



Ejemplares, modelos y principios en la genética clásica

Pablo LORENZANO



RESUMEN

Tomando como punto de partida el libro de Sinnott y Dunn, *Principles of genetics: an elementary text, with problems*, que podría ser considerado el primer libro de texto de genética clásica en sentido kuhniano, y el análisis de la estructura de las teorías biológicas y/o biomédicas realizado por Darden y Schaffner, discutiré el problema de la existencia de leyes fundamentales o principios-guía en la biología, a la luz del examen de la genética clásica llevado a cabo en el marco de la concepción estructuralista de las teorías científicas.

Palabras-clave • Libro de texto. Teoría biológica. Genética clásica. Ejemplar. Modelo. Principio. Ley fundamental. Ley especial.

1 LIBROS DE TEXTO Y GENÉTICA CLÁSICA

Ludwik Fleck (1935) y Thomas Kuhn (1977[1959], 1970[1962]) han señalado el importante papel que juegan los libros de texto en la enseñanza de la ciencia. Pero, si bien es Fleck el primero en reconocer que “la iniciación a la ciencia se realiza de acuerdo con métodos pedagógicos especiales” (Fleck, 1935, p. 148) a través de los libros de texto, es Kuhn, quien siguiendo a Fleck señala que “la característica más notable de esta educación consiste en que, en grado totalmente desconocido en otros campos, se realiza mediante libros de texto” (Kuhn 1977[1959], p. 228), el que realiza un primer análisis de ellos. En dicho análisis, Kuhn introduce por primera vez el término de posiblemente mayor repercusión de su trabajo, el de “paradigma”:

en estos libros aparecen soluciones a problemas concretos que dentro de la profesión se vienen aceptando como paradigmas, y luego se le pide al estudiante que resuelva por sí mismo, con lápiz y papel o bien en el laboratorio, problemas muy parecidos, tanto en método como en sustancia, a los que contiene el libro de texto o a los que se han estudiado en clase. Nada mejor calculado para producir “pre-disposiciones mentales” o *Einstellungen* (Kuhn, 1977[1959], p. 229).

A través de la familiarización con los ejemplos estandarizados, aceptados o compartidos, de las soluciones a problemas concretos o selectos, o paradigmas, que luego serían llamados “ejemplares” (cf. Kuhn, 1970[1962]), y del intento de resolver los problemas planteados en el libro de texto o por el profesor en clase, se aprende, de una manera no discursiva, a ver qué entes pueblan el universo de la investigación, cuáles son las preguntas que pueden plantearse, cuáles las respuestas admisibles y cuáles los métodos para ponerlas a prueba, y a resolver los problemas o “rompecabezas” novedosos, aunque similares a los anteriores, que surgen en el transcurso de la investigación científica (o “ciencia normal”).

Las definiciones verbales [por su parte] tienen poco contenido científico cuando se las considera en sí mismas. No son especificaciones lógicas completas del significado (si existen), sino más bien ayudas pedagógicas. Los conceptos científicos que indican sólo obtienen un significado pleno cuando se relacionan, dentro de un texto o de alguna otra presentación sistemática, con otros conceptos científicos, con procedimientos de manipulación y con aplicaciones de paradigmas (Kuhn, 1970[1962], p. 142).

En la medida de lo posible, los distintos experimentos, conceptos, leyes y teorías se presentan en los libros de texto separadamente y uno por uno, lo cual proporciona una imagen distorsionada de la historia. De hecho, las pocas referencias históricas que aparecen en los libros de texto figuran

ya sea en un capítulo de introducción o, con mayor frecuencia, en dispersas referencias a los grandes héroes de una época anterior. Por medio de esas referencias, tanto los estudiantes como los profesionales llegan a sentirse participantes de una extensa tradición histórica. Sin embargo, la tradición histórica derivada de los libros de texto, en la que los científicos llegan a sentirse participantes, nunca existió efectivamente (Kuhn, 1970[1962], p. 137-38).

Sinnott & Dunn (1925) escriben el primer libro de texto de genética clásica que se ajusta al análisis que realiza Kuhn. Fue un libro especialmente concebido como una introducción a la genética, que “establece los principios esenciales de la genética de un modo tan claro y preciso como fuera posible” (Sinnott & Dunn, 1925, p. xvii), para ser usado en cursos universitarios elementales. En él, además de caracterizar en los capítulos iniciales (Cap. 1: “*The science of genetics*” y Cap. 2: “*Heredity and variation*”) a la genética en términos generales¹ y de ubicarla históricamente —reproduciendo lo que se ha denominado “*traditional account*” (Olby, 1979), “*orthodox image*” (Bowler, 1989)

o “historia oficial” (Lorenzano, 1995), en donde se elabora un relato acumulativo y lineal, en el que Mendel ocupa un lugar central,² y se introducen sus conceptos básicos – tales como los de individuos, tanto progenitores como descendientes, su cruce o reproducción sexual, las características de los individuos (o fenotipo) y los factores, factores-unidad o genes de los individuos (o genotipo) que determinan dichas características –, los resultados de cruzamientos híbridos (básicamente, las proporciones fenotípicas 3:1, para los monohíbridos, 9:3:3:1, 9:3:4, 9:7, 12:3:1, 13:3, 15:1, para los dihíbridos, y 27:9:9:9:3:3:3:1, para los trihíbridos, además de las correspondientes a caracteres continuos y a aquellas en donde tiene lugar enlace) y sus “principios” o “leyes”³ – siendo las principales la de la segregación⁴ y la de la transmisión independiente⁵ –, junto con las soluciones a problemas concretos, los ejemplos compartidos, ejemplares o paradigmas, y una serie de problemas para ser resueltos por el estudiante al final de cada capítulo.⁶

2 LEYES Y EJEMPLARES EN LAS TEORÍAS BIOLÓGICAS

Se ha señalado que en la biología y/o en las ciencias biomédicas la familiaridad con un número de ejemplos compartidos o ejemplares es muy importante, pues se carece de leyes o generalizaciones de amplio alcance o universales (cf. Schaffner, 1986; Darden, 1991). Y que si bien las “leyes” o “principios” se enuncian en general (son “types”,

1 “Esa rama de la ciencia de la biología que se ocupa de los fenómenos de la herencia y de la variación y que trata particularmente de descubrir las leyes que gobiernan esas similitudes y diferencias entre los individuos relacionados entre sí mediante descendencia es llamada *genética*” (Sinnott & Dunn, 1925, p. 6). “El objetivo principal de la genética es el de descubrir, clasificar y explicar los hechos de la herencia y la variación. La herencia es la tendencia de los animales y plantas a parecerse a sus ancestros y parientes, mientras que la variación es la tendencia a apartarse o diferir en cualquier aspecto de los otros de su tipo” (Sinnott & Dunn, 1925, p. 17).

2 Para un análisis de este relato historiográfico, consultar, entre otros, Lorenzano (1995, 1997, 2002b, en prensa).

3 En donde “una ley es así un enunciado breve o explicación de alguna relación uniforme y constante encontrada como válida a lo largo de una gran serie de eventos naturales” (Sinnott & Dunn, 1925, p. 36).

4 “La característica esencial del mecanismo de la segregación, por lo tanto, radica en la circunstancia de que un factor transmitido por los gametos de un padre y su factor contrastante transmitido por los gametos del otro padre, se juntan y coexisten durante una generación en las células de la descendencia híbrida resultante, *sin mezclarse ni perder su identidad*; y que, cuando tal individuo híbrido produce a su vez sus propias células sexuales, estos dos factores se separan de nuevo completa y limpiamente, o *segregan*, el uno del otro, cada uno de los nuevos gametos siendo enteramente puro, conteniendo ya sea uno u otro de los factores, pero *nunca ambos*” (Sinnott & Dunn, 1925, p. 51-2).

5 “La combinación particular en que ingresan los factores de cada padre en la planta F_1 (redondo con amarillo y angular con verde en este caso) no tiene ningún efecto en el modo en que ellos se asocian en los gametos formados por esta planta F_1 . *Su distribución es independiente*” (Sinnott & Dunn, 1925, p. 67).

6 “Quizás el rasgo más novedoso del presente volumen es su serie de Cuestiones para pensar y discutir, de Problemas y de Asignaciones de referencia” (Sinnott & Dunn, 1925, p. xvii).

instanciados en casos o “tokens”), no parecen poseer las propiedades (o características) tradicionalmente atribuibles a las leyes, tales como la universalidad y la necesidad. De hecho, los dos argumentos más importantes que se han esgrimido en contra de la existencia de *leyes en biología* se refieren a su *no-universalidad* y a su *contingencia evolutiva*. De acuerdo con el primero de ellos (cf. Smart, 1963), las habitualmente consideradas como leyes en biología carecen de la universalidad que se suele requerir de las leyes (“en sentido estricto”, según la denominación del propio Smart, o *fundamentales*, según la elucidación clásica, presente por ejemplo en Hempel & Oppenheim, 1948), pues acostumbran conllevar la referencia implícita a entidades particulares y poseer excepciones. Para el segundo (cf. Beatty, 1995), que presupone un análisis modal del concepto de ley (“ley natural” o “ley de la naturaleza”) en términos de necesidad nómica o natural, elaborando una tesis sostenida por Gould (1989), 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.⁷

Esto ha llevado a algunos autores a sostener que no hay leyes en la biología y que, como no hay leyes, y éstas son un componente esencial de las teorías, o bien no hay teorías en biología o bien las teorías de las ciencias biológicas (y/o biomédicas) poseen una estructura particular distinta a la de las teorías físicas. Esta última es la posición sostenida por autores tales como Darden (1991), para la cual las teorías biológicas consisten en conjuntos de esquemas de resolución de problemas, luego instanciados en ejemplos compartidos o ejemplares, o Schaffner (1980, 1986, 1993), quien sostiene que el mejor modo de caracterizar a dichas teorías es como series de modelos entreniveles, temporales, solapados.⁸

En relación con esta posición, uno podría preguntarse si los esquemas de resolución de problemas, ejemplos compartidos, ejemplares, paradigmas o modelos que conforman una teoría se encuentran aislados o se relacionan de algún modo. Y si éste fuera el caso, ¿cómo se relacionan entre sí, para poder decir que son esquemas de resolución de problemas, ejemplos compartidos, ejemplares o modelos de *una y la misma*

⁷ Para una discusión mayor de los argumentos de la no-universalidad y de la contingencia evolutiva, cf. Lorenzano (2001).

⁸ Para una discusión de la propuesta de este autor, cf. Lorenzano (2002c).

teoría? Podría sostenerse, de manera formalmente análoga a la descripción intensional de “juego”, dada por Wittgenstein (1953), mediante el método de los ejemplos paradigmáticos, que entre los distintos paradigmas, ejemplares, ejemplos compartidos o modelos existen similitudes o semejanzas que se cruzan y traslapan, como las que hay entre los distintos miembros de una familia, sin que haya un carácter absolutamente común, es decir, sin que existan propiedades que representen condiciones necesarias, ni una lista de propiedades que representen una condición suficiente, para que un sistema empírico sea un paradigma, un ejemplo compartido, un ejemplar o un modelo, aunque siendo similares entre sí, guardando un “aire de familia”. Sin embargo, ¿en qué sentido habría que sostener que son similares entre sí? No parece que la apariencia de tales sistemas nos proporcionen el tipo de similitud deseado; lo importante no es que esos sistemas son similares entre sí aparentalmente, sino más bien estructuralmente: los paradigmas, ejemplos compartidos, ejemplares o modelos de una y la misma teoría poseen la misma estructura, pudiendo ser considerados como especificaciones de dicha estructura o esquema más general subyacente. Para precisar esta idea y ver cómo se aplicaría al caso de la genética clásica aquí considerado, utilizaremos la noción estructuralista de principio-guía o ley fundamental.⁹

3 LA NOCIÓN DE LEY FUNDAMENTAL

EN LA CONCEPCIÓN ESTRUCTURALISTA DE LAS TEORÍAS

“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, Bas van Fraassen (1989, p. 1). Los dos argumentos aludidos en contra de la existencia de leyes biológicas se refieren precisamente a su falta de universalidad y necesidad. Con estos criterios, sin embargo, 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 (cf. Fraassen, 1977) 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,

⁹ Cf. Balzer, Moulines & Sneed (1987) para una presentación completa o Díez & Lorenzano (2002) para una presentación sucinta de esta concepción metateórica.

en oposición a las *leyes de la naturaleza*,¹⁰ son concebidas como *leyes científicas* (cf. Swartz, 1995) o *leyes de los modelos* (cf. 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, es decir, 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.

Por otro lado, sin embargo, a pesar de los sucesivos y renovados esfuerzos realizados en ese sentido, todavía no disponemos de un concepto satisfactorio de ley científica, o de un conjunto adecuado de condiciones necesarias y suficientes precisas como criterio para que un enunciado sea considerado una “ley (científica)”.¹¹ Más aún, “[es] 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,¹² 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 denominadas “leyes fundamentales” de una teoría.¹³ Y cuan-

¹⁰ Cf. Weinert (1995) para una discusión en torno al concepto de ley de la naturaleza.

¹¹ Cf. Stegmüller (1983) y Salmon (1989) para un análisis de las dificultades con las que se enfrenta la elucidación clásica del concepto de ley científica.

¹² Cf., por ejemplo, Balzer, 1979a; Balzer, Moulines & Sneed, 1987; Bartelborth, 1988; Moulines, 1982, 1991); Sneed, 1971; Stegmüller, 1973, 1976, 1978, 1979a, 1979b, 1986).

¹³ Las expresiones “ley fundamental” y “ley especial” no se utilizan aquí en el sentido de Fodor (cf. 1974, 1991), como refiriéndose a leyes pertenecientes a distintos tipos de ciencias, fundamental o básica las primeras y especial las segundas, sino en el sentido de la concepción estructuralista, es decir, como denotando distintos tipos de leyes de una y la misma teoría. Y como se verá más adelante, la expresión “ley fundamental” tampoco es usada en el sentido de la elucidación clásica aludida más arriba. Habría que mencionar, además, que lo que Stegmüller denomina en (1973) “ley fundamental de la teoría” es el llamado “predicado conjuntista fundamental”, cuya extensión es la totalidad de los modelos de la teoría, caracterizados mediante todas las condiciones de definición o “axiomas”, 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 (cf. 1977, 1978), en donde el antiguo

do se discuten los criterios para que un enunciado sea considerado como una ley fundamental, 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; y (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 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., 45-6, 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 “síntoma 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

núcleo estructural de Sneed (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 9).

funciones” (Stegmüller, 1986, p. 93), “al menos dos” (Stegmüller, 1986, p. 151), “posiblemente muchos conceptos teóricos y no-teóricos” (Stegmüller, 1986, p. 386) o “casi todos” (Balzer, Moulines & Sneed, 1987, p. 19). 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.¹⁴

El segundo de los criterios para que un enunciado sea considerado como una ley fundamental recogido en Stegmüller 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” (Stegmüller, 1986, p. 93). De acuerdo con este criterio, 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, 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* o GUT), en caso de existir, son universales en ese sentido. Sin embargo, esta no es la situación habitual. Las leyes de la física, y lo mismo ocurre con las leyes de las ciencias biológicas, normalmente se aplican a sistemas empíricos parciales y bien delimitados (el conjunto de aplicaciones intencionales), y no al modelo cósmico. Por otro lado, este criterio permite 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.

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

¹⁴ 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.

no-deductivo conocido con el nombre de “especialización”. Dicho proceso, por medio del cual se obtienen las leyes más específicas, llamadas “especiales”,¹⁵ a partir de una(s) 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.¹⁶ 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” (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 *cualquier* sistema empírico – 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 los 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 (1918), 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 (cf. Balzer,

¹⁵ 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”.

¹⁶ 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 que se encuentran en ese nivel las que en todo caso podrían ser sometidas al análisis tradicional de la contrastación, y de la consiguiente evaluación, de hipótesis.

1979b), ya que violan los criterios de eliminabilidad y no-creatividad que deben ser satisfechos por las definiciones (“explícitas” o “lógicas”).¹⁷

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.

4 LEY FUNDAMENTAL Y LEYES ESPECIALES EN LA GENÉTICA CLÁSICA

Teniendo en cuenta lo señalado sobre leyes fundamentales, quisiéramos señalar un punto en el que discrepamos tanto con alguno de los críticos a la existencia de leyes en biología (cf. Smart, 1963) como con sus detractores (cf. Ruse, 1970; Munson, 1975). 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”. Por nuestra parte, e independientemente de la cuestionable atribución a Mendel de la for-

¹⁷ En ese trabajo (cf. Moulines, 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 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 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. 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, por ejemplo, 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.

mulación de las leyes posteriormente bautizadas con su nombre (cf. Lorenzano, 1995, 1997, 2002b, en prensa), no concordamos en que éste sea el caso. Ninguna de ellas, ni la ley de la segregación ni la ley de la transmisión independiente, identificadas en Sinnott & Dunn (1925) como los principales “principios” de la genética, 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, ella no puede ser “observada” en la literatura de la genética (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 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 discernen 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)¹⁸ 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

¹⁸ *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.

de mejor nombre denominaremos “ley de coincidencia”, 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 esquemas de resolución de problemas, paradigmas, ejemplos compartidos, ejemplares o modelos bajo una y la misma teoría. Dichos esquemas de resolución de problemas, paradigmas, ejemplos compartidos, ejemplares o 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 cruce 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 coincidencia.

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

En primer lugar, la ley de coincidencia 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* (es decir, 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 (es decir, 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 coincidencia es altamente esquemática y general, y posee tan poco contenido empírico que resulta irrefutable (carácter “cuasi-vacuo”). Pues, si, como ocurre, la frecuencia relativa de las características se determina empíricamente y la distribución de los genes se postula hipotéticamente, chequear lo que ésta afirma, a saber, que los coeficientes en la distribución de características y de genes en la descendencia son (aproximadamente) iguales, 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 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 coincidencia 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), y (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 aserciones empíricas asociadas se puede 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 esta manera, que los sistemas empíricos devienen “modelos” de la teoría.

Las llamadas “leyes de Mendel”, en la medida en que imponen constricciones adicionales a la ley de coincidencia, al añadir información 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), deben ser consideradas “leyes especiales”.

Un primer modo de especificar o restringir la ley de coincidencia que caracteriza una gran clase de modelos concierne a la forma en que se distribuyen los genes parentales en la descendencia (dado por la función *COMB*), postulando que, al calcular los genotipos de la descendencia, todas las combinaciones de factores poseen la misma probabilidad. De este modo, obtenemos una especialización que pudiera ser considerada como una *forma general* de las “leyes de Mendel”, en la medida en que incluye tanto la primera como la segunda de tales leyes.¹⁹

¹⁹ En los tempranos días del “mendelismo”, no se acostumbraba separar explícitamente la hoy denominada “ley de la transmisión independiente”, o “segunda ley de Mendel”, de la “ley de la segregación”, o “primera ley de Mendel”. Hugo de Vries fue el primero en hablar de la “ley de la segregación de los híbridos” (“*loi de disjonction des hybrides*” en francés y “*Spaltungsgesetz der Bastarde*” en alemán) como descubierta por Mendel. Sin embargo, él hablaba de segregación de caracteres – “*caractères*” en francés y “*Merkmale*” en alemán – y no de factores o genes, debido a que en ese tiempo, no estaba del todo clara la distinción entre caracteres y rasgos, por un lado, y factores o genes, por el otro (cf. Vries, 1900). Por otra parte, otro de los llamados “redescubridores”, Carl Correns, utiliza la expresión

Si especificamos aún más a la ley fundamental, de forma tal que el número de pares de factores o genes involucrados se limite a uno, obtenemos el caso simple de la “primera ley de Mendel” (o “ley de la *segregación*”), en la medida en que ella concierne al *monohibridismo*.

Si, por último, especificamos, además de la forma en que se distribuyen los genes parentales en la descendencia y del número de pares de factores o genes involucrados, el modo en que se relacionan los genes con las características (expresando así las nociones de dominancia completa, dominancia incompleta, recesividad, codominancia y epistasia), se alcanzan las *especializaciones terminales*, mediante las que se explican las *proporciones fenotípicas* 3:1. Instancias de esta especialización corresponden a lo que en Sinnott & Dunn (cf. 1925, p. 40-2, 45-50, 85) se presenta como *ejemplos paradigmáticos* de la llamada “primera ley de Mendel”.

Otra especialización que aparece en la literatura es aquella que, asumiendo la equiprobabilidad de todas las combinaciones de factores en la distribución de factores parentales en la descendencia, postula que el número de pares de factores o genes involucrados es de dos. Mediante esta especificación se caracteriza lo que normalmente se entiende bajo la denominación “segunda ley de Mendel” (o “ley de la *transmisión independiente*”), en la medida en que concierne al *dihibridismo* (cf. Sinnott & Dunn 1925, p. 67-70).

Si, además, se especifica la forma concreta en que se relacionan los genes con las características, obtenemos nuevamente especializaciones terminales. Así, por ejemplo, tenemos un primer tipo de casos en aquellas especializaciones en las que cada par de factores determina un carácter distinto, pero con *dominancia completa para ambos pares de factores*, mediante la que se explica la *proporción fenotípica* 9:3:3:1. Instancias de esta especialización corresponden a lo que en Sinnott & Dunn (cf. 1925, p. 63-7) se presenta como *ejemplos paradigmáticos* de la denominada “segunda ley de Mendel”.

Otras especializaciones también son susceptibles de ser obtenidas siguiendo las líneas directrices aquí presentadas. Por ejemplo, aquella en las que cada par de factores determina un carácter distinto, pero con *dominancia completa para un par de factores* y *dominancia parcial* o *codominancia* para el otro (que permite explicar la he-

“regla de Mendel” (“*Mendels Regel*” en alemán) para referirse tanto a la “ley de segregación” de de Vries como a lo que llegó a ser más tarde la “segunda ley de Mendel” (cf. Correns, 1900). El primero en usar el término “transmisión independiente” fue Thomas Hunt Morgan (Morgan, 1913). Recién en 1919, Morgan habló explícitamente de dos leyes, la ley de la segregación y la ley de la transmisión independiente de los genes y le atribuyó su descubrimiento a Mendel, refiriéndose a ellas como “primera ley de Mendel” y “segunda ley de Mendel”, respectivamente (cf. Morgan, 1919). En las exposiciones estándar de la genética clásica no se encuentra una forma general de las dos leyes de Mendel arriba mencionadas. Ella es aquí postulada sobre bases sistemáticas similares a aquellas establecidas más arriba para la ley fundamental de coincidencia.

rencia de la cresta de los gallos). O en donde cada par de factores determina el mismo carácter con distintos modos de dominancia y epistasis (que explican las proporciones fenotípicas 9:7, 9:3:3:4, 12:3:1, 13:3 y 15:1). Esta línea de especialización caracteriza la llamada “interacción de factores”.

En otras especializaciones, el número de pares de factores o la forma concreta en que se relacionan los factores con las características serían distintos. Por ejemplo, el número de pares de factores podría ser igual a tres y todo par de factores podría determinar un carácter distinto con dominancia completa para cada componente de genotipo (dando cuenta de la proporción fenotípica 27:9:9:9:3:3:3:1), o, con el número de pares de factores igual a tres, pero con cada uno de ellos con efectos aditivos, determinando el mismo carácter con una variación continua. Esta última especialización captura el caso llamado de “múltiples factores” para la herencia cuantitativa. La formulación explícita de dichas especializaciones puede encontrarla el lector en Lorenzano (1995).

Una especialización ulterior para el caso en que haya dos pares de factores o genes involucrados es la representada por aquella en donde no se cumple que todas las combinaciones de factores sean equiprobables, sino que algunas (las “unidas” o “enlazadas”) aparecen con mayor frecuencia que las otras. Si los factores están tan fuertemente unidos que al provenir del mismo padre siempre se transmiten conjuntamente, su enlace es denominado *completo*. En tal caso, deberían encontrarse sólo los genotipos paternos originarios. Habitualmente, empero, el enlace no es completo, debido al fenómeno de *recombinación*, esto es, el fenómeno por el cual aparecen también nuevos tipos de combinaciones (denominados *recombinantes*). Estos aparecen, no obstante, no tan frecuentemente como los tipos paternos. Este fenómeno de “enlace” da cuenta de las excepciones a la denominada “segunda ley de Mendel”.

5 OBSERVACIONES FINALES

En esta comunicación, partiendo de la consideración del primer libro de texto de genética clásica en sentido kuhniano, fue discutido el problema de la existencia de leyes fundamentales o principios-guía en la biología. En primer lugar, se consideró el hecho de que, en los libros de texto, los esquemas de resolución de problemas, ejemplos compartidos, ejemplares, paradigmas o modelos ocupan un lugar central, posibilitando a los estudiantes el aprendizaje del campo en cuestión, a través de la familiarización con ellos y de la subsiguiente resolución de los problemas que allí se plantean. En segundo lugar, se intentó precisar la idea de que los distintos esquemas de resolución de problemas, ejemplos compartidos, ejemplares, paradigmas o modelos de una y la misma teoría son estructuralmente similares entre sí, pudiendo ser concebidos

como especificaciones de dicha estructura o esquema más general subyacente. Para ello, se introdujo el concepto estructuralista de ley fundamental. Basado en él, fue identificada la ley fundamental de la genética clásica, a saber: la ley de coincidencia, que *ejemplifica todas las condiciones necesarias débiles o síntomas* considerados de acuerdo con dicho concepto. Esta afirmación contrasta con aquellas según las cuales en la biología en general y en la genética en particular no pueden encontrarse leyes fundamentales, aun cuando la mencionada ley no se encuentre formulada explícitamente de manera lingüística en los libros de texto, sino sólo implícitamente. De este modo, además, fue mostrado que al menos no todas las teorías de las ciencias biológicas (y/o biomédicas) poseen una estructura particular distinta a la de las teorías pertenecientes a la física. Por último, quisiéramos mencionar que la posibilidad de identificar leyes fundamentales en la biología no tiene porqué limitarse a la genética clásica. Sin embargo, considerar esta posibilidad excede los límites de la presente comunicación. ♣

Este trabajo se ha realizado con la ayuda de los proyectos de investigación PICT REDES 2002 No 00219 y PICT 2003 No 14261 de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica. Una versión inglesa de este trabajo fue presentada en el Simposio “*Logic and Philosophy of Science in Latin America*” del APA Central Division Meeting, que tuvo lugar en Chicago, en abril de 2005. Quisiera agradecer los comentarios que me hiciera Ricardo Gómez en dicha oportunidad.

Pablo LORENZANO

Programa Prioritario de Investigación “Filosofía e Historia de la Ciencia”,
Universidad Nacional de Quilmes/CONICET, Argentina.

pablol@unq.edu.ar

ABSTRACT

Taking as starting point the book of Sinnott and Dunn, *Principles of genetics: an elementary text, with problems*, that may be considered the first textbook of classical genetics in the Kuhnian sense, and the analyses of the structure of biomedical and/or biological theories carried out by Darden and Schaffner, I will discuss the problem of the existence of fundamental laws or guide-principles in biology, in the light of the examination of classical genetics accomplished with the instruments of the structuralist conception of theories.

Keywords • Textbook. Biological theory. Classical genetics. Exemplar. Model. Principle. Fundamental law. Special law.

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.
- 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: —— & KAMLAH, A. (Ed.). *Aspekte der physikalischen Begriffsbildung. Theoretischer Begriffe und operationale Definitionen*. Braunschweig/Wiesbaden, Friedr. Vieweg & Sohn, 1979b. p. 13-36.
- & SNEED, J. Generalized net structures of empirical theories I. *Studia Logica*, 36, p. 195-211, 1977.
- & ———. Generalized net structures of empirical theories II. *Studia Logica*, 37, p. 167-194, 1978.
- & KAMLAH, A. (Ed.). *Aspekte der physikalischen Begriffsbildung. Theoretischer Begriffe und operationale Definitionen*. Braunschweig/Wiesbaden, Friedr. Vieweg & Sohn, 1979.
- ; MOULINES, C. U. & SNEED, J. *An architectonic for science. The structuralist program*. Dordrecht, Reidel, 1987.
- & DAWE, C. M. *Models for genetics*. München, Institut für Philosophie, Logik und Wissenschaftstheorie, 1990.
- & LORENZANO, P. (Ed.). The logical structure of classical genetics. *Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie*, 31, p. 243-66, 2000.
- ; MOULINES, C. U. & SNEED, J. (Ed.). *Structuralist knowledge representation: paradigmatic examples*. Amsterdam, Rodopi, 2000.
- BARTELBORTH, T. *Eine logische Rekonstruktion der klassischen Elektrodynamik*. Frankfurt am Main, Peter Lang, 1988.
- BEATTY, J. 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.
- BOWLER, P. *The mendelian revolution*. London, The Athlone Press, 1989.
- CORRENS, C. Gregor Mendels Regel über das Verhalten der Nachkommenschaft der Bastarde. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft*, 18, 158-68, 1900.
- DARDEN, L. *Theory change in science. Strategies from mendelian genetics*. Oxford, Oxford University Press, 1991.
- . Essay review. Generalizations in biology. Kenneth F. Schaffner, "Discovery and explanations in biology and medicine". *Studies in History and Philosophy of Science*, 27, 3, p. 409-19, 1996.
- 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.
- & ———. La concepción estructuralista en el contexto de la filosofía de la ciencia del siglo xx. In: —— & ———. (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.
- FLECK, L. *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache. Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv*. Basel, Benno Schwabe, 1935.
- 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.
- . *Laws and symmetry*. Oxford, Clarendon Press/Oxford University Press, 1989.

- FRAASSEN, B. van. Armstrong, Cartwright, and Earman on laws and symmetry. *Philosophy and Phenomenological Research*, 53, 2, p. 431-44, 1993.
- GOULD, S. J. *Wonderful life. The Burgess Shale and the nature of history*. New York, W. W. Norton, 1989.
- HEMPEL, C. G. Y OPPENHEIM, P. Studies in the logic of explanation. *Philosophy of Science*, 15, p. 135-75, 1948.
- KITCHER, P. 1953 and all that: A tale of two sciences. *The Philosophical Review*, 93, p. 335-73, 1984.
- ____ & SALMON, W. C. (Ed.). *Minnesota studies in the philosophy of science*. Minneapolis, University of Minnesota Press, 1989. v. 13: Scientific explanation.
- KUHN, T. S. *The structure of scientific revolutions*. Chicago, University of Chicago Press, 1970 [1962].
- ____. *The essential tension. Selected studies in scientific tradition and change*. Chicago, University of Chicago Press, 1977 [1959].
- ____. The essential tension: tradition and innovation in scientific research. In: _____. *The essential tension. Selected studies in scientific tradition and change*. Chicago, University of Chicago Press, 1977 [1959]. p. 225-39.
- LORENZANO, P. *Geschichte und Struktur der klassischen Genetik*. Frankfurt am 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.
- ____. 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.
- ____. On biological laws and the laws of biological sciences. *Revista Patagónica de Filosofía*, 2, p. 29-43, 2001.
- ____. 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. Comunicación presentada en el congreso *III Encuentro Iberoamericano sobre Metateoría Estructural*. Granada, España, 2002c.
- ____. La emergencia de un programa de investigación en genética. In: ____; MARTINS, L. A. C. P. & REGNER, A. C. (Ed.). *Filosofía e historia de las ciencias de la vida*. En prensa.
- ____ & MOLINA, F. T. (Ed.). *Filosofía e historia de la ciencia en el Cono Sur*. Quilmes, Universidad Nacional de Quilmes, 2002.
- ____; MARTINS, L. A. C. P. & REGNER, A. C. (Ed.). *Filosofía e historia de las ciencias de la vida*. En prensa.
- MORGAN, T. H. *Heredity and sex*. New York, Columbia University Press, 1913.
- ____. *The physical basis of heredity*. Philadelphia, Lippincott, 1919.
- MOSTERÍN, J. *Conceptos y teorías en la ciencia*. 2. ed. Madrid, Alianza, 1984.
- MOULINES, C.U. *Exploraciones metacientíficas*. Madrid, Alianza, 1982.
- ____. Forma y función de los principios-guía en las teorías físicas. In: _____. *Exploraciones metacientíficas*. Madrid, Alianza, 1982. p. 88-107.
- ____. *Pluralidad y recursión*. Madrid, Alianza, 1991.
- MUNSON, R. Is biology a provincial science? *Philosophy of Science*, 42, p. 428-47, 1975.
- NIINILUOTO, I. & TUOMELA, R. (Ed.). *The logic and epistemology of scientific change*. Amsterdam, North-Holland, 1979. (Acta Philosophica Fennica, 30).
- OLBY, R. Mendel no mendelian? *History of Science*, 17, p. 53-72, 1979.

- RUSE, M. Are there laws in biology? *Australasian Journal of Philosophy*, 48, p. 234-46, 1970.
- 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, 1989. p. 3-219. v. 13: Scientific explanation.
- SCHAFFNER, K. F. Theory structures in the biomedical sciences. *The Journal of Medicine and Philosophy*, 5, p. 57-97, 1980.
- _____. Exemplar reasoning about biological models and diseases: a relation between the philosophy of medicine and philosophy of science. *The Journal of Medicine and Philosophy*, 11, p. 63-80, 1986.
- _____. *Discovery and explanations in biology and medicine*. Chicago/London, University of Chicago Press, 1993.
- SCHLICK, M. *Allgemeine Erkenntnislehre*. Berlin, Springer, 1918.
- SINNOTT, E. W. & DUNN, L. C. *Principles of genetics: an elementary text, with problems*. New York, McGraw-Hill, 1925. (2. ed., 1932; 3. ed., 1939; con T. Dobzhansky como co-autor, 4. ed., 1950; 5. ed., 1958).
- SMART, J. J. C. *Philosophy and scientific realism*. London, Routledge & Kegan Paul, 1963.
- SNEED, J. D. *The logical structure of mathematical physics*. Dordrecht, Reidel, 1971.
- STEGMÜLLER, W. *Theorienstrukturen und Theoriendynamik*. Heidelberg, Springer, 1973.
- _____. *Neue Wege der Wissenschaftsphilosophie*. Berlin/Heidelberg/New York, Springer, 1976.
- _____. Eine 'subjektivistische' Variante des Begriffs der physikalischen Theorie. In: _____. *Neue Wege der Wissenschaftsphilosophie*. Berlin/Heidelberg/New York, Springer, 1976. p. 56-86.
- _____. A combined approach to the dynamics of theories. *Theory and Decision*, 9, p. 39-75, 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*. Amsterdam, North-Holland, 1979a. p. 113-29. (Acta Philosophica Fennica, 30).
- _____. *The structuralist view of theories*. Berlin, Springer, 1979b.
- _____. *Erklärung-Begründung-Kausalität*. 2. ed. ampliada y modificada. Berlin/Heidelberg/New York, Springer, 1983.
- _____. *Theorie und Erfahrung, Band II, Dritter Halbband*. Berlin/Heidelberg/New York, Springer, 1986.
- 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, Gruyter, 1995. p. 67-91.
- VRIES, H. de. Das Spaltungsgesetz der Bastarde. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft*, 18, p. 83-90, 1900.
- WEINERT, F. (Ed.). *Laws of nature. Essays on the philosophical, scientific and historical dimensions*. Berlin, Gruyter, 1995.
- WITTGENSTEIN, L. *Philosophische Untersuchungen/Philosophical investigations*. Oxford, Basil Blackwell, 1953.
- 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.