local” o “débil” de *T*-teoricidad de la concepción estructuralista, cuya intuición básica es acerca de la no-teoricidad: un término *t* es no-teórico en la teoría *T* si no hay un método de determinación *T*-admisibles para ese término, es decir, si no hay modo de determinar su extensión por medio de *T* o usando *T*; conversamente, un término es *T*-teórico si hay algún método de determinación *T*-admisibles para *t*; sobre este criterio de *T*-teoricidad, ver Balzer, Moulines & Sneed, 1987, Cap. 2; Gähde, 1983; 1990; Balzer, 1985; 1986). Algo similar ocurriría con los “*a priori* sintéticos de Kuhn, Reichenbach y Friedman y con su rol constitutivo”; la clave está en recordar que no lo son ni cumplen con ese papel sin más, en un sentido absoluto, sino que son sintéticos *a priori relativizados*, y que como tales cumplen con su rol. En particular, no lo son ni cumplen con su papel de manera atemporal ni con independencia del cuerpo de conocimientos considerado.

Pero veamos ahora brevemente cómo se relaciona esta noción de ley fundamental con las discusiones acerca de la universalidad, necesidad y el carácter *a priori* de las leyes de la biología presentes en los apartados anteriores.

6 UNIVERSALIDAD, NECESIDAD Y APRIORICIDAD DE LAS LEYES DE LA BIOLOGÍA

Primero, consideremos la condición de *universalidad*. Para la concepción estructuralista, así como para las otras versiones de la familia semanticista, no es necesario que las leyes fundamentales de las teorías posean un alcance ilimitado, se apliquen en todo tiempo y lugar y tengan como universo de discurso algo así como una “gran aplicación”, que constituye un modelo único o “cósmico” (Stegmüller, 1979b; Mosterín, 1987 [1984]). De hecho, sólo las leyes fundamentales de algunas teorías cosmológicas, que son aplicables al modelo cósmico, y las leyes de la “gran teoría unificada” (*great unified theory*), en caso de existir, son universales en ese sentido. Sin embargo, esta no es la situación habitual. Las leyes de la física normalmente se aplican a sistemas físicos parciales y bien delimitados (el conjunto de aplicaciones intencionales), y no al modelo cósmico.¹³ Y lo mismo ocurre con las leyes de las ciencias biológicas. La mayoría de las teorías científicas (biológicas incluidas) poseen leyes de distintos grados de generalidad dentro del mismo marco conceptual. Usualmente, hay una única ley fundamental “en la cúspide” de la jerarquía – que no vale en todo tiempo y lugar, sino más bien en todos los modelos de la teoría, y se supone válida en todas las aplicaciones (propuestas o intencionales) de ella – y una serie de leyes más especiales – que se aplican a un dominio más restringido – con distintos grados de “concreción”, “especificación” o “especialización”.

En relación con la temática referida a la necesidad, podría sostenerse que la noción de ley fundamental es neutral respecto de la disputa en torno a la naturaleza de las leyes – aunque hasta donde sé, esto no ha sido tratado en la literatura estructuralista – y, así, compatible con distintas maneras de analizar los conceptos de accidentalidad y de necesidad natural o nómica. En particular, también lo es con aquella que plantea – en la línea señalada anteriormente de restringir nuestro análisis a las leyes científicas o de la ciencia y de acuerdo con las consideraciones de Kuhn introducidas más arriba – que, por lo que concierne a la noción de *necesidad*, cuando ésta es empleada, no lo es

¹³ Como ya había sido subrayado por Toulmin (1953): “Cualquier rama de la física, y especialmente cualquier teoría o ley determinada, tiene sólo un alcance limitado; es decir, sólo un rango limitado de fenómenos puede ser explicado utilizando esa teoría, y gran parte de lo que un físico debe aprender en el curso de su entrenamiento está conectado con los alcances de diferentes teorías y leyes” (p. 31).

para atribuir necesidad *natural*, sino a lo sumo – siguiendo también a van Fraassen (Fraassen, 1977; 1989; 1993) y a Swartz (1995) – *necesidad de los modelos* determinados por las leyes fundamentales. En ese sentido, las leyes fundamentales de las respectivas teorías biológicas deben considerarse como *necesarias en su ámbito de aplicación*, aun cuando por fuera de dicho ámbito – que incluye a (la conceptualización de) los procesos que dieron origen a los sistemas empíricos que lo conforman – no deba ser así.

El aspecto anterior se encuentra en estrecha relación con el carácter no-empírico o *a priori* que poseen (al menos algunas de) las leyes de la biología de acuerdo con los análisis presentados en la sección 4. A nuestro entender, este carácter podría ser mejor concebido como “cuasi-vacuo” o “empíricamente irrestricto” en el sentido anteriormente señalado, en lugar de como “no-empírico”, compartiendo así sus leyes fundamentales dicha característica con leyes fundamentales de otras disciplinas científicas, tales como la física. De este modo, también consideramos que, en caso de querer continuar utilizando una terminología de larga tradición en la filosofía, es más adecuado concebirlas como enunciados “sintéticos *a priori*”, pero con el *a priori relativizado a las teorías* para las cuales las leyes en cuestión son fundamentales, en vez de como enunciados “analíticos” o “*a priori*” entendido como opuesto a empírico. El carácter de “no-empíricas” o “*a priori*” que creen percibir los autores allí mencionados parece deberse al hecho de que las consideran con independencia de su aspecto aplicativo, es decir, con independencia de la evaluación respecto de su adecuación empírica a los sistemas a los que se pretenden aplicar, suponiendo entonces que, en caso de que se satisfagan las condiciones o constricciones que establecen, se cumplirán en toda una serie de sistemas las relaciones que ellas formulan, pero sin determinar aún en cuál sistema empírico particular son efectivamente satisfechas: en la “teoría” o en el “modelo (matemático)” establecido “funcionan” bien, son “verdaderas”, “sólo” resta averiguar si (alguna parcela del) “mundo” (y cuál) se comporta de acuerdo con ellas, es decir, si se aplican (y dónde) exitosamente. Además, no todas las leyes indicadas por ellos parecen poder ser vistas como las leyes fundamentales de las correspondientes teorías en las que figuran. Aquellas que no lo son (como estaríamos dispuestos a afirmar de la ley de Hardy-Weinberg, siguiendo en ello a Fraassen, 1987),¹⁴ deberían ser consideradas

14 “La literatura científica sobre una teoría hace relativamente sencillo identificar y aislar clases de estructuras para ser incluidas en la clase de los modelos teóricos. Es, por el contrario, usualmente muy difícil encontrar leyes que pudieran ser utilizadas como axiomas para la teoría como un todo. Aparentes leyes que ocurren frecuentemente son a menudo descripciones de subclases especiales de modelos, su generalización siendo dejada vaga y a menudo cayendo en vacuidad lógica. Permítaseme dar dos ejemplos. El primero proviene de la mecánica cuántica: *la ecuación de Schrödinger*. Esta es quizás la más conocida y más persuasiva ley empleada, pero no puede ser un axioma de la teoría, ya que sólo vale para sistemas conservativos. Si miramos el caso general, encontramos que podemos probar la ecuación para valer, para algún Hamiltoniano constante, bajo ciertas condiciones, pero este es un hecho

como leyes especiales y, así, no como “cuasi-vacuas” o “empíricamente irrestrictas” ni como “sintéticas *a priori*”. Sin embargo, aquí no profundizaremos en el examen de los ejemplos por ellos considerados, examen que, por otro lado, exigiría tener claramente identificadas a las teorías en las que ocurren las leyes mencionadas. En su lugar, veremos cómo la ley de concordancia explicitada en la reconstrucción de la *genética* clásica se ajusta a la noción de ley fundamental discutida en la sección anterior.

7 LA LEY FUNDAMENTAL DE LA GENÉTICA CLÁSICA

Teniendo en cuenta la discusión sobre las leyes fundamentales, quisiéramos señalar un punto en el que discrepamos tanto con Smart como con sus detractores, Ruse y Munson. Los tres autores aludidos consideran que, en caso de existir algún enunciado en la genética que pudiera ser considerado como una “ley en sentido estricto” o “ley fundamental”, éste debería ser encontrado entre las denominadas “leyes de Mendel”. Independientemente de la cuestionable atribución a Mendel de la formulación de las leyes posteriormente bautizadas con su nombre (cf. Lorenzano, 1995; 1997; 1998a; 1998b; 2002b), no concordamos en que éste sea el caso. Ninguna de ellas, ni la ley de la segregación ni la ley de la transmisión independiente, son lo suficientemente esquemáticas y generales, de forma tal no sólo de conectar todos, o casi todos, los términos de la teoría sino de ser aceptada por la comunidad científica respectiva, la de los genetistas, como válidas en todas las aplicaciones y como proporcionando un marco conceptual que permita formular todas las leyes especiales de la genética clásica. Estas leyes, por lo tanto, no pueden ser consideradas como leyes fundamentales de la genética. Y lo que parecería aún peor para aquellos que suponen que la genética posee al menos alguna ley fundamental, hasta ahora los genetistas no han formulado tal ley, es decir, en la literatura de la genética ella no puede ser “observada” (cf. Kitcher, 1984; Darden, 1996).

Sin embargo, por otra parte, la reconstrucción de la genética clásica realizada dentro del marco de la concepción estructuralista de las teorías (cf. Balzer & Dawe, 1990; Balzer & Lorenzano, 2000; Lorenzano, 1995; 2000; 2002a), sugiere la existencia

metamatemático y por ello empíricamente vacuo. El segundo es la ley de Hardy-Weinberg de la genética de poblaciones. Nuevamente, aparece en toda discusión de fundamentos del tema. Pero difícilmente pudiera ser un axioma de la teoría, ya que sólo vale bajo ciertas condiciones especiales. Si consideramos el caso general, encontramos un hecho lógico: que ciertos supuestos implican que describen un equilibrio que puede ser alcanzado en una generación y mantenido. Los supuestos son muy especiales y muchas variantes complejas de la ley pueden ser deducidas para supuestos más realistas, en una secuencia abierta e indefinida de sofisticaciones” (Fraassen, 1987, p. 110).

de una ley fundamental de la genética, basándose en razones sistemáticas, haciendo explícito lo solamente implícito.

La genética clásica es una teoría acerca de la transmisión hereditaria, en la cual se sigue la herencia de diversos rasgos, caracteres o características (fenotipo) de generación en generación de individuos, se disciernen razones numéricas (frecuencias relativas) en la distribución de esas características en la descendencia y se postulan tipos y números apropiados de factores o genes (genotipo) para dar cuenta de esas distribuciones. La ley fundamental determina el modo de “dar cuenta” de esas distribuciones, estableciendo que, dados dos progenitores – con ciertas características (fenotipo) y cierto número de genes (genotipo) y en donde se da cierta relación entre características y genes –, que se cruzan y dan lugar a la descendencia – que posee ciertas características con cierto número de genes, y en donde se da cierta relación entre características y genes –, tiene lugar cierta concordancia o coincidencia (ya sea exacta – o ideal – o aproximada)¹⁵ entre las distribuciones de las características (frecuencias relativas) y las distribuciones de genes postuladas teóricamente (probabilidades esperadas o teóricas), dadas determinadas relaciones entre genes y características (de expresión de los genes, a partir de distintos grados de dominancia o epistasis). Esta ley, que a falta de mejor nombre denominaremos “ley de concordancia”, aunque no formulada explícitamente en la literatura genética, subyace de manera implícita a las formulaciones habituales de esta teoría, sistematizándola, dotando de sentido a la práctica de los genetistas y unificando los distintos modelos heterogéneos bajo una y la misma teoría. Dichos modelos pueden ser concebidos como estructuras del siguiente tipo $\langle J, P, G, APP, MAT, DIST, DET, COMB \rangle$ – en donde J representa el conjunto de individuos (progenitores y descendientes), P el conjunto de las características (o fenotipo), G el conjunto de los factores o genes (genotipo), APP una función que le asigna a los individuos su apariencia o fenotipo, MAT una función de cruza que le asigna a dos padres cualesquiera su descendencia, $DIST$ las frecuencias relativas de las características observadas en la descendencia, DET las relaciones postuladas entre los genes y las características y $COMB$ las distribuciones de probabilidad de los genes en la descendencia, que satisfacen la ley de concordancia. Expresado de un modo más formal, ésta establece que si $x = \langle J, P, G, APP, MAT, DIST, DET, COMB \rangle$, entonces x es un modelo de la genética clásica si y sólo si para toda $i, i' \in J$ tal que $MATOR$ está definida para $\langle i, i' \rangle$ y para

¹⁵ *Idealmente* exacta, en el caso en que no se consideren los rasgos de aproximación que la genética contiene al igual que prácticamente todas las teorías empíricas, o bien sólo *aproximada*, de forma tal que, de acuerdo a algún procedimiento estadístico, por ejemplo, las distancias entre los coeficientes que representan una distribución teórica y los de las frecuencias relativas no rebasen una e dada.

toda $\gamma, \gamma' \in G$ tal que $DET(\gamma) = APP(i)$ y $DET(\gamma') = APP(i')$ vale que: $COMB(\gamma, \gamma') = DIST(DET(\gamma), DET(\gamma'))$.¹⁶

Es fácil ver que en la propuesta ley de concordancia podemos identificar los elementos presentes en las leyes fundamentales señalados en la sección anterior.

En primer lugar, la ley de concordancia se distingue como una ley *sinóptica*, al conectar de un modo inseparable los términos más importantes de la genética en una “gran” fórmula. Allí figuran tanto los propios o distintivos de la genética, los *genético-teóricos* – el conjunto de los factores o genes (genotipo), las distribuciones de probabilidad de los genes en la descendencia y las relaciones postuladas entre los genes y las características – como los que no lo son, los *genético-no-teóricos*, más accesibles empíricamente – los individuos (progenitores y descendientes), el conjunto de las características, la asignación de características a los individuos y de descendientes a los progenitores y las frecuencias relativas de las características observadas en la descendencia.

Por otro lado, la ley de concordancia es altamente esquemática y general, y posee tan poco contenido empírico que resulta irrefutable (carácter “cuasi-vacuo”). Pues, si la frecuencia relativa de las características se determina empíricamente y la distribución de los genes se postula hipotéticamente, chequear que los coeficientes en la distribución de características y de genes en la descendencia son (aproximadamente) iguales, sin introducir restricciones adicionales de ningún tipo, consiste en una tarea “de lápiz y papel” y no involucra ningún tipo de trabajo empírico. Sin embargo, como sucede con toda ley fundamental, a pesar de ser ella misma irrefutable, provee un marco conceptual dentro del cual pueden formularse leyes especiales, cada vez más específicas (y de ámbito de aplicación más limitado) hasta llegar a las “terminales”, cuyas aserciones empíricas asociadas pueden ser vistas como hipótesis particulares contrastables y, eventualmente, refutables.

Además, podríamos afirmar que esta ley fue *aceptada* implícitamente *como válida en todas las aplicaciones de la teoría* por la comunidad de genetistas, que la tuvo como

¹⁶ La genética clásica, al igual que sucede con las demás teorías científicas, no es una entidad aislada, sino que se encuentra esencialmente vinculada con otras teorías; en particular, se halla relacionada con la teoría celular, de modo tal que los factores (o genes) se suponen en o sobre los cromosomas celulares, transmitiéndose de la generación parental a la descendencia a través de las células sexuales (o gametos). Es merced a este vínculo entre la genética y la teoría celular que, en las presentaciones habituales (lingüísticas o gráficas) de la primera de las teorías, aparecen términos propios de la última de ellas, tales como el de ‘gametos’. Por razones de simplicidad y limitaciones de espacio, dichos vínculos son dejados de lado en nuestro análisis, razón por la cual tampoco son incorporados los gametos como un conjunto base en las estructuras introducidas más arriba ni mencionados expresamente en la formulación de la ley de coincidencia. Para un análisis de las “conexiones entrecampos” históricamente cambiantes entre la genética y la citología, ver Darden (1991); para un intento estructuralista de análisis de dichos vínculos, ver Casanueva (1997; 1998).

trasfondo general a partir del cual llevar a cabo análisis particulares de las distintas distribuciones de características encontradas, proporcionándoles así una *guía para la investigación y el tratamiento específico* de esas diversas situaciones empíricas (carácter “sistematizador”). El rol primario de la ley de concordancia fue el de guiar el proceso de especialización, determinando los modos en que ella se debe especificar para obtener leyes especiales. De acuerdo con ella, para dar cuenta de las distribuciones de las características parentales en la descendencia, debe especificarse:

- (a) el número de pares de genes involucrados (uno o más);
- (b) el modo en que se relacionan los genes con las características (dominancia completa o incompleta, codominancia o epistasis);
- (c) la forma en que se distribuyen los genes parentales en la descendencia (con combinaciones de genes equiprobables o no).

Cuando se llevan a cabo estos tres tipos de especificaciones, se obtienen leyes especiales terminales, a cuyas aseveraciones empíricas asociadas poder dirigir el *modus tollens*. En caso de que éstas “salgan airoas” de la contrastación, es decir, de que las especificaciones introducidas resulten ser las apropiadas, se dice que las aplicaciones pretendidas devienen “exitosas” y de este manera que los sistemas empíricos devienen “modelos” de la teoría.

En particular, las llamadas “leyes de Mendel”, en la medida en que imponen constricciones adicionales a la ley de concordancia, al añadir información específica no contenida en su formulación altamente esquemática, restringiendo así su ámbito de aplicación (como, por ejemplo, al considerar sólo un par de factores alelos o considerar más de uno, pero la misma probabilidad para toda combinación posible de factores parentales), pueden ser obtenidas a partir de la ley fundamental mediante especialización y deben así ser consideradas “leyes especiales” de la genética clásica, aun cuando no “especializaciones terminales”.¹⁷

La presencia de todos estos elementos en la ley de concordancia justifica entonces que ésta, como toda ley fundamental, sea considerada como “sintética *a priori*”, en el sentido *relativizado, constitutivo y regulativo* examinado más arriba.

¹⁷ Para una formulación explícita de las diferentes especializaciones que abarcan la totalidad de la red teórica de la genética clásica, ver Lorenzano (1995).

OBSERVACIONES FINALES

En este trabajo, fue discutido el problema de las leyes científicas en general y de la biología en particular. Para ello, en primer lugar, fueron presentados los dos argumentos más importantes que se han esgrimido en contra de la existencia de *leyes en biología*, referidos a su *no-universalidad* (cf. Smart, 1963) y a su *contingencia evolutiva* (cf. Beatty, 1995). Luego se expusieron dos estrategias en contra de tales argumentos. En la primera, se efectúa un *examen crítico* de ellos, ya sea cuestionando el análisis que Smart realiza de los ejemplos seleccionados (Ruse, 1970; Munson, 1975) o bien señalando que la tesis de la contingencia evolutiva no es exclusiva de la biología (Carrier, 1995). En la segunda de las estrategias, que es seguida por autores como Brandon (1978, 1981, 1997), Sober (1984, 1993, 1997) y Elgin (2003), se defiende la existencia de leyes (o principios) en biología – o de enunciados que, no ajustándose a la elucidación clásica del concepto de ley, cumplen en la biología roles equivalentes a los que tradicionalmente se les adjudican a las leyes –, a partir de distinguir dos tipos de generalizaciones: las empíricas – eventualmente no universales y contingentes o de necesidad nómica limitada – y las no-empíricas o *a priori* – pero explicativas y no triviales y aun revisables a la luz de la experiencia –, y de sostener que al menos algunas (de las) leyes biológicas (más fundamentales) o principios son del segundo tipo, es decir, no-empíricas o *a priori*. A continuación se efectuó una revisión del *concepto de ley fundamental* propuesto en el marco de la concepción estructuralista de las teorías, señalando cuatro condiciones necesarias o “síntomas” que debe satisfacer o mostrar un enunciado para que sea considerado como una ley fundamental de una teoría:

- (1) poseer carácter arracimado o sinóptico;
- (2) valer en todas las aplicaciones intencionales;
- (3) ser cuasi-vacuo (empíricamente irrestricto o, si se prefiere, sintético *a priori*);
- (4) cumplir con un papel sistematizador.

Posteriormente se intentó mostrar cómo la *discusión* que ha habido en el ámbito de la filosofía de la biología *acerca de la existencia de leyes* en esa disciplina, articulada en torno a las temáticas de la universalidad, la necesidad y el carácter *a priori* de dichas leyes, es susceptible de ser *abordada mediante la elucidación propuesta* de la noción de ley fundamental. Por último, se identificó la que podría ser considerada la *ley fundamental de la genética clásica*, a saber: la *ley de concordancia*, que satisface todas las condiciones planteadas por la elucidación estructuralista de ese concepto.

Para concluir, quisiéramos mencionar que la posibilidad de identificar leyes fundamentales en la biología no tiene porqué limitarse a la genética clásica. Así parecen

insinuarlo las discusiones que han habido en torno al principio de la selección natural, similares a las que han tenido lugar acerca del segundo principio de Newton (si es un enunciado empírico o una definición, es decir, un enunciado analítico y, por lo tanto, irrefutable), y en particular ciertas consideraciones informales que sobre él han efectuado autores tales como el ya mencionado Brandon (1978, 1997) respecto de la teoría de la evolución por selección natural. Por otro lado, y como ya comentamos, la ley de Hardy-Weinberg difícilmente puede ser considerada la ley fundamental de la genética de poblaciones; más bien sería una ley especial, de manera semejante a lo que ocurre con otra ley de equilibrio o de “fuerzas-cero”, el principio de inercia de la mecánica clásica en relación con el segundo principio de Newton, sólo que aún a la espera de la explicitación de su ley fundamental, que haga las veces de segundo principio de Newton (o de axioma de concordancia) en dicha teoría. Sin embargo, recién el análisis detallado de éstas y otras teorías biológicas podrá decidir si en ellas se presenta una situación análoga a la aquí expuesta.¹⁸ ④

AGRADECIMIENTOS. Este trabajo ha sido realizado con la ayuda de los proyectos de investigación PICT REDES 2002 n. 00219 y PICT 2003 n. 14261 de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica.

Pablo LORENZANO

Programa Prioritario de Investigación

“Filosofía y Historia de la Ciencia”,

Universidad Nacional de Quilmes/CONICET, Argentina.

pablol@unq.edu.ar

ABSTRACT

In this paper I discuss the problem of scientific laws in general and laws of biology in particular. After reviewing the debate about the existence of laws in biology, I examine the subject under the light of the structuralist notion of a fundamental law and argue for the *law of matching* as the *fundamental law* of genetics.

KEYWORDS • Scientific law. Biological law. Universality. Necessity. A priority. Structuralist conception. Fundamental law. Genetics. Matching law.

¹⁸ Para el caso de la genética de poblaciones y la teoría de la evolución por selección natural podrían tomarse como punto de partida los intentos de clarificación de la estructura de dichas teorías realizados, entre otros, en Beatty (1981); Cadevall & Soler (1988); Ereshefsky (1991); Gould (2002); Hull (1974); Kitcher (1989); Lewontin (1974); Lloyd (1988); Moya (1989); Rosenberg (1985); Ruse (1973); Schaffner (1993); Sintonen (1991); Sober (1984); Thompson (1989); Tuomi (1981); Tuomi & Haukioja (1979); Williams (1970).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHUMADA, J. & MOREY, P. (Ed.). *Selección de trabajos de las VII Jornadas de Epistemología e Historia de la Ciencia*. Córdoba: Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba, 1997.
- ALLÉN, S. (Ed.). *Possible worlds in humanities, arts, and sciences*. Berlin: de Gruyter, 1989.
- ASQUITH, P. D. & NICKLES, T. (Ed.). *PSA 1980*. East Lansing/Michigan: Philosophy of Science Association, 1981.
- . *PSA 1982*. East Lansing: Philosophy of Science Association, 1983.
- AWODEY, S. & GARSTEIN, K. (Ed.). *Carnap brought home. The view from Jena*. Chicago/La Salle/Illinois: Open Court, 2004.
- BALZER, W. Die epistemologische Rolle des zweiten Newtonschen Axioms. *Philosophia Naturalis*, 17, p. 131-49, 1979a.
- . Logische versus physikalische Definitionen in der physikalischen Begriffsbildung. In: BALZER, W. & KAMLAH, A. (Ed.). *Aspekte der physikalischen Begriffsbildung. Theoretischer Begriffe und operationale Definitionen*. Braunschweig/Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn, 1979b. p. 13-36.
- . Zum Apriori von Raum und Zeit in der heutigen Physik. In: FUNKE, G. (Ed.). *Akten des 5. Internationalen Kant-Kongresses, Mainz 4-8 April 1981, Teil I.2: Sektionen VIII-XIV*. Bonn: Bouvier Verlag Herbert Grundmann, 1981. p. 1063-70.
- . *Theorie und Messung*. Berlin: Springer, 1985.
- . Theoretical terms: a new perspective. *The Journal of Philosophy*, 83, p. 71-90, 1986.
- BALZER, W. & KAMLAH, A. (Ed.). *Aspekte der physikalischen Begriffsbildung. Theoretischer Begriffe und operationale Definitionen*. Braunschweig/Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn, 1979.
- BALZER, W. & DAWE, C. M. *Models for genetics*. München: Institut für Philosophie, Logik und Wissenschaftstheorie, 1990.
- BALZER, W. & LORENZANO, P. The logical structure of classical genetics. *Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie*, 31, p. 243-66, 2000.
- BALZER, W. & SNEED, J. Generalized net structures of empirical theories I & II. *Studia Logica*, 36, p. 195-211, 37, 167-94, 1977/1978.
- BALZER, W.; MOULINES, C. U. & SNEED, J. *An architectonic for science. The structuralist program*. Dordrecht: Reidel, 1987.
- . (Ed.). *Structuralist knowledge representation: paradigmatic examples*. Amsterdam: Rodopi, 2000.
- BARTELBORTH, Th. *Eine logische Rekonstruktion der klassischen Elektrodynamik*. Frankfurt/Main: Peter Lang, 1988.
- BEATTY, J. What's wrong with the received view of evolutionary theory? In: ASQUITH, P. D. & NICKLES, T. (Ed.). *PSA 1980*. East Lansing/Michigan: Philosophy of Science Association, 1981. p. 397-426.
- . On behalf of the semantic view. *Biology and Philosophy*, p. 17-23, 1987.
- . The evolutionary contingency thesis. In: WOLTERS, G. & LENNOX, J. (Ed.). *Theories and rationality in the biological sciences. The Second Annual Pittsburgh/Konstanz Colloquium in the Philosophy of Science*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1995. p. 45-81.
- . Why do biologists argue like they do? *Philosophy of Science*, 64, p. S432-3, 1997.
- BOGHOSIAN, P. & PEACOCKE, C. (Ed.). *New essays on a priori*. Oxford: Clarendon Press, 2000.
- BRANDON, R. N. Adaptation and evolutionary theory. *Studies in History and Philosophy of Science*, 9, p. 181-206, 1978.
- . A structural description of evolutionary biology. In: ASQUITH, P. D. & NICKLES, T. (Ed.). *PSA 1980*. East Lansing/Michigan: Philosophy of Science Association, p. 427-39, 1981.
- . Does biology have laws? The experimental evidence. *Philosophy of Science*, 64, p. S444-57, 1997.

- CADEVALL, I. & SOLER, M. *La estructura de la teoría de la evolución*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona, 1988.
- CARRIER, M. Evolutionary change and lawlikeness. Beatty on biological generalizations. In: WOLTERS, G. & LENNOX, J. (Ed.). *Theories and rationality in the biological sciences. The Second Annual Pittsburgh/Konstanz Colloquium in the Philosophy of Science*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1995. p. 83-97.
- CASANUEVA, M. Genetics and fertilization: a good marriage. In: IBARRA, A. & MORMANN, T. (Ed.). *Representations of scientific rationality*. Amsterdam: Rodopi, 1997. p. 321-58.
- _____. *Mendeliana y anexos*. México, 1998. Tesis (Doctoral en Filosofía). Universitat Autònoma de Barcelona.
- CASSIRER, E. *Substanzbegriff und Funktionsbegriff*. Berlin: Bruno Cassirer, 1910.
- COFFA, J. A. *The semantic tradition from Kant to Carnap. To the Vienna station*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- DARDEN, L. *Theory change in science. Strategies from mendelian genetics*. Oxford: Oxford University Press, 1991.
- _____. Essay review. Generalizations in biology. *Studies in History and Philosophy of Science*, 27, 3, p. 409-19, 1996.
- DÍEZ, J. A. & LORENZANO, P. La concepción estructuralista en el contexto de la filosofía de la ciencia del siglo XX. In: DÍEZ, J. A. & LORENZANO, P. (Ed.). *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes/Universidad Autónoma de Zacatecas /Universidad Rovira i Virgili, 2002. p. 13-78.
- _____. (Ed.). *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes/Universidad Autónoma de Zacatecas /Universidad Rovira i Virgili, 2002.
- ELGIN, M. Biology and *a priori* laws. *Philosophy of Science*, 70, p. 1380-9, 2003.
- ERESHEFSKY, M. The semantic approach to evolutionary theory. *Biology and Philosophy*, 6, p. 59-80, 1991.
- ERNST, G. & NIEBERGALL, K. G. (Ed.). *Philosophie der Wissenschaft – Wissenschaft der Philosophie. Festschrift für C. Ulises Moulines zum 60. Geburtstag*. Paderborn: Mentis-Verlag, 2006.
- FALGUERA, J. L. Leyes fundamentales, *a priori* relativizados y géneros. In: *30 años de estructuralismo: resultados y perspectivas/30 years of structuralism: results and perspectives*. Xalapa: Veracruz-México. En prensa.
- FODOR, J. Special sciences (or: the disunity of science as a working hypothesis). *Synthese*, 28, p. 97-116, 1974.
- _____. Hedged laws and psychological explanations. *Mind*, 100, p. 19-33, 1991.
- FRAASSEN, B. van. The only necessity is verbal necessity. *Journal of Philosophy*, 74, p. 71-85, 1977.
- _____. The semantic approach to scientific theories. In: NERSESSIAN, N. (Ed.). *The process of science*. Dordrecht: Nijhoff, 1987. p. 105-24.
- _____. *Laws and symmetry*. Oxford: Clarendon Press/Oxford University Press, 1989.
- _____. Armstrong, Cartwright, and Earman on *Laws and symmetry*. *Philosophy and Phenomenological Research*, 53, 2, p. 431-44, 1993.
- FRIEDMAN, M. Remarks on the history of science and the history of philosophy. In: HORWICH, P. (Ed.). *World changes*. Cambridge/Mass.: The MIT Press, 1993. p. 37-54.
- _____. Geometry, convention, and the relativized *a priori*: Reichenbach, Schlick, and Carnap. In: SALMON, W. & WOLTERS, G. (Ed.). *Logic, language, and the structure of scientific theories*. Pittsburgh/Konstanz: University of Pittsburgh Press/Universitätsverlag Konstanz, 1994. p. 21-334.
- _____. Philosophical naturalism. *Proceedings and Addresses of American Philosophical Association*, 71, 2, p. 7-21, 1997.
- _____. Transcendental philosophy and *a priori* knowledge: a neo-kantian perspective. In: BOGHOSSIAN, P. & PEACOCKE, C. (Ed.). *New essays on a priori*. Oxford: Clarendon Press, 2000. p. 367-83.
- _____. Kant, Kuhn, and the rationality of science. *Philosophy of Science*, 69, p. 171-90, 2002.

- FRIEDMAN, M. Carnap and the evolution of the *a priori*. In: AWODEY, S. & CARSTEIN, K. (Ed.). *Carnap brought home. The view from Jena*. Chicago/La Salle/Illinois: Open Court, 2004. p. 101-16.
- FUNKE, G. (Ed.). *Akten des 5. Internationalen Kant-Kongresses, Mainz 4-8 April 1981, Teil I.2: Sektionen VIII-XIV*. Bonn: Bouvier Verlag Herbert Grundmann, 1981.
- GÄHDE, U. *T-Theoretizität und Holismus*. Frankfurt: Peter Lang, 1983.
- _____. On innertheoretical conditions for theoretical terms. *Erkenntnis*, 32, p. 215-33, 1990.
- GOULD, S. J. *Wonderful life. The Burgess shale and the nature of history*. New York: W. W. Norton & Company, 1989.
- _____. *The structure of evolutionary theory*. Cambridge, Mass.: The Belknap Press of Harvard University Press, 2002.
- HEMPEL, C. G. & OPPENHEIM, P. Studies in the logic of explanation. *Philosophy of Science*, 15, p. 135-75, 1948.
- HORWICH, P. (Ed.). *World changes*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 1993.
- HULL, D. L. *Philosophy of biological science*. Englewood-Cliffs: Prentice Hall, 1974.
- HULL, D.; FORBES, M. & OKRUHLICK, K. (Ed.). *PSA 1992*. East Lansing: Philosophy of Science Association, 1992.
- IBARRA, A. & MORMANN, T. (Ed.). *Representations of scientific rationality*. Amsterdam: Rodopi, 1997.
- JARAMILLO, J. M. Tópicos kantianos en la concepción estructuralista. In: *30 años de estructuralismo: resultados y perspectivas/30 years of structuralism: results and perspectives*. Xalapa: Veracruz-México, en prensa.
- JOSEPH, G. The many sciences and the one world. *Journal of Philosophy*, 77, p. 773-91, 1980.
- KANT, I. *Kritik der reinen Vernunft*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1983 [1781-1787].
- KITCHER, P. 1953 and all that: a tale of two sciences. *The Philosophical Review*, 93, p. 335-73, 1984.
- _____. Explanatory unification and the causal structure of the world. In: KITCHER, P. & SALMON, W. C. (Ed.). *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 13, 1989. p. 410-505.
- KITCHER, P. & SALMON, W. C. (Ed.). *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 13, 1989.
- KRÜGER, L.; DASTON, L. J. & HEIDELBERGER (Ed.). *The probabilistic revolution*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 1987. v.1: Ideas in History.
- KUHN, T. S. *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press, 1970.
- _____. Second thoughts on paradigms. In: SUPPE, F. (Ed.). *The structure of scientific theories*. Urbana: University of Illinois Press, 1974a. p. 459-82.
- _____. Discussion [on Second Thoughts on Paradigms, and other papers of the conference]. In: SUPPE, F. (Ed.). *The structure of scientific Theories*. Urbana: University of Illinois Press, 1974b. p. 295-7, 369-70, 373, 409-12, 454-45, 500-17, passim.
- _____. Theory change as structure-change: comments on the Sneed formalism. *Erkenntnis*, 10, p. 179-99, 1976.
- _____. Preface. In: _____. *The essential tension. Selected studies in scientific tradition and change*. Chicago: University of Chicago Press, p. IX-XXIII, 1977.
- _____. Metaphor in science. In: ORTONY, A. (Ed.). *Metaphor and thought*. Cambridge: Cambridge University Press, 1979. p. 409-19.
- _____. Commensurability, comparability, communicability. In: ASQUITH, P. D. & NICKLES, T. (Ed.). *PSA 1982*. East Lansing: Philosophy of Science Association, 1983a, p. 669-88.
- _____. Rationality and theory choice. *Journal of Philosophy*, 80, p. 563-70, 1983b.
- _____. What are scientific revolutions? In: KRÜGER, L.; DASTON, L. J. & HEIDELBERGER. (Ed.). *The probabilistic revolution*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 1987. p. 7-22. v.1: Ideas in History.

- KUHN, T. S. Possible worlds in history of science. In: ALLÉN, S. (Ed.). *Possible worlds in humanities, arts, and sciences*. Berlin: de Gruyter, 1989. p. 9-32.
- _____. Dubbing and redubbing: the vulnerability of rigid designation. *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, 14, p. 298-318, 1990.
- _____. Introduction to presidential address. In: HULL, D.; FORBES, M. & OKRUHLICK, K. (Ed.). *PSA 1992*. East Lansing: Philosophy of Science Association, 1992. p. 3-5.
- _____. Afterwords. In: HORWICH, P. (Ed.). *World changes: Thomas Kuhn and the nature of science*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 1993. p. 311-41.
- _____. A discussion with Thomas S. Kuhn. In: _____. *The road since structure: philosophical essays, 1970-1993, with an autobiographical interview*. Chicago: The University of Chicago Press, p. 255-323, 2000.
- LEWONTIN, R. C. *The genetic basis of evolutionary change*. New York: Columbia University Press, 1974.
- LLOYD, E. *The structure and confirmation of evolutionary theory*. New York: Greenwood Press, 1988.
- LORENZANO, P. *Geschichte und Struktur der klassischen Genetik*. Frankfurt/Main: Peter Lang, 1995.
- _____. Hacia una nueva interpretación de la obra de Mendel. In: AHUMADA, J. & MOREY, P. (Ed.). *Selección de trabajos de las VII Jornadas de Epistemología e Historia de la Ciencia*. Córdoba: Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba, 1997. p. 220-31.
- _____. Sobre las leyes en la biología. *Episteme. Filosofia e História das Ciências em Revista*, 3, p. 261-72, 1998a.
- _____. La emergencia de un programa de investigación en genética. Presentado en el *I Congreso Iberoamericano de Filosofía*, Instituto de Filosofía del Consejo Superior de Investigaciones Científicas/Universidad Complutense de Madrid/ Universidad de Extremadura, España, 1998b.
- _____. Classical genetics and the theory-net of genetics. In: BALZER, W.; MOULINES, C. U. & SNEED, J. (Ed.). *Structuralist knowledge representation: paradigmatic examples*. Amsterdam: Rodopi, 2000. p. 251-84.
- _____. La teoría del gen y la red teórica de la genética. In: Díez, J. A. & LORENZANO, P. (Ed.). *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes/Universidad Autónoma de Zacatecas /Universidad Rovira i Virgili, 2002a. p. 285-330.
- _____. Leyes fundamentales, refinamientos y especializaciones: del ‘mendelismo’ a la “teoría del gen”. In: LORENZANO, P. & MOLINA, F. T. (Ed.). *Filosofía e historia de la ciencia en el cono sur*. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes, 2002b. p. 379-96.
- _____. Kenneth Schaffner, las teorías de alcance intermedio y la concepción estructuralista de las teorías. In: PERIS-VIÑÉ, L. M. (Ed.). *La metateoría estructural en Iberoamérica*. En prensa.
- _____. Fundamental laws and laws of biology. In: ERNST, G. & NIEBERGALL, K. G. (Ed.). *Philosophie der Wissenschaft – Wissenschaft der Philosophie. Festschrift für C. Ulises Moulines zum 60. Geburtstag*. Paderborn: Mentis-Verlag, 2006. p. 129-55.
- LORENZANO, P. & MOLINA, F. T. (Ed.). *Filosofía e historia de la ciencia en el cono sur*. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes, 2002.
- MOSTERÍN, J. *Conceptos y teorías en la ciencia*. Madrid: Alianza, 1987 [1984].
- MOULINES, C. U. Forma y función de los principios-guía en las teorías físicas. In: _____. *Exploraciones metacientíficas*. Madrid: Alianza, p. 88-107, 1978/1982.
- _____. *Pluralidad y recursión*. Madrid: Alianza, 1991.
- MOYA, A. *Sobre la estructura de la teoría de la evolución*. Barcelona: Anthropos, 1989.
- MUNSON, R. Is biology a provincial science? *Philosophy of Science* 42, p. 428-47, 1975.
- NERSESSIAN, N. (Ed.). *The process of science*. Dordrecht: Nijhoff, 1987.
- NIINILUOTO, I. & TUOMELA, R. (Ed.). *The logic and epistemology of scientific change*. (*Acta Philosophica Fennica* 30). Amsterdam: North-Holland, 1979.
- ORTONY, A. (Ed.). *Metaphor and thought*. Cambridge: Cambridge University Press, 1979.
- PERIS-VIÑÉ, L. M. (Ed.). *La metateoría estructural en Iberoamérica*. En prensa.
- POPPER, K. *Logik der Forschung*. Wien/Tübingen: Julius Springer Verlag/J.C.B. Mohr, 1935.

- REICHENBACH, H. *Relativitätstheorie und Erkenntnis A priori*. Berlin: Springer, 1920.
- ROSENBERG, A. *The structure of biological science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.
- RUSE, M. Are there laws in biology? *Australasian Journal of Philosophy*, 48, p. 234-46, 1970.
- _____. *The philosophy of biology*. London: Hutchinson, 1973.
- SALMON, W. C. Four decades of scientific explanation. In: KITCHER, P. & SALMON, W. C. (Ed.). *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 13, 1989. p. 3-219.
- SALMON, W. & WOLTERS, G. (Ed.). *Logic, language, and the structure of scientific theories*. Pittsburgh/Konstanz: University of Pittsburgh Press/Universitätsverlag Konstanz, 1994.
- SCHAFFNER, K. F. Theory structures in the biomedical sciences. *The Journal of Medicine and Philosophy*, 5, p. 57-97, 1980.
- _____. *Discovery and explanations in biology and medicine*. Chicago/London: University of Chicago Press, 1993.
- SINTONEN, M. How evolutionary theory faces the reality. *Synthese*, 89, p. 163-83, 1991.
- SMART, J. J. C. *Philosophy and scientific realism*. London: Routledge and Kegan Paul, 1963.
- SNEED, J. D. *The logical structure of mathematical physics*. Dordrecht: Reidel, 1979 [1971].
- SOBER, E. *The nature of selection: evolutionary theory in philosophical focus*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1984.
- _____. *Philosophy of biology*. Boulder: Westview Press, 1993.
- _____. Two outbreaks of lawlessness in recent philosophy of biology. *Philosophy of Science*, 64, p. S458-67, 1997.
- STEGMÜLLER, W. *Theorienstrukturen und Theoriendynamik*. Heidelberg: Springer, 1973.
- _____. A combined approach to the dynamics of theories. *Boston Studies in the Philosophy of Science*, 59, 136, p. 151-86, 1978.
- _____. The structuralist view: survey, recent development and answers to some criticisms. In: NIINILUOTO, I. & TUOMELA, R. (Ed.). *The logic and epistemology of scientific change*. (Acta Philosophica Fennica 30). Amsterdam: North-Holland, 1979a. p. 113-29.
- _____. *The structuralist view of theories*. Berlin: Springer, 1979b.
- _____. Eine subjektivistische Variante des Begriffs der physikalischen Theorie. In: _____. *Neue Wege der Wissenschaftsphilosophie*. Berlin/Heidelberg/New York: Springer, 1980. p. 56-86.
- _____. *Erklärung—Begründung—Kausalität*, Berlin/Heidelberg/New York: Springer, 2. ed. ampliada y modificada, 1983.
- _____. *Theorie und Erfahrung, Band II*, Berlin/Heidelberg/New York: Springer, 1986.
- SUPPE, F. (Ed.). *The structure of scientific theories*. Urbana: University of Illinois Press, 1974.
- SWARTZ, N. The neo-Humean perspective: laws as regularities. In: WEINERT, F. (Ed.). *Laws of nature. Essays on the philosophical, scientific and historical dimensions*. Berlin: de Gruyter, 1995. p. 67-91.
- THOMPSON, P. *The structure of biological theories*. Albany/New York: State University of New York Press, 1989.
- TOULMIN, S. *The philosophy of science: an introduction*. London: Hutchinson, 1953.
- TUOMI, J. Structure and dynamics of Darwinian evolutionary theory. *Systematic Zoology*, 30, p. 22-31, 1981.
- TUOMI, J. & HAUKIOJA, E. Predictability of the theory of natural selection: an analysis of the structure of Darwinian theory. *Savonia*, 3, p. 1-7, 1979.
- WEINERT, F. (Ed.). *Laws of nature. Essays on the philosophical, scientific and historical dimensions*. Berlin: de Gruyter, 1995.
- WOLTERS, G. & LENNOX, J. (Ed.). *Theories and rationality in the biological sciences. The Second Annual Pittsburgh/Konstanz Colloquium in the Philosophy of Science*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1995.
- WILLIAMS, M. B. Deducing the consequences of evolution: a mathematical model. *Journal of Theoretical Biology*, 29, p. 343-85, 1970.