

Principios, modelos, ejemplares y representaciones en la genética clásica*

Pablo Lorenzano
Universidad Nacional de Quilmes – CONICET

0. Introducción

Tomando como punto de partida el análisis que realiza Kuhn de los libros de texto y su aplicación al caso de Sinnott & Dunn (1925), se discutirá el problema de la existencia de leyes en la biología, tratando de mostrar, en consonancia con las propuestas de Darden y Schaffner, la relevancia de los ejemplares, aunque también de las representaciones diagramáticas o gráficas, en el modo en que se lleva a cabo la enseñanza-aprendizaje de dicha teoría y la práctica científica basada en ella, en la medida en que la información contenida tanto en unos como en otras, indispensable para el correcto desarrollo de ese proceso, excede la proporcionada por los “principios” lingüísticamente articulados y presentados en el texto, pero se encuentra presente implícitamente en la que pudiera considerarse la ley fundamental de la genética clásica, de acuerdo con el concepto estructuralista de ley fundamental.

1. El primer libro de texto de genética clásica

Ludwik Fleck (1935) y Thomas Kuhn (1959, 1962/1970) 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 “[l]a característica más notable de esta educación consiste en que, en grado totalmente desconocido en otros campos, se realiza mediante libros de texto” (Kuhn 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

* Este trabajo se ha realizado con la ayuda de los proyectos de investigación PICT REDES 2002 N° 00219 y PICT2003 N° 14261 de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica.

mejor calculado para producir ‘predisposiciones mentales’ o *Einstellungen*” (Kuhn 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” (Kuhn 1962/1970), 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”).

El libro de Sinnott & Dunn (1925) es el primer libro de texto de genética clásica que se ajusta al análisis que realiza Kuhn de los libros de texto. Este fue un libro especialmente concebido como una introducción a la genética, que “establece los principios esenciales de la genética de una modo tan claro y preciso como fuera posible” (p. xvii), para ser usado en cursos universitarios elementales. En él, además de caracterizar en los capítulos iniciales a la genética en términos generales 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 continuo, acumulativo y lineal–, 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” –siendo las principales la de la segregación¹ y la de la transmisión independiente–,² junto con las soluciones a problemas concretos, los ejemplos compartidos, ejemplares o paradigmas, siempre valiéndose de determinadas representaciones diagramáticas o gráficas (ver figs. 1

¹ “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), pp. 51-52.

² “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.

y 2), y una serie de problemas para ser resueltos por el estudiante al final de cada capítulo.

2. Principios (o leyes) y ejemplares en las teorías biológicas

Se ha señalado que, debido a la ausencia de leyes universales y necesarias,³ las teorías de las ciencias biológicas (y/o biomédicas) poseen una estructura particular distinta a la de las teorías físicas y que, debido a ello, en la biología y/o en las ciencias biomédicas la familiaridad con un número de ejemplos compartidos o ejemplares es especialmente importante. Esta 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 y solapados.

En relación con esta posición, uno podría preguntarse cómo se relacionan entre sí los distintos esquemas de resolución de problemas, ejemplos compartidos, ejemplares, paradigmas, modelos o diagramas (o gráficos) que los representan, para poder decir que son de *una y la misma teoría*. Podría sostenerse, de manera formalmente análoga a la descripción intensional de “juego” dada por Wittgenstein (1953, § 66 y ss.), mediante el método de los ejemplos paradigmáticos, que entre los diferentes paradigmas, ejemplares, ejemplos compartidos, modelos o diagramas que los representan 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, e.e., sin que existan propiedades que constituyan condiciones necesarias ni una lista de propiedades que constituyan 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 sean similares entre sí aparentalmente, sino más bien estructuralmente: los paradigmas, ejemplos compartidos, ejemplares, modelos o diagramas que los representan de una y la misma teoría poseen la misma estructura, pudiendo ser considerados como especificaciones de dicha estructura o esquema más general subyacente. Para

³ De acuerdo con los dos argumentos más importantes que se han esgrimido en contra de la existencia de leyes en biología, el de la no-universalidad (Smart 1963) y el de la contingencia evolutiva (Beatty 1995). Para una discusión mayor de tales argumentos, puede consultarse Lorenzano (2001).

precisar esta idea y ver cómo se aplicaría al caso de la genética clásica aquí considerado, utilizaremos la noción estructuralista de ley fundamental.⁴

3. La noción de ley fundamental en la concepción estructuralista de las teorías

Dentro de la tradición estructuralista, cuando de manera por lo general dispersa, pero recurrente, se trata el tema de las leyes, las discusiones se centran en aquellas que son denominadas “leyes fundamentales” de una teoría.⁵ Y cuando se discuten los criterios para que un enunciado sea considerado como una ley fundamental, a partir de asumir que, a pesar de los sucesivos y renovados esfuerzos realizados en ese sentido, todavía no disponemos de un conjunto adecuado de condiciones necesarias y suficientes precisas como criterio para que un enunciado sea considerado una “ley (científica)”⁶ y que, 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), 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).

Los cuatro criterios que se suelen mencionar como condiciones necesarias, condiciones necesarias *débiles* o “síntomas” para que un enunciado sea considerado una ley fundamental son los siguientes: 1) su carácter arracimado o sinóptico; 2) que valga en todas las aplicaciones intencionales; 3) su carácter cuasi-vacuo; y 4) su papel sistematizador. De acuerdo con el primero de los criterios, su carácter sinóptico, en su versión más fuerte, “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), mientras que, en sus formulaciones más débiles, 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

⁴ Ver Balzer, Moulines & Sneed (1987) para una presentación completa o Díez & Lorenzano (2002) para una presentación sucinta de esta concepción metateórica.

⁵ 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.

⁶ 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.

no-teóricos” (Stegmüller 1986, p. 386), “casi todos” (Balzer, Moulines & Sneed 1987, p. 19) o “al menos dos” (Stegmüller 1986, p. 151).

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). 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”, sino que basta que se apliquen a sistemas empíricos parciales y bien delimitados (el conjunto de aplicaciones intencionales).

El tercero de los criterios –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 (Moulines 1991),⁷ 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”, 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.⁸

El último de los “síntomas” –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”) (Moulines 1991) que, como vimos más arriba, introducen restricciones adicionales respecto de las leyes fundamentales y se aplican así a los sistemas empíricos en particular. Merced

⁷ Para un intento de 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 y del tipo de conceptos que allí ocurren, ver Moulines (1982).

⁸ 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.

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. La ley fundamental de la genética clásica

Ninguna de las denominadas “leyes de Mendel”, identificadas en Sinnott & Dunn (1925) como los “principios” básicos 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, hasta ahora los genetistas no han formulado tal ley, es decir, ella no puede ser “observada” en la literatura de la genética.

Sin embargo, la reconstrucción de la genética clásica realizada dentro del marco de la concepción estructuralista de las teorías⁹ 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, discerniendo razones numéricas (frecuencias relativas) en la distribución de esas características en la descendencia. La ley fundamental determina el modo de “dar cuenta” de esas distribuciones, postulando la existencia de tipos y números apropiados de factores o genes (genotipo) en los individuos, la forma en que se distribuyen los genes parentales en la descendencia y el modo en que se relacionan los genes con las características, y estableciendo que, dados dos progenitores –con ciertas características y cierto número de genes 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)¹⁰ entre las distribuciones de las características (frecuencias relativas) y las distribuciones de genes postuladas

⁹ Balzer & Dawe (1990), Balzer & Lorenzano (2000) y Lorenzano (1995, 2000, 2002).

¹⁰ *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 ϵ dada.

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 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, modelos o diagramas que los representan bajo una y la misma teoría. Dichos esquemas de resolución de problemas, paradigmas, ejemplos compartidos, ejemplares, modelos o diagramas que los representan 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 coincidencia. 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 esquema de resolución de problemas, un paradigma, un ejemplo compartido, un ejemplar o 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 toda $\gamma, \gamma' \in G$ tal que $DET(\gamma) = APP(i)$ y $DET(\gamma') = APP(i')$ vale que: $COMB(\gamma, \gamma') = DIST(DET(\gamma), DET(\gamma'))$.¹¹

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

¹¹ 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).)

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* –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 coincidencia 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 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 poder dirigir el *modus tollens*. En caso de que éstas “salgan airoas” de la contrastación, e.e. 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 coincidencia, 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”.¹² En sus representaciones diagramáticas o gráficas (figs. 1 y 2), sin embargo, aparecen todos los términos que ocurren en ellas, aunque instanciados, de forma tal que lo que tenemos ante nosotros es de hecho la solución a un problema concreto, un ejemplo compartido, un ejemplar o paradigma. Así, plantas de arvejas son los individuos, el color de las flores (coloreadas o blancas) las características, en la fig. 1, y el color (amarillo o verde) y forma de las semillas (redonda o angular), en la fig. 2. Éstas (P_1) se reproducen sexualmente mediante cruzamiento, dejando descendencia (F_1), que posee la apariencia de una de las plantas parentales (con flores coloreadas en la fig. 1 y con semillas amarillas y redondas en la fig. 2). Ésta se autofecunda, dando lugar a una segunda generación (F_2), en donde las características se dan en las proporciones 3:1 (coloreadas respecto de blancas), en el primer caso, y 9:3:3:1 (amarillas y redondas, amarillas y angulares, verdes y redondas y verdes y angulares, respectivamente), en el segundo. Además, se introducen pares de factores (uno –CC o cc– en las plantas parentales de la fig. 1 y dos –YYRR o yyrr– en las de la fig. 2) que determinan la apariencia de los individuos y que muestran la dominancia completa de uno de los factores sobre el otro. Por otra parte, durante la formación de las células sexuales (gametos de P_1) a partir de las cuales se formarán los individuos de la descendencia se reduce a la mitad el número de factores presente en cada par, de forma tal que, cuando se lleva a cabo la fecundación, la descendencia contendrá nuevamente el par completo, pero formado con un factor de cada uno de los individuos parentales. Cuando dicha descendencia se autofecunde, luego de formar células sexuales (gametos de F_1) que transportan los factores, se obtendrán en la siguiente generación todas las combinaciones posibles de factores con la misma probabilidad, de modo tal que, habida cuenta de la dominancia completa de un factor sobre el otro, *coinciden* con las proporciones fenotípicas 3:1 y 9:3:3:1 y así las explica.

5. Observaciones finales

En este trabajo, partiendo de la consideración del primer libro de texto de genética clásica en sentido kuhniano, fue discutido el problema de la existencia

¹² Para una formulación explícita de las diferentes especializaciones que abarcan la totalidad de la red teórica de la genética clásica, ver Lorenzano (1995).

de leyes fundamentales en la biología. En primer lugar, se consideró el hecho de que, en los libros de texto de genética, los esquemas de resolución de problemas, ejemplos compartidos, ejemplares, paradigmas, modelos o diagramas que los representan ocupan un lugar central, “transmitiendo” mayor información (“diciendo más”) que la contenida en la contraparte formulada lingüísticamente en los libros de texto como “principios” o “leyes”, y, de este modo, 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, modelos o diagramas que los representan 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, y se señaló que las presentadas en los libros de texto como los principios básicos de la genética clásica, las llamadas “leyes de Mendel”, constituyen leyes que se obtienen mediante “especialización” de la ley fundamental. La afirmación anterior 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, pero estructurando la práctica de los genetistas, así como su enseñanza-aprendizaje. 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 del presente trabajo.

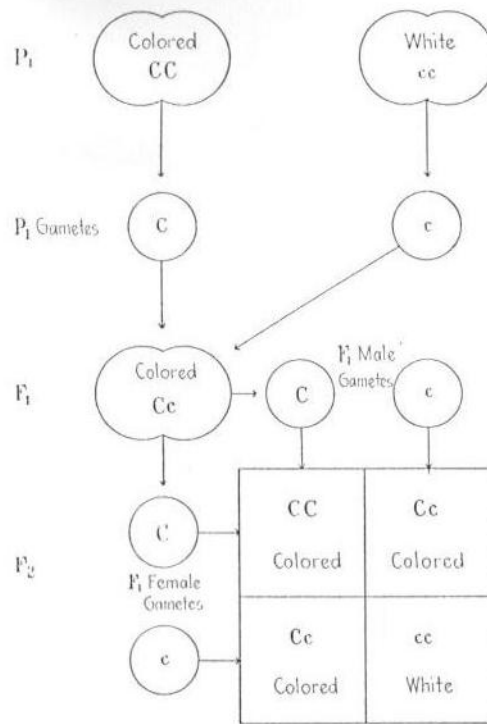


FIG. 24.—Chart showing the behavior of the factors in the cross illustrated in Fig. 17 (colored and white flowers in peas) and giving the genotypes and phenotypes of parents and F_1 , the gametes which they produce, and the random union of F_1 gametes to form the three genotypic and two phenotypic classes of F_2 zygotes shown in the checkerboard.

Fig. 1. Representación de la ley de la segregación (Sinnott & Dunn, p. 53)

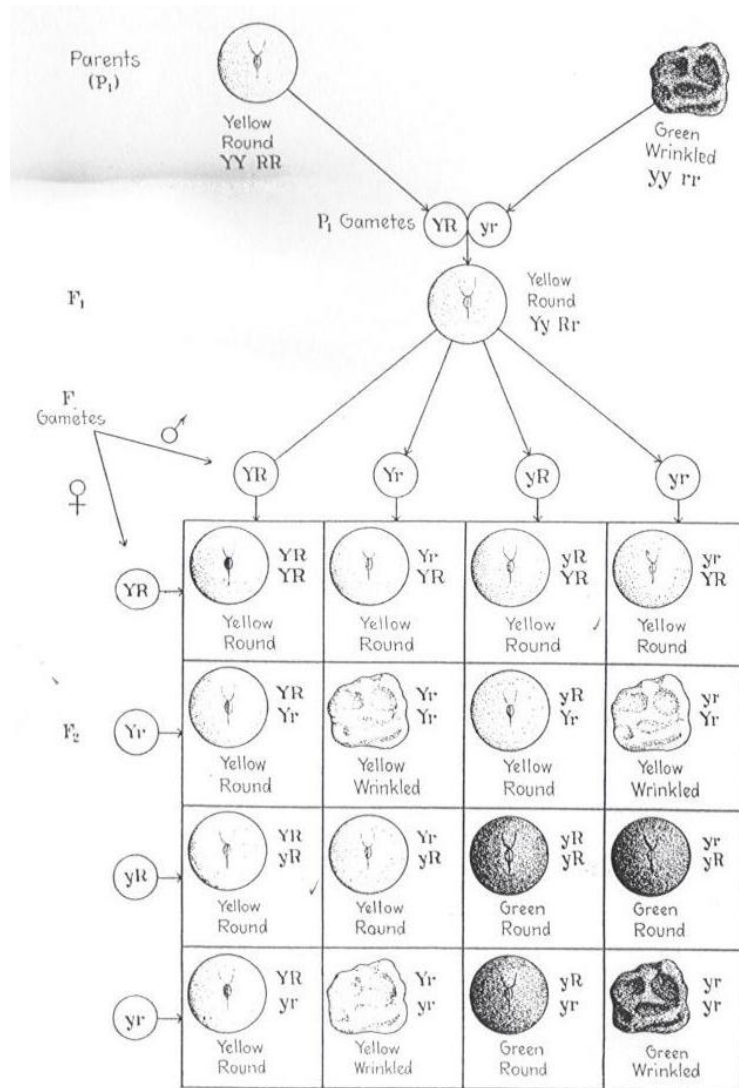


FIG. 29.—Diagram showing the independent assortment in peas of two pairs of characters in which dominance is complete. In a cross between a plant homozygous for yellow and round seeds and a green, wrinkled-seeded one, the appearance, genotype and gametes of parents and F₁ are shown. The results of random union between the four types of gametes formed by the F₁ heterozygote are presented in the F₂ checkerboard.

Fig. 2. Representación de la ley de la transmisión independiente (Sinnott & Dunn, p. 60)

Referencias bibliográficas

- Balzer, W. y C.M. Dawe (1990), *Models for Genetics*, München: Institut für Philosophie, Logik und Wissenschaftstheorie.
- Balzer, W. y P. Lorenzano (2000), "The Logical Structure of Classical Genetics", *Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie* 31, 243-266.
- Balzer, W., Moulines, C.U. y J. Sneed (1987), *An Architectonic for Science. The Structuralist Program*, Dordrecht: Reidel.
- Beatty, J. (1995), "The Evolutionary Contingency Thesis", en Wolters, G. y J. Lennox (eds.), *Theories and Rationality in the Biological Sciences, The Second Annual Pittsburgh/Konstanz Coloquim in the Philosophy of Science*, Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh Press, pp. 45-81.
- Bowler, P. (1989), *The Mendelian Revolution*, London: The Athlone Press.
- Casanueva, M. (1997), "Genetics and Fertilization: A Good Marriage", en Ibarra, A. y T. Mormann (eds.), *Representations of Scientific Rationality*, Amsterdam: Rodopi, pp. 321-358.
- Casanueva, M. (1998), *Mendeliana y anexos*, Tesis doctoral, México: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Darden, L. (1991), *Theory Change in Science. Strategies from Mendelian Genetics*, Oxford: Oxford University Press.
- Díez, J.A. y P. Lorenzano (2002), "La concepción estructuralista en el contexto de la filosofía de la ciencia del siglo XX", en Díez, J.A. y P. Lorenzano (eds.), *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*, Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes/Universidad Autónoma de Zacatecas /Universidad Rovira i Virgili, pp. 13-78.
- Fleck, L. (1935), *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache. Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv*, Basel: Benno Schwabe & Co.
- Fodor, J. (1974), "Special Sciences (or: the Disunity of Science as a Working Hypothesis)", *Synthese* 28, 97-116
- Fodor, J. (1991), "Hedged Laws and Psychological Explanations", *Mind* 100, 19-33.
- Kuhn, T.S. (1959), "The Essential Tension: Tradition and Innovation in Scientific Research", en Taylor, C.W. (ed.), *The Third (1959) University of Utah Research Conference on the Identification of Scientific Talent*, Salt Lake City: University of Utah Press, pp. 162-174; reimpresso en *The Essential Tension. Selected Studies in Scientific Tradition and Change*, Chicago: University of Chicago Press, 1977, pp. 225-239.
- Kuhn, T.S. (1962/1970), *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago: University of Chicago Press, 2ª ed.
- Lorenzano, P. (1995), *Geschichte und Struktur der klassischen Genetik*, Frankfurt am Main: Peter Lang.

- Lorenzano, P. (2000), "Classical Genetics and the Theory-Net of Genetics", en Balzer, W., Moulines, C.U. y J. Sneed (eds.), *Structuralist Knowledge Representation: Paradigmatic Examples*, Amsterdam: Rodopi, pp. 251-284.
- Lorenzano, P. (2001), "On Biological Laws and the Laws of Biological Sciences", *Revista Patagónica de Filosofía* 2, 29-43.
- Lorenzano, P. (2002), "La teoría del gen y la red teórica de la genética", en Díez, J.A. y P. Lorenzano (eds.), *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*, Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes/Universidad Autónoma de Zacatecas /Universidad Rovira i Virgili, pp. 285-330.
- Moulines, C.U. (1978), "Forma y función de los principios-guía en las teorías físicas", en *Exploraciones metacientíficas*, Madrid: Alianza, pp. 88-107.
- Moulines, C.U. (1991), *Pluralidad y recursión*, Madrid: Alianza.
- Olby, R. (1979), "Mendel No Mendelian?", *History of Science* 17, 53-72.
- Salmon, W.C. (1989), "Four Decades of Scientific Explanation", en Kitcher, P. y W.C. Salmon (eds.), *Scientific Explanation*, Minnesota Studies in the Philosophy of Science, vol. 13, Minneapolis: University of Minnesota Press, pp. 3-219.
- Schaffner, K.F. (1980), "Theory Structures in the Biomedical Sciences", *The Journal of Medicine and Philosophy* 5, 57-97.
- Schaffner, K.F. (1986), "Exemplar Reasoning About Biological Models and Diseases: A Relation Between the Philosophy of Medicine and Philosophy of Science", *The Journal of Medicine and Philosophy* 11, 63-80.
- Schaffner, K.F. (1993), *Discovery and Explanations in Biology and Medicine*, Chicago and London: University of Chicago Press.
- Sinnott, E.W. y L.C. Dunn (1925), *Principles of Genetics: An Elementary Text, with Problems*, New York: McGraw-Hill; 2ª ed., 1932; 3ª ed., 1939; con T. Dobzhansky como co-autor, 4ª ed., 1950; 5ª ed., 1958.
- Smart, J.J.C. (1963), *Philosophy and Scientific Realism*, London: Routledge and Kegan Paul.
- Stegmüller, W. (1983), *Erklärung–Begründung–Kausalität*, Berlin/Heidelberg/New York: Springer, 2ª ed. ampliada y modificada.
- Stegmüller, W. (1986), *Theorie und Erfahrung, Band II, Dritter Halbband*, Berlin/Heidelberg/New York: Springer.
- Wittgenstein, L. (1953), *Philosophische Untersuchungen/Philosophical Investigations*, Oxford: Basil Blackwell.