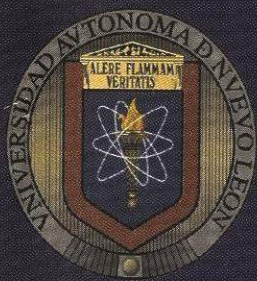


# HUMANITAS

ANUARIO DEL CENTRO DE ESTUDIOS HUMANÍSTICOS

2005



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Edición 32

## SOBRE EL PAPEL DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN LA EVALUACIÓN DE LA TEORÍA DEL CAMBIO CIENTÍFICO —PRIMERA PARTE—

César Augusto Reza Rodríguez  
Candidato al Doctorado en Filosofía  
Por la Universidad Complutense de Madrid

### Introducción

Dentro de los temas que ocupan a los filósofos de la ciencia desde la segunda mitad del siglo pasado, uno de los más acuciantes es el de dar cuerpo a una teoría del cambio científico que ofrezca una descripción adecuada de la dinámica de las ciencias en, al menos, sus ramas más consolidadas.

Prendido de las concepciones puramente epistemológicas de las ciencias, en las cuales se asignaba a éstas la tarea de construir versiones fieles del mundo, el modelo positivista del cambio científico ofrecía la imagen de un desarrollo acumulativo, por el cual el progreso científico podía identificarse como el acercamiento creciente de las diversas disciplinas al cumplimiento de aquella tarea fundamental. Una vez que ha sido irrevocablemente cuestionado el formalismo en que se apoyaba ese modelo, lo que ahora se discute es si las propuestas alternativas que han ido surgiendo socavan los cimientos de una visión auténticamente racional del cambio científico o si, por el contrario, sientan las bases para la emergencia de criterios de racionalidad más acordes con el desarrollo del proceso científico real.

Dentro de esa polémica, la figura de Thomas S. Kuhn ha ocupado un puesto central, de tal modo que los desarrollos posteriores a él se definieron en razón de los cambios propuestos en relación con que el modelo kuhniano. Después del impacto de su *La estructura de las revoluciones científicas*, que sirvió de estímulo a diversas propuestas de naturalización de la filosofía de la ciencia, se cayó en la cuenta de que el desmantelamiento del universalismo epistemológico propio del positivismo requería un examen más profundo, pues estaba en juego nada menos que la posibilidad de seguir pensando en las ciencias como ámbitos en cuya dinámica están vigentes, entre otras cosas, criterios de racionalidad cuyo alcance está más allá de los límites de cada contexto histórico. De no ser así, no se vería cómo cerrar la puerta al relativismo.

En este contexto, nuevos empirismos tomaron la palabra. Las baterías se enfocaron de manera señalada sobre la noción de inconmensurabilidad, auténtico pilar de la concepción kuhniana del desarrollo científico. Asimilada en principio a las propuestas de Feyerabend, se pusieron de manifiesto sus inconsistencias. Quine, Davidson, Van Fraassen, Laudan, Putnam y otros más se encargaron de refutarla. Kuhn reaccionó argumentando que había sido mal comprendido, pues sus críticos pasaban por alto los numerosos pasajes de su obra capital en los cuales, a la vez que destacaba la importancia de la inconmensurabilidad para la edificación de un nuevo paradigma epistemológico, abierto a la historia y a la sociología de la ciencia, reclamaba para ella un alcance más modesto del que Feyerabend le asignó en sus propias obras.

Pero no fue sólo este concepto el que avivó la polémica. Paradigma, ciencia normal, cambio revolucionario, fueron también tema de un amplio debate. E igual que con la idea de inconmensurabilidad, Kuhn se dedicó a reformular estos conceptos para salvarlos de las objeciones, empresa que siguió hasta el fin de sus días.

De todo lo dicho por Kuhn a lo largo de más de cuarenta años, y de los numerosos comentarios y críticas a su obra, ha emergido una figura que se ha constituido en punto de referencia obligado a todo intento de dar cuenta de la dinámica presente en la evolución de las ciencias, e invita a hacer balance de sus aportaciones, sus méritos e insuficiencias. Entre los segundos, yo destacaría que Kuhn ha cambiado ya definitivamente la manera de abordar el estudio histórico del desarrollo científico.

*La estructura de las revoluciones científicas* es una obra que tiene detrás suyo numerosos estudios de caso. Al elegir la forma de ensayo, Kuhn

privilegió la capacidad de ese estilo para sugerir líneas de acción y de debate, aunque para ello hubiera de sacrificar la presentación exhaustiva de sus apoyos. No es que falten ejemplos, sino que no están en esa obra debidamente representadas las diversas regiones de la actividad científica en las cuales afirma haber encontrado confirmación de su modelo como *patrón* general del desarrollo de la actividad científica *en cualquier campo*. Así las cosas, tiene sentido contrastarlo con lo que puedan informarnos al respecto episodios de aquellas ramas de la ciencia, fuera de la física, que por su importancia relativa merecen ser traídas a cuento.

La genética, con ser una ciencia de historia muy reciente, ha experimentado un desarrollo tan impresionante que ya disputa a la física el papel de referencia en los estudios de historia y filosofía de la ciencia. A ella dedicó Kuhn, en su obra capital, apenas unas cuantas alusiones sueltas; y ahí la presenta como una de las ramas de la actividad científica que más parecen seguir en su desarrollo un patrón acumulativo.

Este trabajo se orienta a contrastar la teoría de Kuhn del desarrollo científico en el período de la historia de la genética que puede ser caracterizado como el de la emergencia de su paradigma inicial, tomada esta expresión en el sentido originalmente postulado por Kuhn en 1962. Al hacerlo me propongo, por una parte, ver si en efecto es el *patrón acumulativo* el que mejor cuenta de lo ocurrido en la constitución de la genética entre la publicación de la obra de Mendel y la consolidación de la teoría cromosómica de la herencia; es decir, en el período que algunos autores denominan como el de la genética mendeliano-morganiana. Por otra parte, me propongo analizar si el énfasis que pone Kuhn en el carácter *conservador* de lo que él llama fase de ciencia normal (fase que para Kuhn es la piedra de toque para que una disciplina alcance el estatuto de ciencia) se cumple efectivamente en esta disciplina; es decir, si es verdad que la existencia de teorías en competencia es la excepción en el comportamiento de una disciplina científica consolidada, excepción que se presenta sólo en cortos períodos de agitación revolucionaria separados por un largo tiempo de ciencia normal. Finalmente, quiero ver si la inconmensurabilidad es una categoría adecuada para dar cuenta del corte que separa a dos tradiciones de ciencia normal consecutivas.

## 1. La Dinámica del Conocimiento Científico, en la Perspectiva De Thomas S. Kuhn

En 1962 salieron a la luz, casi simultáneamente, *The Structure of Scientific Revolutions*, de Thomas S. Kuhn (University of Chicago Press); y *Realism, Rationalism and Scientific Method. Philosophical Papers, 1*, de Paul K. Feyerabend (Cambridge University Press)<sup>1</sup>, dos de los principales animadores de la nueva filosofía de la ciencia postpositivista. Con dichas obras, ambos autores se incorporaron plenamente a la crítica de la concepción acumulativista del desarrollo científico (ya desarrollada años antes, entre otros, por Karl R. Popper y Norwood R. Hanson), introduciendo en el debate la noción de inconmensurabilidad de teorías, destinada a convertirse en la categoría seguramente más polémica dentro de la filosofía de la ciencia de las últimas décadas del siglo XX, pues estuvo asociada tanto a la emergencia de alternativas de todo tipo a la "concepción heredada" de las teorías científicas, como a la búsqueda, frente a las amenazas de dilución relativista que dicha noción introduce, de un concepto defendible de racionalidad científica.

Más allá de las diferencias entre las concepciones de la inconmensurabilidad sustentadas por Feyerabend y Kuhn (diferencias a cuyo esclarecimiento este último dedicó una buena parte de sus publicaciones desde *La estructura de las revoluciones científicas*), puede afirmarse que el impacto inicial de estas obras debió mucho precisamente al hecho de haber sido interpretadas subrayando las coincidencias entre ambos autores: los dos se perfilaron hacia una reconstrucción del desarrollo histórico de las ciencias en la cual resulta inadmisibles la idea de que éstas avanzan mediante una ampliación progresiva del alcance explicativo del conocimiento científico (según esta idea, la aparición de una nueva teoría supone la absorción —y la eventual corrección— de las anteriores); los dos suscribieron una concepción holista del significado (conforme a la cual el significado de cada uno de los elementos de una red conceptual no constituye una propiedad intrínseca de los mismos, sino que está determinantemente influido por el contexto del cual forman parte. Por ello, los términos —todos o, al menos, los conceptos clave— comunes a dos o más teorías científicas no significan en ellas estrictamente lo mismo, lo que en último término hace imposible

<sup>1</sup> Traducidas al castellano, respectivamente, en 1971 (T. S. Kuhn. *La estructura de las revoluciones científicas*. México, FCE) y en 1989 (P. K. Feyerabend. *Límites de la ciencia*. Barcelona, Paidós / I. C. E.-U. A. B.).

expresar una teoría en el vocabulario de la otra); los dos, asimismo, rechazaron tajantemente la dicotomía teoría— observación (más estrictamente, rechazaron la idea de que lo "observable" pueda ser caracterizado y expresado mediante un lenguaje teóricamente "neutro"), con lo cual se dificulta la posibilidad de que dos teorías rivales puedan ser contrastadas mediante una evidencia común.

Feyerabend orientó su escrito a mostrar lo insatisfactorio del modelo establecido en la tradición del empirismo lógico para dar cuenta del proceso por el cual la ciencia progresa efectivamente. Dentro de ese modelo, el desarrollo de las ciencias es visto como un proceso lineal, acumulativo, en el cual se supone rige la condición de que las nuevas teorías formuladas en un campo determinado de la actividad científica no deben entrar en contradicción con las teorías ya asentadas en dicho campo.

Para el empirismo lógico<sup>2</sup>, la empresa científica consiste en la formulación de teorías generales con cuya ayuda pueda efectuarse la explicación y la predicción de los hechos. Una vez formuladas, las teorías se someten a verificación contrastándolas, una a una, con informes observacionales recogidos en el dominio de aplicación propio de la teoría y expresados en términos de un lenguaje teóricamente neutral. Si representamos con **O** al conjunto de hechos en los cuales las predicciones de la teoría y las observaciones se corresponden (dentro de márgenes de error de medida aceptables), la teoría se considera *verificada* en **O**, y *probable* en el dominio **T'** ( $O \subset T'$ ) en el grado en que **O** le preste apoyo inductivo. Si se presenta una nueva teoría que aspire a constituirse en una alternativa a la teoría vigente, esa teoría no solamente ha de llevar a su confrontación con observaciones de nuevo tipo, sino que ha de ser consistente con las observaciones ya usadas para verificar a la teoría anterior. En todo caso, la empresa científica está constituida por la conjunción de dos series de conquistas: la creciente ampliación de la base observacional verificadora; y la extensión, igualmente creciente, del dominio explicativo de la teoría.

<sup>2</sup> No es nuestro propósito analizar aquí al empirismo lógico. En lo que sigue nos atenderemos, por tanto, a la versión más simplificada posible de la interpretación que de este modelo está implícita en el texto de Feyerabend, con la única finalidad de ir siguiendo el hilo de su argumentación.

Para los defensores de esta postura era imprescindible garantizar el carácter empírico (= significativo, no metafísico) y consistente del conocimiento científico, pues sin esas características el conocimiento no puede ser verdadero. Por ello dedicaron la mayor parte de sus esfuerzos a establecer mecanismos conforme a los cuales fuera posible, por una parte, vincular la compleja organización formal de las teorizaciones científicas con la base observacional que le sirve de apoyo; y por otra, mostrar la conexión lógica existente entre teorías sucesivas. Si el lenguaje en el cual se expresan las observaciones es inmediatamente significativo, entonces las formulaciones teóricas de la ciencia serán también significativas si **a)** es posible ponerlas en correspondencia con (reducirlas a) el lenguaje observacional, y **b)** se garantiza que en este proceso no se produce alteración del significado. Por otra parte, la *continuidad de la ciencia* queda protegida si, además de lo anterior, se logra establecer una conexión estrictamente deductiva entre una teoría científica y aquellas que la han precedido en el campo correspondiente, de modo tal que el contenido informativo de éstas (y sus evidencias confirmadoras) resultará incorporado en (y confirmará a) la nueva teoría.

Es dentro de esfuerzos de este tipo en donde Feyerabend ubica a la teoría de la reducción de E. Nagel y a la teoría de la explicación de C. Hempel-P. Oppenheim. Ambas teorías suscriben el principio de deducibilidad al afirmar, en un caso, que los axiomas de una de ellas (la teoría a reducir, llamémosla **T'**) pueden transformarse en teoremas de la otra (la teoría en la cual se practica la reducción, **T**); en otro, y por extensión, que todo lo que la primera de ellas explica es asimismo explicable a partir de las afirmaciones de la segunda. Ambas, también, suponen que cuando esto ocurre las expresiones propias de la teoría reducida conservan en **T** los significados que tenían en **T'** antes de practicarse la reducción.

Para Feyerabend estas teorías, como en general toda interpretación de la ciencia basada en el principio de invariancia del significado, fracasan como representación del curso histórico de la actividad científica y no pueden ofrecer una metodología congruente con un empirismo razonable. Al presuponer que existe un dominio de significados establecidos con independencia de todo contexto teórico, como sería el caso de los resultados experimentales, permanecen en la ilusión de creer que la contrastación de las teorías científicas se lleva a cabo en un diálogo entre cada una de ellas por separado y una evidencia imparcial. Pero esto no es así, pues el significado de los llamados términos observacionales no puede fijarse con independencia de los sistemas teóricos. "Las

indicaciones de los instrumentos", escribe, "no significan nada, a menos que poseamos una teoría que nos enseñe qué situaciones hemos de esperar que ocurran en el mundo, y que garantice que existe una correlación fiable entre las indicaciones del instrumento y dicha situación particular." Ahora bien, si toda descripción de experiencias está cargada de perspectiva teórica, y puede mostrarse que dos teorías diferentes conllevan distintas formas de mirar el mundo, entonces su adopción afectará al conjunto de nuestras experiencias. De ello se sigue que "si una teoría es sustituida por otra con una ontología diferente, entonces tendremos que revisar la interpretación de todas nuestras mediciones, por muy auto evidente que una tal interpretación particular pueda haber llegado a ser con el tiempo."<sup>3</sup>

Pero si esto es así; si los datos observacionales dejan a los científicos un amplio margen de libertad de teorización, entonces resulta insostenible la exigencia, interpuesta a una nueva teoría, de ser compatible con aquellas a las que sucede, pues no habrá consecuencias en las cuales ellas simplemente coincidan. Los científicos, en este punto, a lo que en realidad se ven enfrentados es a la elección entre teorías que dibujan cuadros del mundo distintos, inconmensurables, y dicha elección no puede llevarse a cabo bajo criterios puramente lógicos. En la decisión de proponer o adoptar una teoría más bien que otra entran en juego razones de todo tipo, vinculadas en parte a los hechos e instrumentos matemáticos de que el científico dispone, pero en parte también a la tradición en la cual trabaja, a su idiosincrasia personal, a motivos estéticos y a otros factores de corte subjetivo.<sup>4</sup>

Ya en este punto, Feyerabend toma distancia también del círculo popperiano. Así como, al margen de las dificultades más básicas ligadas a la noción de verificación, no puede aceptarse que exista una misma evidencia confirmadora para dos teorías diferentes, tampoco puede aceptarse que la falsación tenga lugar entre una teoría y su evidencia en contrario, pues dicha evidencia supone su interpretación desde una teoría rival al menos ya en germen.

Todo esto, y las consecuencias metodológicas que Feyerabend deriva de ello —su propuesta de la proliferación de teorías—, está asociado a la

<sup>3</sup> P. K. Feyerabend, *Límites de la ciencia*, p. 53.

<sup>4</sup> Cfr. Feyerabend, *ob. cit.*, p. 73-78.

noción de inconmensurabilidad, desarrollada en su crítica a las teorías de Nagel y Hempel-Oppenheim.

Como se apuntó más arriba, los pilares de estas teorías son los principios de deducibilidad y de invariancia del significado, a los cuales Feyerabend somete a crítica revisándolos en una serie de ejemplos seleccionados, provenientes, todos ellos, de la física.

La crítica al principio de deducibilidad la efectúa Feyerabend analizando el intento de reducir la ciencia galileana a la física de Newton (o de explicar los principios de la primera desde los principios de la segunda). Un esquema válido para representar tanto la relación de reducción como la de explicación es:

$$T \text{ y } \delta \text{ — } T'$$

donde  $T'$  representa la teoría a reducir;  $T$ , la teoría que se toma de base; y  $\delta$ , las condiciones iniciales requeridas en el dominio de  $T'$ , pero expresadas ahora en términos de  $T$ . Si hacemos que  $T'$  represente a la física galileana, relativa al movimiento de los graves en las inmediaciones de la superficie terrestre; y  $T$  a las leyes de la mecánica celeste de Newton, entonces no es posible, afirma Feyerabend, reducir formalmente la primera a la segunda, pues la aplicación de  $T$  requiere tomar en cuenta tanto la variación de la altura sobre el nivel del suelo (llamémosle  $h$ ) como el radio de la tierra ( $r$ ), y aunque  $\delta$  especifica que la variación de  $h$  es muy pequeña comparada con  $r$ , mientras  $h/r$  "tenga algún valor finito, aunque sea pequeño,  $T'$  no se seguirá (lógicamente) de  $T$  y  $\delta$ ". Lo que se seguirá será otra ley,  $T''$ , la cual, aunque resulta experimentalmente indiscernible de  $T'$ , no es matemáticamente consistente con ella.<sup>5</sup> Ahora bien, puesto que la mecánica clásica tiene consecuencias incompatibles con la aquí llamada física galileana, entonces ésta y aquélla son también

<sup>5</sup> *Idem*, p. 70.

\* La razón de esta inconsistencia la ubica Feyerabend en el hecho de que en lo que él llama física galileana vale el supuesto de que los graves están sujetos a una aceleración vertical constante, y para conservar la validez de tal supuesto en la teoría de Newton tendrían que declararse nulos o inexistentes los efectos de toda condición (entre ellas, por ejemplo, la rotación de la tierra) capaz de interferir con la constancia de la aceleración vertical; en cualquier caso, el resultado sería un enunciado no consistente con las leyes de Newton. El intento de salvar la teoría formal de la reducción afirmando que la física de Newton establece condiciones límites sobre cuya base las predicciones de la ciencia galileana constituyen una aproximación satisfactoria no es aceptable para Feyerabend, pues la noción de aproximación resulta demasiado vaga y subjetiva como para tener cabida en una teoría formal.

incompatibles entre sí, lo cual implica que si la teoría de Newton "contiene" de alguna manera a la de Galileo, la relación dada entre ellas no se ajusta a los criterios formales de la deducibilidad. En otras palabras: no hace falta interpretar el desarrollo científico como un proceso en el cual las nuevas teorías postuladas necesitan cumplir la exigencia de ser consistentes con las conquistas previas de la actividad científica para poder considerarlas como un progreso respecto de ellas. La ampliación del conocimiento científico consiste, simultáneamente, en una sustitución y corrección del conocimiento anterior con la adopción de nuevo conocimiento.

En relación con la exigencia de invariancia del significado, Feyerabend analiza lo que ocurre cuando se pretende que series de conceptos, a su juicio mutuamente inconmensurables, pueden manejarse con idéntico significado en teorías sucesivas, ya sea porque los términos figuran igualmente en ellas (como es el caso del concepto de temperatura en las termodinámicas fenomenológica y estadística, o el concepto de masa en las mecánicas clásica y relativista), o se presume que en la nueva teoría puede identificarse un análogo aceptable para el concepto clave de la teoría anterior, como ocurre con el concepto de *impetus*.

Este concepto, introducido en la teoría aristotélica del movimiento para caracterizar a la fuerza interna responsable de que un cuerpo (un móvil) continúe moviéndose cuando ya no está en contacto con la fuente inicial (motor) que lo impulsó, permitió normalizar fenómenos que en un primer momento podrían parecer contrarios a dicha teoría, como el movimiento de una flecha en el aire aún después de haber sido lanzada. Si se pretende que la teoría del ímpetus puede ser reducida a la mecánica celeste de Newton, conservando la noción, en ésta, el significado que en aquélla fue originalmente establecido por sus reglas de uso, tal asunto pasaría por una caracterización inercial del ímpetus, especificando que "el ímpetus de un cuerpo en el espacio vacío, que no está bajo la influencia de ninguna otra fuerza, permanece constante."<sup>6</sup> Así formulada, desde esta "ley inercial" pueden derivarse descripciones del movimiento incluso cuantitativamente congruentes con la mecánica newtoniana; y sólo restaría identificar en ésta al concepto que absorbe a la noción de ímpetus.

<sup>6</sup> *Idem*, p. 83.

Frente a la sugerencia de hacer del momentum el concepto adecuado para cumplir esa función, Feyerabend considera como un grave error creer que de ese modo se cumpliría la exigencia de invariancia del significado, pues se pasarían por alto las diferencias semánticas insalvables que separan a ambos conceptos más allá de la congruencia entre los resultados que pueden obtenerse con los procedimientos arriba indicados. Estas diferencias se hacen visibles si advertimos que mientras ímpetus pretende identificar una *causa* del movimiento de un cuerpo (dentro de una teoría que considera al movimiento, en todas sus modalidades—incluido, pues, el movimiento constante—, como un *proceso* causado por la acción continua de algún tipo de fuerza—y por tanto, como algo que reclama explicación— y a cuya extinción el móvil llega o vuelve al reposo, que es su *estado* natural), momentum designa a su *resultado* (dentro de una teoría que, por el contrario, ve al movimiento constante también como un estado que no requiere explicación). Más aún: porque, como se ve en casos como éste, los conceptos están asociados a teorías separadas por la inconmensurabilidad, es imposible encontrar en la teoría de Newton un análogo efectivo de la noción de ímpetus.

Los conceptos no conservan intacto su significado cuando pasan de un contexto teórico a otro (no designan exactamente lo mismo), pues esos contextos están involucrados de manera determinante en el significado atribuido a sus términos descriptivos. Por esta razón es imposible relacionar teorías sucesivas exigiendo que sus términos clave posean en ellas el mismo significado. Por esta razón, también, el desarrollo científico no puede interpretarse como la subsunción progresiva de unas teorías en otras más fuertes. La inconmensurabilidad, sugiere, por el contrario, que “la sustitución parece ser el proceso que caracteriza la transición de una teoría menos general a otra teoría más general, en lugar de la incorporación o la derivación.”<sup>7</sup>

Ideas muy parecidas a éstas—y en ocasiones aplicadas, como veremos después, a los mismos ejemplos<sup>8</sup>— desarrolla Kuhn en *La estructura de las*

<sup>7</sup> *Idem.*, p. 119.

<sup>8</sup> Podemos especular que estas coincidencias están ligadas al hecho de que ambos, en el proceso que les llevó a sus respectivos puntos de vista, sostuvieron conversaciones que, según ellos mismos relataron posteriormente, tuvieron importancia en la maduración de sus ideas. Cfr. al respecto la ampliación que Feyerabend introdujo en 1980 a la nota 6 de la obra que hemos comentado (p. 44-45), y la explicación que Kuhn hizo en 1983 de sus coincidencias con Feyerabend en *Comensurability, Comparability, Communicability* (recogido en Kuhn, 1989, *¿Qué son las revoluciones científicas?*

*revoluciones científicas*. Pretende, en esta obra, llegar a un concepto de ciencia congruente con el desarrollo histórico de la práctica científica real, por oposición a versión acumulativista del progreso científico confeccionada dentro del empirismo lógico, en la cual la ciencia aparece como el compendio de teorías, procedimientos y hechos que proporcionan conocimiento verdadero, y el desarrollo científico como el “proceso mediante el que [los] conceptos han sido añadidos, solos y en combinación, al caudal creciente de la técnica y de los conocimientos científicos.”<sup>9</sup> Vistos desde la óptica de una nueva historiografía, sugiere Kuhn, los registros de la actividad científica muestran que no hay muchos motivos para la autocomplacencia: ni la aparición de una primera teoría universalmente aceptada por los miembros de la comunidad científica constituye el triunfo de la razón sobre la superstición<sup>10</sup>; ni el desarrollo de esa ciencia consiste en la ampliación y perfeccionamiento graduales de la verdad conquistada<sup>11</sup>; ni son los científicos personajes cuyas decisiones están dictadas solamente por la actuación de criterios lógicos impersonales.<sup>12</sup> El mundo de la ciencia es, en su despliegue efectivo, mucho más complejo de lo que de ella dice la imagen tradicional.

*La estructura de las revoluciones científicas* ofrece una visión muy diferente de la ciencia y de su dinámica. Lo que en este terreno aporta Kuhn es muy conocido. Nociones como las de ciencia normal, paradigma, comunidad científica, tradición de investigación, anomalía, cambio revolucionario, son ya moneda corriente en el lenguaje de la filosofía de

Y otros ensayos, Barcelona, Paidós/I.C.E.-U.A.B., p. 95-135), a tono con las palabras finales del prefacio a *La estructura...*

<sup>9</sup> T. S. Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas*, p. 21.

<sup>10</sup> En la historia de la ciencia tradicional, de corte positivista, se presume la existencia de una divisoria neta entre ciencia y no-ciencia, y el nacimiento de la primera en los diversos campos del conocimiento se relata como una superación de la segunda, en episodios en los cuales el enfoque empírico-racional triunfa frente a obstáculos o desviaciones interpuestos por el predominio de formas de pensamiento mítico-mágicas o por el culto a la autoridad. Así el paso de la astronomía ptolemaica a la copernicana, de la física aristotélica a la física de Galileo-Newton, de la teoría del flogisto a la química de Lavoisier.

<sup>11</sup> En cuyo caso la historia de una ciencia consistiría en el registro de la sucesión de aportaciones que los diversos científicos hacen a la construcción de una teoría científica o a la ampliación de su campo de aplicación.

<sup>12</sup> Lo cual supondría que lo único relevante para el análisis de la actividad científica estaría comprendido en el ámbito de las relaciones teoría-experiencia.

la ciencia. Anotemos pues, en un mero bosquejo, las etapas que en la interpretación de Kuhn constituyen el patrón de desarrollo por el cual las ciencias transcurren.

A. Antes de la aparición de un primer paradigma, capaz de nuclear a los miembros de la comunidad de especialistas dedicados a una disciplina determinada, lo que caracteriza a una ciencia es la "competencia continua entre una serie de concepciones distintas de la naturaleza", todas ellas compatibles con la observación y el método científicos, que se diferencian entre sí por "sus *modos incommensurables de ver el mundo* y de practicar en él las ciencias"<sup>13</sup>.

En ausencia de un paradigma que proporcione a los científicos directrices para conducir la investigación y para interpretar sus resultados, las escuelas en competencia se apoyan en una diversidad de recursos externos al campo, que incluyen ciencias afines, concepciones metafísicas en boga y la experiencia personal. Por ello "no es extraño que, en las primeras etapas del desarrollo de cualquier ciencia, diferentes hombres, ante la misma gama de fenómenos —pero, habitualmente, no los mismos fenómenos particulares— los describan y los interpreten de modos diferentes"<sup>14</sup>. Los ejemplos, aquí, provienen también de la física. Antes de la aparición de la *Óptica* de Newton, que constituyó "el primer paradigma casi universalmente aceptado para la óptica física", los científicos se agrupaban en "numerosas escuelas y subescuelas competidoras, la mayoría de las cuales aceptaban una u otra variante de la teoría epicúrea, aristotélica o platónica". Todas pretendían tener la respuesta al problema de la naturaleza de la luz, pero las opiniones divergían. "Uno de los grupos consideraba que la luz estaba compuesta de partículas que emanan de cuerpos materiales; para otro, era una modificación del medio existente entre el objeto y el ojo; todavía otro explicaba la luz en términos de una interacción entre el medio y una emanación del ojo". Y lo que es muy importante: cada grupo podía presumir de lo bien fundada de su propia perspectiva, pues "todas realizaban, como observaciones paradigmáticas, el conjunto particular de fenómenos ópticos que mejor podía explicar su propia teoría."<sup>15</sup>

B. Las escuelas empiezan a desvanecerse una vez que un individuo, o un grupo, producen una realización capaz de atraer a los científicos de la

<sup>13</sup> T. S. Kuhn, *ob. cit.*, p. 25, subrayado mío.

<sup>14</sup> *Idem.*, p. 43.

<sup>15</sup> *Idem.*, p. 36 y 37.

próxima generación. Estamos ahora ante la aparición de un primer paradigma, el cual inaugura una tradición de ciencia normal. Como partícipes de esa tradición, los científicos individuales abandonan la tónica de discutir la teoría de su campo desde sus cimientos y de aclarar su manejo conceptual. En lugar de ello pueden dar por sentadas estas cuestiones y orientar sus investigaciones dentro de cualquiera de las líneas principales siguientes: 1) la determinación de aquellos hechos que de acuerdo al paradigma resultan "particularmente reveladores de la naturaleza de las cosas"; 2) la reafirmación de la teoría del paradigma mediante el establecimiento de hechos que muestren el ajuste entre sus predicciones y la experiencia; y 3) la reunión de hechos que contribuyan a "articular la teoría del paradigma, resolviendo algunas de sus ambigüedades residuales y permitiendo resolver problemas hacia los que anteriormente sólo se había llamado la atención"; labor ésta que supone orientarse hacia: i) "la determinación de constantes universales", ii) el establecimiento de leyes cuantitativas, o iii) posibilitar la aplicación del paradigma a nuevos campos de interés. En todos estos casos, el trabajo del científico es más asunto de ingenio que de innovación, pues el paradigma del cual parte le proporciona de antemano criterios compartidos para decidir qué problemas son relevantes y qué sería una solución aceptable.<sup>16</sup>

C. Kuhn señala, como una característica esencial de los paradigmas, su novedad, lo cual permite a los miembros de la comunidad científica aislarse de las disputas de escuela. Otra característica, también esencial, es que son suficientemente incompletos como para que muchos de los problemas que alumbró estén sin resolver, lo cual garantiza a quienes lo suscriben un rico campo de acción. Y aunque el paradigma, como se ha dicho, proporciona directrices para orientar la búsqueda de soluciones a esos problemas, ello no quiere decir que éstas estén garantizadas de antemano. Allí entra en juego la competencia individual del científico. Algunos de los problemas investigados pueden volverse recalcitrantes a los intentos de solución, en cuyo caso se reconocen como anomalías y se abandonan a la espera de que los avances de la investigación proporcionen mejores herramientas para abordarlos ventajosamente. Pero una acumulación de anomalías puede empezar a indicar que algo anda mal, lo cual

<sup>16</sup> Cfr. *Idem.*, p. 51-67.



permite a los científicos mirar hacia otras propuestas, hasta entonces mantenidas en los márgenes del paradigma.

D. Se impone un paradigma emergente. Se integra una nueva comunidad científica, a la cual se convierten una parte de los miembros de la comunidad anterior. La nueva tradición de investigación se desenvuelve en un campo en el cual ha tenido lugar una redefinición de los acuerdos de grupo —los cuales afectan a la elección de problemas, criterios, y métodos— de tal alcance que se produce un corte radical con la tradición anterior. Ha sobrevenido una revolución científica.

Quiero destacar dos aspectos de la teoría del cambio científico arriba bosquejada, pues sobre ellos girará el análisis a desarrollar en la última parte de este trabajo: uno, la *naturaleza esencialmente conservadora de la ciencia normal*; otro, la caracterización del cambio de paradigma como tránsito entre visiones del mundo *incommensurables*.

Respecto de lo primero, las afirmaciones de Kuhn son contundentes, y en polémicas posteriores las llevó a un punto extremo. El éxito de un paradigma restringe a tal grado el campo de visión de la comunidad científica que sus miembros se dedican simplemente a una labor de limpieza; a acumular evidencias a favor del paradigma. En el período de ciencia normal, los científicos se esfuerzan por “obligar a la naturaleza a que encaje dentro de los límites preestablecidos y relativamente inflexibles que proporciona el paradigma. *Ninguna parte del objetivo de la ciencia normal está encaminada a provocar nuevos tipos de fenómenos...* Tampoco tienden normalmente los científicos a descubrir nuevas teorías”; y más adelante agrega: “La característica más sorprendente de los problemas de investigación normal... es quizá la de cuán poco aspiran a producir novedades importantes, conceptuales o fenomenales.”<sup>17</sup>

La ciencia normal convierte al científico individual en un solucionador de enigmas, y a la comunidad científica, en administradora de la red de compromisos que dan cohesión a sus miembros. Estos compromisos, teóricos y metodológicos, incluyen también extensiones de carácter metafísico, en virtud de los cuales el tránsito posterior a un nuevo paradigma es visto por Kuhn como una conversión hacia un diferente cuadro del mundo. Estos otros compromisos, de nivel más elevado, indican a los científicos no solamente el tipo de entidades que pueblan el mundo, sino también las que no. De esta manera, el paradigma

<sup>17</sup> *Idem.*, p. 52-53 y 68. Subrayado mío.

determina no solamente lo que se ve, sino también cómo se lo ve. No puede extrañar, a la vista de lo dicho, que la ciencia normal se considere como un espacio que deja a sus participantes muy poco lugar para la actividad crítica.

En relación con el cambio de paradigmas, Kuhn no es menos contundente, y justifica plenamente el que sus críticos no captaran ninguna diferencia entre él y Feyerabend. Afirmaciones tales como: “cuando cambian los paradigmas, el mundo mismo cambia con ellos”; “durante las revoluciones los científicos ven cosas nuevas y diferentes al mirar con instrumentos conocidos y en los lugares en los que ya habían buscado antes”; “después de una revolución, los científicos responden a un mundo diferente”<sup>18</sup>, resultan, en este sentido, bastante ilustrativas. La siguiente otra no deja lugar a dudas: “las diferencias entre paradigmas sucesivos son necesarias e *irreconciliables*... Los paradigmas sucesivos nos indican diferentes cosas sobre la población del Universo y sobre el comportamiento de esa población. [En consecuencia], la recepción de un nuevo paradigma frecuentemente hace necesaria una redefinición de la ciencia correspondiente... La tradición científica normal que surge de una revolución científica es no sólo incompatible, sino a menudo realmente incomparable con la que existía con anterioridad.”<sup>19</sup>

Las implicaciones de las ideas anteriores son bastante fuertes. De tener razón Kuhn, entonces la transición entre paradigmas sucesivos de una ciencia no puede verse solamente como una reinterpretación de datos, conceptos y teorías. Éste parecerá ser el efecto una vez que la comunidad científica haya efectuado la transición. Pero no podrá instalarse en el “mundo diferente” del nuevo paradigma sin antes haber aprendido a “ver con ojos nuevos”, a instalarse en un “nuevo lenguaje” que le abrirá un horizonte de realidades hasta entonces invisibles; a efectuar la conversión cuasi religiosa después de la cual la etapa anterior de la ciencia sólo tendrá para ella valor anecdótico. En adelante, la fracción de la comunidad científica que haya permanecido estancada en el viejo paradigma perderá toda capacidad de interlocución: la fractura es insalvable; los patos y los conejos se vuelven intraducibles. No se trata, por lo tanto, de que el nuevo paradigma corrija (y en ese sentido incluya) al anterior: *habla de otra cosa*.

<sup>18</sup> *Idem.*, p. 176.

<sup>19</sup> *Idem.*, p. 165-166.

En trabajos posteriores, y en respuesta a sus críticos, Kuhn reconoce que algunas de sus afirmaciones en *La estructura de las revoluciones científicas* son imprecisas y de algún modo se justifica la lectura que de ellas se hizo.<sup>20</sup> El alcance del concepto de inconmensurabilidad, por ejemplo, fue planteado inicialmente de modo excesivamente amplio, al predicarse de paradigmas y, por tanto, de modo absoluto. Pero aclara que varios pasajes de esa primera obra reclaman para sus puntos de vista un carácter provisional, el de anunciar un camino por el que habría de buscarse “una alternativa para el paradigma epistemológico tradicional”. Así, si afirmaciones como “cuando cambian los paradigmas, el mundo mismo cambia con ellos” plantean dificultades, dice, “estoy convencido de que debemos aprender a interpretar el sentido de enunciados que, por lo menos, se parezcan a éstos.”

En el proceso de clarificación, el concepto de inconmensurabilidad se fue deslizando hacia alcances más modestos. Primero las teorías; finalmente los conceptos. La idea que al final queda es que teorías sucesivas no son *completamente* traducibles entre sí: los conceptos comunes a ambas no significan en ellas lo mismo, por lo que no pueden ser asimilados unos a otros sin pérdidas o ganancias de significado. Esto garantiza la no-vigencia del ideal acumulativo del desarrollo científico, pues la aplicación de las teorías al mundo no se da mediante conceptos aislados sino como redes conceptuales, por lo que éstos adquieren todas las connotaciones que les da su participación en la estructura conceptual de las teorías en que figuran. Los defensores de la nueva teoría pueden, desde luego, interpretar a sus predecesores (asimilarlos), pero sólo después de haber introducido en su equipo conceptual las modificaciones semánticas correspondientes. Sólo un error de perspectiva puede llevarlos a creer que los viejos conceptos (la vieja teoría) pueden conservarse en la propia como un caso límite, haciéndolas con ello compatibles.

Un error de este tipo, al que Kuhn dedica atención, es el mismo ejemplo paradigmático de Feyerabend: el concepto de masa en el tránsito desde la mecánica clásica a la mecánica relativista.

<sup>20</sup> Cfr. por ejemplo, su (1987), *Comensurability, Comparability, Communicability*, recogido en castellano en T. S. Kuhn, *¿Qué son las revoluciones científicas? y otros ensayos*, Barcelona, Paidós / I. C. E. - U. A. B., 1989, p. 95-135. La revisión de las tesis centrales de *La estructura...* comenzó, sin embargo, muy pronto: ya en la posdata de 1969 empiezan a perfilarse estas modificaciones.

Einstein estaba convencido de que el mundo clásico es la referencia privilegiada de las teorías físicas, por lo que habrían de buscarse siempre reglas de transformación por las cuales pudieran recuperarse las constantes que aparecen en las leyes que describen el comportamiento de los eventos en ese mundo. Así el concepto de masa. Mediante las transformaciones adecuadas puede obtenerse la dinámica newtoniana a partir de la dinámica relativista y preservar con ello la exigencia de que los parámetros de la física sean invariante-Lorentz. La masa en reposo (Newton) se presenta como un caso especial de (equivalente a) la masa inercial relativista. Ahora bien, aún cuando sea posible obtener un conjunto de leyes, matemáticamente equivalentes a las de Newton, como “un caso especial de las leyes de la mecánica relativista, no son las leyes de Newton [pues] las referencias físicas de [los conceptos einsteinianos de espacio, tiempo y masa] no son de ninguna manera idénticos a las de los conceptos newtonianos que llevan el mismo nombre.”<sup>21</sup>

## 2. De Mendel a Morgan: La emergencia de un paradigma

### *Los Principios Mendelianos De La Herencia.*

En los libros de texto sobre genética constituye un tópico vincular el nacimiento de esta ciencia al descubrimiento que Mendel hizo de las leyes de la herencia<sup>22</sup>. En otros escritos —entre los que cabría destacar los de Carlos Castrodeza<sup>23</sup> y F. A. E. Crew<sup>24</sup>—, en cambio, se subraya el error de considerar la creación científica como producto de grandes mentalidades aisladas. Antes bien, es dentro de un contexto mucho más

<sup>21</sup> *Idem.*, p. 163.

<sup>22</sup> La única excepción que al respecto encontré en las obras de este tipo consultadas la constituye Juan Ramón Lacadena, quien en su (1999), *Genética general. Conceptos fundamentales*, Madrid, Síntesis, p. 15) señala: “es incorrecto decir —como suele hacerse— que la Genética nació como ciencia en 1900 cuando De Vries, Correns y Tschermak redescubrieron las denominadas leyes de Mendel. En realidad... podría decirse que el parto de la Genética duró ochenta años, puesto que empezó en 1865 con el trabajo de Mendel y terminó en 1944 con la identificación del ADN como el material hereditario”. Con todo, en este texto sigue presente la negación del estatuto de ciencia para los trabajos anteriores a la obra considerada fundacional.

<sup>23</sup> C. Castrodeza (1984), “Mendel y su entorno científico”, recogido en J. R. Lacadena (coord.), *En el centenario de Mendel: La Genética ayer y hoy*, Madrid, Alhambra (Col. Exedra, 150), p. 49-84.

<sup>24</sup> F. Crew (1968), *Fundamentos de genética*. Madrid, Alhambra, Col. Exedra, 29.

amplio de problemas y discusiones donde la obra de unos y otros adquiere el sentido que a la postre la historia les reconoce. Vistos en su contexto, los trabajos de Mendel no pueden ser vistos como el inicio de una ciencia, pero sí como la base de un primer paradigma reconocido en un campo en el cual —como es el caso de la genética— habrían de confluír los desarrollos de prácticamente todas las disciplinas biológicas.

Después de haber estado realizando experimentos de hibridación con diversas variedades del guisante (*Pisum sativum*) durante ocho años (de 1854 a 1863) en el jardín experimental del monasterio abadía de Brunn (Moravia, hoy Brno, República Checa), Gregor Mendel presentó sus resultados ante los miembros de la Sociedad para el Estudio de las Ciencias Naturales de Brunn, durante las reuniones correspondientes a los días 8 de febrero y 8 de marzo de 1865. Este informe, incluido en las Actas de la Sociedad publicadas un año después, con una tirada de 500 ejemplares, fue distribuido entre 115 instituciones ligadas al quehacer científico y académico de la época, los miembros de la Sociedad, y Mendel recibió 40 copias, la mayor parte de las cuales él mismo se encargó de hacerlas llegar a aquellos botánicos europeos que consideró podrían estar interesados en su trabajo. A pesar de ello, puede decirse que el texto de Mendel no fue considerado relevante<sup>25</sup> y permaneció prácticamente ignorado hasta que en 1900 tres investigadores: el botánico holandés Hugo de Vries, el alemán Carl Erich Correns y el austriaco Erich Tschermak-Seysenegg, publicaron por separado escritos en los que hacían ver la coincidencia entre sus

<sup>25</sup> Uno de los personajes a quienes Mendel envió su trabajo fue el botánico alemán Carl von Nägeli (1817-1891), figura destacada en la defensa de la teoría evolutiva, con quien intercambió al menos diez cartas entre 1866 y 1873, a través de las cuales lo mantenía al tanto de sus diversos experimentos. En la segunda de ellas, fechada el 18 de abril de 1867, Mendel hace referencia a la “reclosa cautela” con que Nägeli acogió su escrito. Cuando, años después (1884), Nägeli publica su *Una teoría mecánico-fisiológica de la evolución*, al hablar de los experimentos de hibridación no dedica a Mendel ni una sola mención. Aparentemente, en el ambiente científico de la época Mendel no pasó de ser considerado uno más de los muchos que estuvieron trabajando en cruzamientos sobre casos muy locales, como lo evidencia también el hecho de que en los quince breves comentarios dedicados a trabajos de Mendel en la más importante recensión de literatura científica sobre hibridación de ese entonces, *Die Pflanzen-Mischlinge* (1881), de W. O. Focke, no se les otorgue ninguna especial importancia. Cfr. C. Stern y E. R. Sherwood (1973), *El origen de la genética. Un libro frontal de Mendel*, Madrid, Alhambra, Col. Exedra, 85, p. 59-102 y 105-108.

resultados y los obtenidos treinta y cinco años antes por Mendel<sup>26</sup>, reconociéndole como descubridor de las leyes de la herencia.

¿Cómo puede explicarse el hecho de que un trabajo que al paso del tiempo habría de convertirse en piedra angular de un exitoso paradigma haya merecido tan pobre recibimiento en el momento de su publicación? La respuesta no es sencilla pero, en todo caso, ello contribuyó a agigantar posteriormente la figura de Mendel, al presentarlo como víctima de la incompreensión de su tiempo.

Si asumimos las directrices metodológicas de Kuhn, relativas la reconstrucción del pensamiento de un autor sobre el fondo de ideas vigentes en las prácticas científicas de una época, reconociendo a éstas “la máxima coherencia interna y el ajuste más estrecho posible con la naturaleza”<sup>27</sup>, podremos tal vez lograr un mejor entendimiento de esta situación.

La actividad científica de Mendel tuvo lugar en un ambiente que podemos distribuir en dos frentes. Estaban, por una parte, los intentos que desde por lo menos la segunda mitad del siglo XVII venían haciéndose por encontrar, sobre la base de perspectivas globales de diverso tipo, modelos explicativos que dieran cuenta del fenómeno de la herencia; pero estaban también, por otro lado, las preocupaciones teóricas ligadas en ese entonces, desde un enfoque más experimental, al trabajo de aquellos investigadores que habían seguido el desarrollo de los esfuerzos que los mejoradores de plantas hacían por encontrar, a través

<sup>26</sup> La publicación en la que de Vries reconoce ya el descubrimiento de Mendel (había publicado un mes antes una nota preliminar en donde no lo mencionaba), “Das Spaltungsgesetz der Bastarde” (La ley de segregación de los híbridos) apareció en la revista *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* (Informes de la Sociedad Botánica de Alemania), el 25 de abril de 1900; el de Correns, “Gregor Mendel’s Regel über das Verhalten der Nachkommenschaft der Rassenbastarde” (La ley de Mendel relativa a la conducta de la progenie de híbridos), en el número de mayo de la misma revista, aunque presentado apresuradamente a la Sociedad en su reunión del 26 de abril, al ver que en la nota preliminar de De Vries éste no daba ningún crédito a Mendel; el de Tschermak, “Über Künstliche Kreuzung bei *Pisum sativum*” (Sobre el cruzamiento artificial de *Pisum sativum*), apareció poco después, también en 1900, en *Zeitschrift für das landw. Versuchswesen in Osterreich*. Estas obras son comentadas por Crew (*ob. cit.*, p. 65-70); las dos primeras están recogidas en Stern y Sherwood, *ob. cit.*, p. 111-122 y 123-136, respectivamente.

<sup>27</sup> Kuhn, *La estructura...*, p. 23.

de la hibridación, variedades de un mayor valor comercial u ornamental.<sup>28</sup>

En torno a la herencia, había que explicar dos cosas: la continuidad de la vida, expresada en el hecho de que, generación tras generación, los organismos conservan sus características distintivas; y la variación, que da cuenta de la aparición (natural o deliberadamente provocada) de nuevas formas orgánicas a partir de otras previas. A este respecto, varias escuelas pugaban por consolidarse.

Una de esas escuelas, cuya beligerancia se extendió por aproximadamente un siglo, fue la integrada por los seguidores de la doctrina de la generación espontánea. Después de que Anthon von Leeuwenhoek (1632-1723) observara la formación de pequeños organismos en infusiones de heno, otros muchos se dieron a la tarea de corroborar mediante observaciones semejantes la capacidad de lo vivo para formarse espontáneamente dondequiera que hubiese condiciones físicas de ninguna manera excepcionales. En un ámbito en el que el impacto de la ideología religiosa favorecía las concepciones fijistas, las ideas de Leeuwenhoek y seguidores eran sin duda un baluarte del naturalismo que desde la física se iba extendiendo hacia otros campos de la actividad científica.

Pero el fijismo no estaba circunscrito al ámbito religioso, ni era necesario ser un creacionista para encontrar buenos argumentos a favor de la idea de que la vida no puede generarse espontáneamente, sino que se requiere el concurso de un algo que sea comunicado desde unos organismos a sus descendientes. Después de todo, está en la experiencia común el hecho de que los organismos se reproducen a partir de otros de la misma naturaleza, en una reiteración que permite ver a las especies como entidades sin cambio. Además, el desarrollo de la sistemática, a partir del sueco Carl von Linné (1707-1778), alimentó aún más esa convicción.

De acuerdo con ésta, el conjunto de organismos que constituyen el mundo biológico exhiben características morfológicas perfectamente diferenciables, conforme a las cuales puede establecerse con precisión el

<sup>28</sup> Fue precisamente en el contexto de las tres conferencias internacionales sobre mejora de plantas y animales llevadas a cabo en Europa y Estados Unidos entre 1899 y 1906 que, en la última de ellas, William Bateson propuso para estos esfuerzos el nombre de Genética. Cfr. J. R. Lacadena, "Una perspectiva histórico-conceptual de la Genética", en Lacadena (coord.), *En el centenario de Mendel: La Genética ayer y hoy*, p. 103-165, p. 105.

lugar (especie) al que pertenecen en la clasificación de los seres vivos. La promesa que esto ofrecía a la investigación biológica fue tan fuerte que la posibilidad de tipificar a una especie hizo obviar el hecho de que en la mayoría de ellas muchos de sus miembros se apartan del tipo. Hay diversidad de especies, pero al interior de cada una solamente se vio uniformidad. Así las cosas, ¿qué podría llevar a pensar que unas tuvieron su origen en otras? Era más sencillo creer que las especies habían sido así desde siempre y se reiteraban siguiendo en todo momento el patrón de su creación original. Es cierto que Linneo, a raíz de los trabajos de uno de sus alumnos, Daniel Rudberg, sobre una forma de *Linaria* que exhibía características notablemente distintas a las de *Linaria vulgaris* y podía reproducirse, modificó su original concepto estático de especie para admitir la existencia de un moderado transformismo, considerando a partir de entonces que en la creación de la vida la obra había llegado hasta el nivel de orden o de género, y que en las especies podían darse variaciones mediante cruces accidentales o deliberados de los patrones hereditarios, conciliando con ello la perspectiva fijista con la mejora de plantas<sup>29</sup> y dándole más peso a la idea de que lo semejante proviene de lo semejante —a fin de cuentas, lo vivo de lo vivo—, contra lo que afirmaban los partidarios de la doctrina de la generación espontánea.

Una serie de desarrollos, que fueron desde las observaciones de L. Spallanzani (1729-1799) sobre el papel de los espermatozoides (descubiertos alrededor de 1695 por Leeuwenhoek al utilizar el microscopio en la observación del líquido seminal de machos) en la fecundación de huevos de rana; la afirmación de Rudolf Virchow de que las células —esos pequeños orgánulos descubiertos en 1665 por Robert Hooke y que para 1840 habían sido incorporadas por Schleiden y Schwann en una teoría que les asignaba el papel de piezas fundamentales constitutivas de todos los organismos— sólo pueden provenir de otras células; a los célebres experimentos de Louis Pasteur (1822-1895), orientados a demostrar que los hongos no pueden desarrollarse en caldos de cultivo conservados en ambientes debidamente esterilizados, por lo cual su aparición "espontánea" en líquidos expuestos al aire libre debería interpretarse como consecuencia de su contaminación por microbios, proporcionaron a la postre evidencia suficiente para desacreditar esa doctrina (ésta fue abandonada ya definitivamente

<sup>29</sup> Cfr. Alberto Gomis (2000), *El fundador de la genética. Mendel*, Madrid, Nivola, Col. Científicos para la historia, 2, p. 40-41.

alrededor de 1860) y reafirmar la idea de que la generación de la vida se produce mediante la transmisión de algún tipo de material desde unos organismos a sus descendientes, dando con ello cobertura a la investigación de la naturaleza de tal material y de los mecanismos con los cuales su transmisión tendría lugar.

Toda vez que para el siglo XVIII habían sido descubiertas las células sexuales, involucradas en la reproducción de numerosas plantas y animales, una posible explicación de la continuidad de la vida era que en alguno de los gametos estuviera contenido un organismo en miniatura que, en condiciones adecuadas, iniciaría un proceso de crecimiento y maduración y nacería como un nuevo individuo. Esta idea, conocida como preformacionismo, dio pie a la elaboración de ingeniosos modelos para ajustar esas miniaturas ("homúnculos", en el caso de los seres humanos) a las formas conocidas de los gametos y guiar con ello la búsqueda de pruebas observacionales de su existencia. Esta doctrina, y la consecuente disputa entre "espermatistas" y "ovistas" sobre cuál de los gametos era el portador del organismo preformado, tuvo su auge fundamentalmente durante el tránsito del siglo XVIII al XIX, pero su influencia se dejó sentir hasta los años treinta de este último, cuando se seguía discutiendo si los espermatozoides debían clasificarse como seres vivos o eran solamente gametos.

Nuevos descubrimientos hicieron que durante la segunda mitad del siglo XVIII y buena parte del XIX cobrara actualidad la idea de que la vida no consiste en la aburrida repetición de formas preexistentes, sino que en un organismo en desarrollo podían aparecer estructuras inéditas, a partir de estructuras previas, como resultado ya fuera de la acción de fuerzas vitales, como suponía el barón Christian von Wolf (1739-1794), o de la progresiva especialización de tejidos y órganos, como era la idea de Ernst von Baer (1792-1876). En ambos casos, la teoría epigenética canceló la búsqueda de un material específico en las células reproductoras responsable de la transmisión de características de una generación a la siguiente, exaltando en su lugar la capacidad, concebida como inherente a lo vivo, para desarrollar nuevas y nuevas formas. El éxito inicial de esta teoría estuvo asociado al fracaso del fijismo preformacionista en lograr al menos una observación concluyente que pudiera corroborarlo.<sup>30</sup>

<sup>30</sup> Cfr. M. W. Strickberger (1988), *Genética*, 3ª. ed. (1ª. en español), Barcelona, Edic. Omega, p. 3-9.

Con la publicación, por parte de Charles Darwin (1809-1882), de *El origen de las especies* (1859), se dio un golpe aún mayor al fijismo, pero también se cuestionó al finalismo epigenético. Desde la teoría evolutiva se esperaba que una explicación satisfactoria de la herencia diera cuenta de la aparición de nuevos caracteres en los organismos; cambios que, acumulados al paso de las generaciones, permitieran comprender el surgimiento de nuevas especies. En 1869 Darwin publicaría otra obra, *Tratado de la variación de los animales y de las plantas*, en la cual defendía la idea de que los progenitores transmiten a su descendencia una multitud de gémulas, copias invisibles y exactas de cada una de las partes estructurales del organismo, arrastradas a los gametos a través del torrente sanguíneo, las que luego se combinan en el nuevo organismo para dar lugar a formas que constituirán, o una suerte de retorno a alguno de los progenitores, o el desarrollo de formas híbridas. "Cada unidad de un híbrido, según la doctrina de la pangénesis, debe emitir una multitud de gémulas híbridas...; pero, de acuerdo con la misma hipótesis, debe tener igualmente gémulas latentes emanadas de las dos formas progenitoras puras; y estas últimas, conservando su estado normal, deben ser aptas para multiplicarse ampliamente durante la vida de cada híbrido. Los elementos sexuales de un híbrido contendrán entonces gémulas puras e híbridas simultáneamente; y, cuando se aparezcan dos híbridos, la combinación de las gémulas puras provenientes de uno de los híbridos, con las gémulas igualmente puras derivadas de los mismos elementos del otro, determinará un retorno hacia los caracteres de los progenitores; las gémulas puras combinadas con las gémulas híbridas determinarán un retorno parcial; y, por último, las gémulas híbridas reproducirán la forma híbrida."<sup>31</sup>

La teoría pangenética atrajo a Darwin, como a muchos otros biólogos, seguramente porque pareció guardar una estrecha relación con las concepciones evolucionistas, ya por entonces el punto de referencia obligado de las discusiones biológicas. El cambio gradual provocado por la mezcla de caracteres y la selección natural proporcionaban lo necesario para explicar la aparición de organismos nuevos. Pero esto implicaba postular, entre otras cosas, la capacidad de los organismos para responder al medio ambiente evolucionando algunas de sus estructuras. Esto podía ocurrir, por ejemplo, como consecuencia del uso excesivo de

<sup>31</sup> Citado por P. Boiteau (1964), *La evolución de las concepciones biológicas*, México, UNAM, p. 14.

un órgano que un medio determinado impusiera a ejemplares de una especie, según la idea de J. B. De M. Lamarck (1744-1829).

En la época de Mendel, la pangénesis gozaba del mayor prestigio, pero el fijismo no carecía de seguidores. Había quienes abrigaban serias dudas sobre la realidad del fenómeno evolutivo y buscaban pruebas de la tendencia de los organismos a revertir hacia las características de sus progenitores, con lo cual la aparición de novedades podría ser vista como estadios transitorios sin efecto a largo plazo sobre la conformación de las especies. La postura de Mendel en estas cuestiones no está clara. En las observaciones introductorias de su célebre trabajo sobre los guisantes, después de la declaración de motivos que lo llevaron a emprender sus experimentos, señala muy vagamente estar interesado en "la solución de una cuestión cuyo significado para la evolución de las formas orgánicas no debe ser subestimado",<sup>32</sup> sin dar ni ahí ni en el resto del trabajo mayores pistas sobre qué tenía en mente. Y en su ya referida carta a Nägeli deja entrever sus precauciones de incidir en el debate. "Me di cuenta", dice, "que los resultados obtenidos por mí no se compaginaban fácilmente con nuestro conocimiento científico contemporáneo, y que, debido a las circunstancias, la publicación de un experimento semejante aislado era doblemente peligroso; peligroso para el experimentador y peligroso para la causa que él representaba."<sup>33</sup>

Cuál era la postura de Mendel es una pregunta que tal vez permanecerá por siempre sin respuesta. Lo que está claro es que afrontó su trabajo experimental para probar una teoría particulada de la herencia. Sea lo que sea el material responsable de la transmisión de caracteres, éste está constituido por factores discretos que se transmiten sin cambios de una generación a otra. Estos factores pueden combinarse en todas las maneras posibles para dar lugar a formas híbridas que eventualmente exhiben caracteres intermedios a los de sus progenitores, pero no se mezclan, por lo que al paso de las generaciones puede observarse la reaparición de las formas puras.

Puede ser que entre las influencias que orientaron a Mendel hacia el esbozo de esa teoría hayan estado presentes puntos de vista de las escuelas beligerantes en la época, como lo estuvieron indudablemente en el trabajo de aquellos hibridadores en cuya línea Mendel inscribe sus

<sup>32</sup> G. Mendel, "Experimentos de hibridación en plantas" (en C. Stern y E. R. Sherwood, *ob. cit.*, p. 3-49), p. 4.

<sup>33</sup> "Cartas de Gregor Mendel a Carlos Nägeli. 1866-1873", Stern y Sherwood, *ob. cit.*, p. 63.

propias aportaciones. En su *Experimentos de hibridación en plantas* menciona a cinco de ellos: Kölreuter, Gärtner, Herbert, Lecoq y Wichura.

Joseph Gottlieb Kölreuter (1733-1806) fue un botánico alemán que siendo director del jardín del Gran Duque de Karlsruhe a partir de 1760, realizó diversos experimentos de fertilización y polinización en la planta del tabaco, publicando sus conclusiones en *Informe previo de algunos de los experimentos y observaciones relacionados con el sexo de las plantas* —fechado en Leipzig, de acuerdo con Crew, en 1788; y según Gomis, hecho público en varias entregas entre 1761 y 1766—. Kölreuter estaba interesado en despejar las dudas que Linneo había tenido sobre la naturaleza de los híbridos, convencido de que éstos no debían ser considerados como nuevas especies, pues el orden natural no podía ser alterado a voluntad por la mano del hombre. Creyó poder encontrar en sus experimentos argumentos suficientes para apoyar la idea de que los híbridos formados en una primera generación filial revierten a partir de la segunda hacia los caracteres parentales hasta desaparecer completamente, evidenciando su incapacidad para formar una descendencia constantemente híbrida y, con ello, nuevas especies de derecho propio.<sup>34</sup>

En la misma tónica, aunque un poco más moderado en sus conclusiones que su antecesor y compatriota, Carl Friedrich Gärtner (1772-1850) publicó en 1849 *Experimentos y observaciones sobre la producción de híbridos en el reino vegetal*, trabajo desarrollado en el marco de un concurso convocado por la Academia Holandesa de Haarlem sobre el tema "¿Qué es lo que la experiencia nos enseña con relación a la producción de nuevas especies y variedades por medio de la fecundación artificial de flores, una con polen de la otra, y qué plantas ornamentales y comerciales pueden producirse y multiplicarse por este medio?"

Gärtner utilizó en sus experimentos el guisante de olor y el maíz y, al igual que Kölreuter, destacó la uniformidad de la primera generación híbrida y la reaparición de los dos caracteres parentales en la segunda generación y subsecuentes, observando que una gran cantidad de experimentos (cerca de diez mil) mostraban que la polinización de flores con una mezcla de pólenes no traía consigo mezcla de caracteres en la progenie. Reconoció, sin embargo, que en algunos casos los híbridos daban lugar a descendencia constante, lo cual permitía asumir que por

<sup>34</sup> Cfr. Las obras ya referidas de Crew (p. 11), Gomis (p. 39) y Castrodeza (p. 70-71).

medio de la hibridación pudieran formarse nuevas especies, pero siempre dentro de los límites estrechos que impone la estabilidad del reino vegetal.<sup>35</sup>

De los otros tres autores mencionados por Mendel sólo hemos podido saber, más allá de los comentarios que éste les dedica en su obra, que M. Wichura publicó en 1865 *La polinización de híbridos en el reino vegetal a partir de los sauces*; H. Lecoq, en 1862, la segunda edición de *Fecundación natural y artificial de las plantas e hibridación considerada en relación con la horticultura, la agricultura y la silvicultura*; de William Herbert (1778-1847) no hemos podido encontrar mayores datos.

Mendel no hace referencia explícita del inglés Thomas Knight y del francés Charles Naudin (1815-1899), aunque seguramente conocía sus obras y quedaron englobados en la expresión "y otros" que añade a los nombres de los cinco mencionados. Los traemos a cuento porque el primero de ellos trabajó alrededor de setenta años antes que Mendel con *Pisum sativum* y describió minuciosamente —en "*An account of some experiments on the fecundation of vegetables*", 1799— las bondades de esta planta como material experimental y el procedimiento a seguir en su hibridación; el segundo publicó en 1863 *Nuevas investigaciones sobre hibridación vegetal*, obra en la cual llegó a conclusiones muy próximas a las de Mendel. Dice ahí: "lo que se produce (en el híbrido) no es más que una amalgama de las formas preexistentes en los tipos paternos. El híbrido es un conjunto de piezas prestadas: una especie de mosaico en el que cada pieza, discernible o no, se puede atribuir a una u otra de las especies productoras...; todos estos hechos están explicados por la separación de las esencias específicas en el polen y los óvulos del híbrido. Esta separación se verifica en la antera y en el ovario. Algunos de los granos de polen pertenecen totalmente a la especie del padre y otros a la de la madre."<sup>36</sup> No considero descabellado pensar que leer esta obra y confirmar la ausencia de un tratamiento estadístico de la información haya apresurado a Mendel a presentar su informe aún cuando algunos de sus experimentos estaban todavía inacabados.

Como señalábamos páginas arriba, no podemos saber si en el ánimo de Mendel estaban presentes convicciones como las de Kölreuter y Gärtner. Sólo podemos especular. Carlos Castrodeza, por su parte, en su ya referido escrito<sup>37</sup> se orienta a atribuir a Mendel no otra pretensión que

<sup>35</sup> Castrodeza (*Ibid.*); Crew (p. 15); Gomis (p. 45).

<sup>36</sup> Citado en Crew, p. 16.

<sup>37</sup> p. 52.

la de construir un modelo matemático puramente operacional con el cual dar cuenta de los resultados experimentales obtenidos por él mismo y por otros hibridadores sobre cuya obra estaba bien informado. Esto explicaría en buena parte las prevenciones de Mendel sobre la publicidad de sus trabajos: manifestaba la preocupación por no verse envuelto en disputas que en principio le eran ajenas, y cuya beligerancia podría oscurecer las bondades de un modelo al que podían ajustarse sin mayor dificultad los datos disponibles. Explicaría, también, su reacción ante las dos objeciones principales que Nägeli le hizo llegar disfrazadas de sugerencias —la de tomar con cautela la identificación de los caracteres heredados como constancia de tipo y la recomendación de no interpretar sus expresiones numéricas como una ley natural—. En ambos casos responde que se ha mantenido siempre en el dominio experimental. Así, por ejemplo, sobre la primera objeción Mendel responde: "Mi afirmación de que de la progenie de híbridos nacen tipos puros incluye solamente las generaciones durante las cuales se hicieron las observaciones; no van más allá de ahí". Y más adelante agrega: "no puedo juzgar si estos hallazgos permitirían una decisión sobre la constancia del tipo; sin embargo, yo me inclino a mirar la separación de los caracteres parentales en la progenie de híbridos de *Pisum* como cosa completa y, así, permanente. La progenie de híbridos lleva uno u otro de los caracteres parentales, o la forma híbrida de los dos; nunca observé transiciones graduales entre los caracteres parentales o una aproximación progresiva hacia uno de ellos. El curso del desarrollo consiste simplemente en esto: en cada generación los dos caracteres parentales aparecen separados y sin variar, y no hay nada que indique que uno de ellos ha heredado o ha arrebatado alguna cosa del otro."<sup>38</sup> Y sobre la segunda, después de hacer ver que sus leyes de desarrollo expresan combinaciones constantes observadas en el comportamiento de unos pocos caracteres diferenciales, señala: "Si entonces extendiendo esta combinación de series simples a cualquier número de diferencias, entre las dos plantas parentales, de veras he entrado en el dominio de lo racional. Sin embargo, ello es permisible, ya que he probado, mediante previos experimentos, que el desarrollo de un par de caracteres diferentes procede independientemente de cualesquiera otras diferencias."<sup>39</sup>

<sup>38</sup> "Cartas de Gregor Mendel a Carlos Nägeli. 1866-1873", p. 63-65.

<sup>39</sup> *Ibidem.*

La interpretación operacional se ve reforzada si añadimos a lo anterior un pasaje de las Observaciones finales en el cual Mendel afirma: "Este intento de referir la diferencia importante en el desarrollo de híbridos a una permanente o temporal asociación de diferentes elementos celulares, puede ser de valor, por supuesto, solamente como una hipótesis..."<sup>40</sup>, pero la ausencia de un pronunciamiento explícito no hace inviables interpretaciones más sustantivas, más aún cuando en esta misma obra y apartado Mendel parece en momentos estar de acuerdo con el transformismo moderado de Gärtner. Dice: "El éxito de los experimentos de transformación condujo a Gärtner a disentir de aquellos científicos que niegan la estabilidad de las especies vegetales y suponen una evolución continua de las formas de la planta. En la transformación completa de una especie en otra, él encontró pruebas inequívocas de que una especie tiene límites determinados, más allá de los cuales les es imposible el cambiar. Aunque esta opinión no puede ser juzgada válida incondicionalmente, es de esperar que en los experimentos realizados por Gärtner se halle considerable confirmación de la ya expresada conjetura sobre la variabilidad de las plantas cultivadas."<sup>41</sup>

¿Influyó la indefinición de Mendel ante el debate entre partidarios y opositores a las teorías evolucionistas en la pobre estimación de su obra, en comparación con la otorgada a otras cuyos méritos relativos son ahora claramente menores? Una respuesta afirmativa a esa pregunta puede apoyarse si se contrasta con la relevancia que alcanzó posteriormente, cuando en el ambiente inglés neodarwinista de finales del siglo XIX y principios del XX fue utilizada por William Bateson para oponerse a los biometristas encabezados por Walter Weldon.

En la interpretación de Castrodeza, Mendel disponía de una importante ventaja sobre los botánicos experimentales que le precedieron y cuya obra aprovechó para orientar sus propios experimentos: una sólida formación científica en el dominio de las ciencias físicas y las matemáticas, fruto de su contacto en Viena (1851-1853), como oyente de cursos universitarios, con personajes como Andreas von Ettinghausen (1796-1878) —autor de dos influyentes libros sobre análisis combinatorio y matemáticas superiores—; y esto en un ambiente intelectual no sustraído al imperio de Adolphe Quetelet (1796-1874) y su convicción de que la adecuada aplicación de los métodos

<sup>40</sup> "Experimentos en híbridos de plantas", p. 44.

<sup>41</sup> p. 48-49, subrayados míos.

estadísticos permitiría descubrir una pauta o ley en prácticamente cualquier dominio de fenómenos.<sup>42</sup>

Es probable que al revisar los escritos de Kölreuter y Gärtner sobre hibridación desde la óptica de su formación físico-matemática haya logrado al menos un esbozo del modelo que luego da a conocer en 1865 y que éste le sirviera para dirigir sus experimentos. La teoría de la herencia particulada puede bosquejarse si la lectura de los informes sobre la tendencia de los híbridos a revertir a las formas paternas y la disminución relativa progresiva de las formas híbridas frente a las puras se realiza interponiendo un pequeño conjunto de supuestos:

- En la reproducción sexual de las plantas solamente intervienen un grano de polen y un óvulo, independientemente de si esto ocurre por autofecundación o por hibridación casual o deliberada.
- La reaparición de ambos caracteres paternos a partir de la segunda generación filial indica que la desaparición de uno de ellos en la primera generación es transitoria y sólo aparente.
- La ausencia de caracteres intermedios sugiere que lo que cada progenitor transfiere a su descendencia permanece en ella sin mezcla al combinarse en formas híbridas.
- La combinación de los factores parentales en los híbridos se realiza siguiendo simples leyes de azar.
- ¿Cuál es el patrón estadístico que mejor puede representar los resultados conocidos?

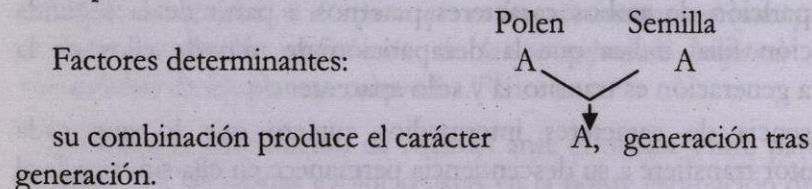
Por otra parte, también es posible que el modelo haya brotado en algún momento durante el análisis de los datos que los experimentos iban arrojando; pero, en este caso, no se comprendería el cuidado que Mendel tuvo desde un primer momento por llevar un control numérico riguroso del comportamiento de las diversas generaciones híbridas. A mi modo de ver, desde un primer momento Mendel ya sabía lo que habría de buscar, dejando al experimento únicamente la tarea de corroborar los resultados que en el papel había ya obtenido ensayando modelos combinatorios que le permitieran explicar los hechos, ya referidos por Kölreuter y Gärtner, de la similitud caracterológica de la primera generación filial (en adelante, para simplificar, representaremos —como se hace hoy en día— con P a la generación parental y con F1, F2, ...Fn a las

<sup>42</sup> Castrodeza, *ob. cit.*, p. 65-66.



sucesivas generaciones filiales) hacia uno de los progenitores participantes en la hibridación, independientemente de cuál haya sido el orden seguido al efectuarla (es decir, que el carácter expresado en F1 corresponda a la planta productora de polen o a la de semillas) y la reaparición a partir de F2, por sucesivas autofecundaciones, del carácter paterno ausente en F1.

Si en la concepción de un nuevo organismo solamente intervienen dos gametos, provenientes cada uno de la pareja parental,<sup>43</sup> entonces cabe suponer que en esos gametos están contenidos factores determinantes para cada uno de los caracteres constitutivos del organismo; determinantes que en la autofecundación de las líneas puras, al combinar elementos de la misma planta, dan lugar a caracteres constantes.<sup>44</sup> Si representamos esto con símbolos adecuados, asumiendo que sólo está en juego un carácter, tendríamos que en el desarrollo de las líneas puras:



¿Qué sucede cuando se combinan mediante hibridación factores provenientes de plantas con caracteres opuestos, si se sabe que la generación resultante, F1, exhibe todos los caracteres cada uno de los cuales se asemeja a sólo uno de los progenitores?<sup>45</sup>

P		F1	
ÓVULOS CON FACTOR	SE FERTILIZAN CON POLEN	COMBINACIONES	CARÁCTER RESULTANTE

<sup>43</sup> “Según la opinión de famosos fisiologistas, la propagación en fanerógamas se inicia por la unión de una célula germinal y una polínica, para formar una sola célula, que es capaz de desarrollarse en un individuo independiente, por la incorporación de materia y la formación de nuevas células.” Mendel, *ob. cit.*, p. 43. Ver también la nota al pie introducida por Mendel.

<sup>44</sup> “Continuamente hallamos en nuestra experiencia la confirmación de que sólo se puede formar progenie constante cuando las células germinales y el polen fecundante son semejantes, estando ambos dotados del poder de crear idénticos individuos, como si de fecundación normal de caracteres puros se tratara”. *Idem*, p. 25.

<sup>45</sup> “En los híbridos...[cada uno de sus caracteres], o bien se asemeja a uno de los caracteres de los padres de modo que el otro no aparece, o bien es tan semejante a él que no es posible distinguirlos.” *Idem*, p. 10.

A	B	AB	A
B	A	AB	A

En los ovarios de la planta productora de células germinales se combinan ambos factores, AB, y la progenie presenta sólo uno de los caracteres paternos. El factor determinante de ese carácter domina al otro en la combinación. ¿Qué ocurre con éste?

Puesto que en la F2 y subsiguientes se producen plantas con el carácter ausente en las F1, su determinante debe estar contenido de algún modo en las plantas de la F1, aún cuando no se haya expresado en esta generación. Por lo tanto, la dominancia de uno de los factores no anula al otro: éste permanece oculto en las plantas de la F1, las cuales producirán granos de polen y células germinales que contendrán uno u otro de los factores. La unión de un grano de polen y un óvulo provistos ambos del mismo factor no expresado en la F1 dará lugar en la F2 a una planta con el carácter correspondiente, exactamente como ocurre en las líneas puras. Se trata de un factor recesivo.<sup>46</sup> Toda vez que ambos factores están involucrados en la producción de variantes alternativas de un mismo carácter (ej.: la forma lisa o rugosa de la semilla), conviene representarlos con la misma letra: mayúscula para el dominante; minúscula para el recesivo. Tenemos, entonces, que sus combinaciones posibles se asocian de la manera siguiente:

LA COMBINACIÓN DE FACTORES	DETERMINA EL CARÁCTER
A, A	A
A, a	A
a, A	A
a, a	a

Las combinaciones extremas producen líneas puras (los factores se “funden” en un compromiso total). Las combinaciones intermedias generan plantas híbridas (los factores entablan un compromiso

<sup>46</sup> “... a los caracteres que nada o casi nada cambian respecto de los híbridos (siendo por eso la representación misma del carácter híbrido) se los llama *dominantes*, y a los que quedan latentes al cruzarse, se los conoce por *recesivos*. Se ha escogido la palabra *recesivo* porque los caracteres designados se retiran o desaparecen totalmente de los híbridos, pero reaparecen sin cambiar en la descendencia...” *Idem*, p. 10-11.

transitorio)<sup>47</sup> que exhiben el carácter dominante, sin importar de qué planta provienen los factores opuestos. En la F1, todas las plantas son híbridas: los parentales A y a producen solamente plantas Aa.

Puesto que las plantas F1 producen granos de polen y óvulos de ambos tipos, si ahora suponemos que ello ocurre en proporciones iguales y que en la autofecundación éstos se combinan al azar, entonces:

LAS PLANTAS PRODUCEN	F1		F2	
	COMBINACIONES POSIBLES EN AUTOFECUNDACIÓN AL AZAR		SE PRODUCEN PLANTAS	CON EL CARÁCTER
	POLEN	ÓVULOS		
POLEN	A	A	A	A
	a	A	Aa	A
ÓVULOS	A	a	Aa	A
	a	a	a	a

Es decir:

- En promedio, “por cada cuatro plantas de esta generación [F2], tres reciben el carácter dominante, y una, el recesivo.”<sup>48</sup> Lo indicaremos con la proporción 3:1.
- En F2, la mitad de las plantas serán formas híbridas, mientras que la otra mitad estará compuesta de formas puras, con carácter dominante

<sup>47</sup> “Cuando una célula germinal logra combinarse con una célula polen *desemejante*, debemos suponer que ha tenido lugar un compromiso entre los elementos de las dos células que causa sus diferencias. La célula mediadora resultante se convierte en la base del organismo híbrido, cuyo desarrollo debe proceder necesariamente en conformidad con una ley diferente de la que rige para cada uno de los dos tipos parentales. Si el compromiso se considera acabado, en el sentido de que el embrión híbrido está formado por células de la misma clase, en las cuales las diferencias son *entera y permanentemente conciliadas*, en ese caso se seguirá ulteriormente el que el híbrido permanecería tan constante en su progenie como cualquiera otra variedad estable de planta. Las células reproductoras, formadas en su ovario y anteras, son todas iguales, y semejantes a la célula intermedia de la cual ellas se derivan. [Por el contrario], en los híbridos cuya descendencia es *variable*, ha habido un compromiso entre los diferentes elementos de la célula germinal y la polínica, bastante importante como para permitir la formación de una célula que se convierte en la base para los híbridos, pero que este equilibrio entre los elementos antagónicos es solamente temporal, y no se extiende más allá del tiempo de vida de la planta híbrida.” *Idem*, p. 43-44.

<sup>48</sup> *Idem*, p. 12.

y carácter recesivo en proporciones iguales. La proporción es ahora 2:1:1 (o mejor aún, siguiendo el orden de aparición en la tabla, 1:2:1).

- “Las formas que reciben el carácter recesivo en la primera generación [de los híbridos, F2] no varían más en la segunda [F3] con respecto a este carácter. Perseveran *constantes* en su progenie.”<sup>49</sup> (Retorno de la forma pura).
- “El carácter dominante puede tener aquí [F2] *doble significado*: es decir, el de carácter parental [forma pura: creará con constancia] o el de carácter híbrido. En cuál de los dos significados aparece en cada caso individual, sólo la siguiente generación lo puede decidir.”<sup>50</sup>
- En la F3, de las plantas que en F2 muestran el carácter dominante, “dos partes producen descendientes que llevan carácter dominante y recesivo, en la proporción 3:1; mostrando así exactamente el mismo comportamiento que las formas híbridas [F1]. Sólo *una* parte permanece constante para el carácter dominante.”<sup>51</sup>
- El carácter híbrido no se hereda, sino que se forma por combinación al azar de los factores determinantes.

Tenemos, entonces, que la proporción da cuenta de la *presencia de caracteres* (dominantes – recesivos) en las plantas F2, mientras que la proporción 1:2:1 indica la *naturaleza* (dominante – híbrida – recesiva) de esas plantas. Así pues, “la expresión:

$$A + 2Aa + a$$

da la serie de descendientes híbridos relativa a un par de caracteres diferentes.”<sup>52</sup>

El encuentro de esta expresión debe haber producido en Mendel la emoción de un descubrimiento. Se dio cuenta de que con ella podía explicarse el comportamiento de híbridos con cualquier cantidad de caracteres diferenciales discretos. También, si se representan debidamente en la expresión, el de aquellos otros cuyos caracteres muestran variaciones intermedias. Incluso, ella brinda una base de

<sup>49</sup> *Idem*, p. 15.

<sup>50</sup> *Ibidem*.

<sup>51</sup> *Ibidem*.

<sup>52</sup> *Idem*, p. 17.

comprensión de la capacidad de los híbridos para dar lugar a la formación de otras plantas igualmente híbridas sin que ello implique tener que considerarlas como nuevas especies; así como de la disminución de su número, al paso de las generaciones, en comparación con el número de las formas puras; hechos éstos que sirvieron a Kölreuter y a Gärtner para apoyar sus convicciones sobre la constancia de las especies.

Con base en la ley de desarrollo:  $A + 2Aa + a$ , presente en la descendencia de los híbridos, sabemos que la primera generación a que dan lugar estará compuesta por plantas de tres tipos, en proporción 1:2:1. Ahora bien, si las plantas poseen todas la misma capacidad reproductiva, entonces el comportamiento de las diversas generaciones a partir de los híbridos podrá mostrarse en la siguiente tabla, suponiendo que cada planta produce el número mínimo de descendientes necesarios para que aparezcan todos los resultados posibles exigidos por la ley (4):

GENERACIONES A PARTIR DEL HÍBRIDO											
	1	2	3	4	5	6					
	1	4	6	24	28	112	120	480	496	1984	2016
1		2		4		8		16		32	
2	2	4	4	8	8	16	16	32	32	64	64
1		2		4		8		16		32	
	1	4	6	24	28	112	120	480	496	1984	2016
Proporciones	1:2:1	3:2:3		7:2:7		15:2:15		31:2:31		63:2:63	
				↓							
	DESCENDIENTES			RAZONES							
GENERACIÓN	A	Aa	a	A	Aa	a					
1	1	2	1	1	2	1					
2	6	4	6	3	2	3					
3	28	8	28	7	2	7					
4	120	16	120	15	2	15					
5	496	32	498	31	2	31					
6	2016	64	2016	63	2	63					
n				$2^n$	2	$2^n$					
				-1		-1					

Como puede observarse en las razones, aunque los híbridos van disminuyendo relativamente a las formas puras, nunca desaparecen del todo.

Consideremos ahora, a la vez, dos pares de caracteres opuestos: (A, a) y (B, b):

- Las formas puras se reproducen con constancia.

UNA PLANTA	PRODUCE POLEN	PRODUCE ÓVULOS	PRODUCE PLANTAS
AB	AB	AB	AB
ab	ab	ab	ab

- Los híbridos muestran, para toda combinación de caracteres opuestos, los caracteres dominantes.

P		F1	
POLEN	ÓVULO	PLANTAS	CARACTERES
AA	ab	AaBb	AB
Ab	aB	AaBb	AB
aB	Ab	AaBb	AB
ab	AB	AaBb	AB

Bajo el supuesto que cada par de caracteres se comporte con independencia de los demás.

- Si este es el caso, entonces cada par de factores se comportará conforme a su serie de desarrollo correspondiente, y en la F2 aparecerán tantas combinaciones como resulten de la combinación de estas series:

Serie de A/a:  $A + 2Aa + a$   
Serie de B/b:  $B + 2Bb + b$

Serie de desarrollo para ambos pares combinados:  
 $(A + 2Aa + a)(B + 2Bb + b) =$   
 $= AB + Ab + aB + ab + 2ABb + 2aBb + 2AaB + 2Aab + 4AaBb.$

La F2 estará compuesta por plantas de nueve tipos, agrupables en tres categorías: constantes (4: AB, Ab, aB y ab), monohíbridas (4: Abb, aBb, AaB y Aab) y dihíbridas (1: AaBb); y se presentarán en la proporción

1:2:4. Es fácil comprobar que, para cada par de caracteres opuestos sigue valiendo la proporción 3:1 de dominantes – recesivos.

Por un procedimiento similar pueden calcularse las series de desarrollo para un número  $n$  de pares de caracteres.

Ya en posesión del modelo –o al menos, como decíamos arriba, de un esbozo del mismo–, Mendel se dio a la tarea de preparar cuidadosamente experimentos en los cuales probar su corrección y la de los presupuestos que incorpora. Para ello seleccionó plantas adecuadas, en las cuales los caracteres a analizar estuvieran distribuidas dicotómicamente, y se dispuso a llevar un registro puntual del comportamiento de las diversas generaciones híbridas, asegurándose de contar en cada experimento con información suficiente para satisfacer las exigencias del análisis estadístico. Los resultados, en cada caso, le fueron favorables. Su teoría sobre la herencia estaba satisfactoriamente corroborada en *Pisum*.

He tratado de mostrar que es perfectamente posible llegar a la teoría de la herencia particulada de Mendel privilegiando las bondades del modelo matemático para armonizar la evidencia experimental sobre el compromiso en torno a la naturaleza específica de los procesos a los cuales se aplica y de las entidades que en ellos intervienen. Si éste fue efectivamente el camino seguido por Mendel, entonces estarán plenamente justificadas interpretaciones como las que Griffiths, Miller, Lewontin y otros ofrecen en torno a su aportación a la genética. Dicen estos autores: “La belleza del análisis de Mendel está en que no resulta necesario conocer qué son los genes, o cómo provocan determinado fenotipo, para estudiar los resultados de un cruzamiento y predecir los de cruzamientos futuros, siguiendo las leyes de la distribución igualitaria y la segregación independiente. Todo ello es posible simplemente representando los hipotéticos factores abstractos de la herencia (los genes) mediante símbolos y sin preocupación alguna sobre su naturaleza física o su localización celular.”<sup>53</sup>

Esto es exacto. Ciertamente el modelo mendeliano puede utilizarse eficazmente sin necesidad de pronunciarse acerca de qué puedan ser los factores determinantes, pero ello no implica necesariamente que en Mendel haya estado ausente una convicción firme sobre la existencia de éstos y sobre la naturaleza del fenómeno hereditario.

<sup>53</sup> A. J. F. Griffiths (*et al.*), 1998, *Introducción al análisis genético*, 2ª. Edición, Madrid, McGraw-Hill, p. 54.

Mi punto de vista es que Mendel no fue ajeno en ningún momento a las disputas de su tiempo acerca de la continuidad o variación de las diferentes formas de vida orgánica. He dejado traslucir, páginas arriba, la viabilidad de atribuirle simpatía hacia el transformismo moderado de Gärtner. Creo que esta fue la situación. No puedo documentar adecuadamente mi sospecha; simplemente la infiero de los presupuestos sin los cuales su modelo matemático no hubiera contado con el necesario punto de partida. Sólo considerando que la descendencia uniforme producida por las líneas puras obedece a la presencia, en sus células huevo y en el polen, de materiales afines cuyo conjunto constituye el diseño de un nuevo organismo; que la aparición en las generaciones híbridas de formas puras junto a nuevas formas híbridas habla de que la composición de las células sexuales de estas plantas es sólo un resultado del modo en que en ellas se combinan los materiales provenientes en primera instancia de las formas puras; que, por tanto, es por la composición, separación y recombinación de esos materiales por los que se van produciendo unos organismos provistos de caracteres conforme a los cuales se los puede identificar con otros y diferenciar de otros más, pero que los materiales mismos determinantes de esos caracteres transitan de unos a otros sin perder nunca su naturaleza propia en las diversas combinaciones de las que participan; sólo así es posible concebir la sucesión de generaciones como un proceso cuasi mecánico regulado por leyes matemáticas de probabilidad. Mendel se manifiesta convencido de que con un esquema como éste se tiene todo lo necesario para explicar el fenómeno de la herencia.<sup>54</sup>

#### BIBLIOGRAFÍA

- AUERBACH, Charlotte. *La ciencia de la genética* (v.e. de J. Muñoz de Carlos). Madrid. Revista de Occidente, 1962.
- BALTZER, Fritz (1967). *Theodor Boveri: The Life of a Great Biologist 1862 – 1915* (trans. by Dorothea Rudnik). Berkeley. University of California Press. Versión electrónica de <http://www.zygote.swarthmore.edu/fert6b.html>
- BARISH, Natalie (1965). *Concepto de gen* (trad. por L. Kiralyra Miralles Vila). Madrid. Alhambra (Col. Exedra, No. 31), 1968.

<sup>54</sup> Cfr. en Mendel, *ob. cit.*, el apartado correspondiente a “Las células reproductoras de híbridos”, especialmente las páginas 25 y 26.

BERG, Paul & M. Singer (1992). *Dealing with Genes: The Language of Heredity*. California. University Science Books.

BOVERI, Theodor (1902). "On Multipolar Mitosis as a Means of Analysis of the Cell Nucleus" (trans. by Salome Gluecksohn-Waelsch). B. H. Willer and J. Oppenheimer (eds.). *Foundations of Experimental Embryology*. N. J. Prentiss-Hall, Inc. 1964. Versión electrónica de <http://www.devbio.com/chap07/link0708a.shtml>

BRIDGES, Calvin B. (1914). "Direct Proof Through Non-Disjunction that the Sex-Linked Genes of *Drosophila* are Borne by the X-Chromosome". *Science*. N. S. Vol. XL, pp. 107-109.

CARLSON, E. A. (1966). *The Gene: A Critical History*. Philadelphia. W. B. Saunders Company.

CASTRODEZA, Carlos. "Mendel y su entorno científico". En J. R. Lacadena (Coord.). *En el Centenario de Mendel: La Genética ayer y hoy*. Madrid. Alhambra, 1984, p. 49-84.

CREW, F. A. E. *Fundamentos de genética* (trad. por L. Kiralyra Miralles Vila). Madrid. Alhambra (Col. Exedra, No. 29), 1968.

DARLINGTON, C. D. (1953). *The Facts of Life*. London. George Allen & Unwin.

\_\_\_\_\_ (1958). *The Evolution of Genetic Systems* (2<sup>nd</sup> ed.). N. Y. Basic Books Inc.

FEDOROFF, Nina & David Botstein (eds.). *The Dynamic Genome: Barbara McClintock's Ideas in the Century of Genetics*. N. Y. Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1992.

FEYERABEND, Paul K. (1962). *Limites de la ciencia. Explicación, reducción y empirismo* (trad. por A. C. Pérez Salvador y M. del Mar Seguí). Barcelona. Paidós / I.C.E. -U.A.B.(Col. Pensamiento Contemporáneo, No. 3), 1989.

GOMIS, Alberto (2000). *El fundador de la genética. Mendel*. Madrid. Nivola (Col. Científicos para la Historia, No. 2).

GRIFFITHS, Anthony, Jeffrey H. Miller y otros (1993). *Introducción al análisis genético* (2<sup>a</sup> ed., trad. de la 5<sup>a</sup> ed. en inglés). Madrid. McGraw-Hill, 1998.

HARTMAN, Philip E. y S. R. Suskind. *Acción de los genes* (v.e. J. Lanuza Araujo). Barcelona. UTEHA, 1968.

HOYNINGEN-HUENE, Paul (1992). "The interrelations between the Philosophy, History and Sociology of Science in Thomas Kuhn's Theory of Scientific Development". *The British Journal for the Philosophy of Science*. Oxford. Oxford University Press, Volume 43, Number 4, p. 487-501.

JACOB, Francois (1971). *La lógica de lo viviente: una historia de la herencia*. Barcelona. Laia, 1977.

KEMP, Roger (1970). *Cell Division and Heredity*. London. The Institute of Biology's.

KUHN, Thomas S. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas* (trad. por Agustín Contín). México. Fondo de Cultura Económica (Col. Breviarios, No. 213), 2000.

\_\_\_\_\_ *Segundos pensamientos sobre paradigmas* (trad. por Diego Ribes). Madrid, Tecnos, 1978.

\_\_\_\_\_ (1987). *¿Qué son las revoluciones científicas? y otros ensayos* (trad. de José Romo Feito). Barcelona. Paidós / I. C. E. - U. A. B., 1989.

\_\_\_\_\_ (2000). *El camino desde la estructura. Ensayos filosóficos, 1970-1993, con una entrevista autobiográfica* (J. Conant y J. Haugeland, comps.; trad. por Antonio Beltrán y José Romo). Barcelona, Paidós, 2001.

KLUG, William & M. R. Cummings (1991). *Conceptos de genética* (v.e. de J. L. Mensúa Fernández. y D. Bueno i Torrens). Madrid. Prentice-Hall, 1999.

LACADENA, Juan-Ramón. "De la teoría cromosómica de la herencia a la Citogenética moderna como modelo de ciencia experimental". En J. R. Lacadena (coord.). *En el Centenario de Mendel: La Genética ayer y hoy*. Madrid, Alhambra, 1984, p. 167-230.

\_\_\_\_\_ "Una perspectiva histórico-conceptual de la Genética". En J. R. Lacadena (coord.). *En el Centenario de Mendel: La Genética ayer y hoy*. Madrid, Alhambra, 1984, p. 103-165.

\_\_\_\_\_ (1999). *Genética general. Conceptos fundamentales*. Madrid. Síntesis.

LAKATOS, Imre y Alan Musgrave (eds.). *La crítica y el desarrollo del conocimiento* (trad. por Francisco Hernán). Barcelona. Grijalbo (Col. Teoría y Realidad, No. 8), 1975.

LEWIN, Benjamín (1970). *The Molecular Basis of Gene Expression*. London. Wiley-Interscience.

\_\_\_\_\_ (1987). *Genes*. Barcelona. Ed. Reverté, 1989.

LEWIS, Edward B. (1998). *Thomas Hunt Morgan and his Legacy* (versión electrónica). Nobel e-Museum, The Official Web Site of The Nobel Foundation, 2002.

MORGAN, Thomas Hunt (1910). "Sex Limited Inheritance in Drosophila". *Science*, 32. p. 120-122. Versión electrónica de Electronic Scholarly Publishing (ESP), <http://www.esp.org>

\_\_\_\_\_ (1926). *The Theory of the Gene*. New Haven. Yale University Press.

\_\_\_\_\_ (1934). *Embriology and Genetics*. N. Y. Columbia University Press.

OLBY, Robert (1985). *Origins of Mendelism*. Chicago. The University of Chicago Press.

OWEN, R. D., A. M. Srb & R. S. Edgar (1965). *General Genetics*. San Francisco. W. H. Freeman and Company.

\_\_\_\_\_ (Selection and Introductions). *Facets of Genetics. Readings from Scientific American*. San Francisco. W. H. Freeman and Company, 1970.

PÉREZ Eslava, Arturo y José Luis Revuelta. "Del concepto mendeliano de gen al modelo actual de gen eucariótico". En J. R. Lacadena (coord.), *En el Centenario de Mendel: La Genética ayer y hoy*. Madrid. Alhambra, 1984, p. 231-257.

PÉREZ Ransanz, Ana Rosa (1999). *Kuhn y el cambio científico*. México. Fondo de Cultura Económica.

POPPER, Karl R. (1934). *La lógica de la investigación científica* (trad. por Víctor Sánchez de Zavala). Madrid. Editorial Tecnos, 1999.

RADNITZKY, Gerard y Gunnar Andersson (eds.). *Progreso y racionalidad en la ciencia* (v.e. Luis Meana). Madrid. Alianza Editorial, 1982.

SOLÍS, Carlos (comp.). 1998. *Alta tensión: Historia, filosofía y sociología de la ciencia*. Barcelona. Paidós (Col. Paidós Básica, No. 96).

STERN, C. y E. R. Sherwood. *El origen de la genética. Un libro frontal de Mendel*. Madrid, Alhambra (Col. Exedra, 85), 1973.

STRICKBERGER, M. W. *Genética*. 3a. ed. (1a. en español). Barcelona. Omega, 1988.

STURTEVANT, A. H. (1913). "The Linear Arrangement of Six Sex-Linked Factors in Drosophila, as Shown by Their Mode of Association". *Journal of*

*Experimental Zoology*, 14, p. 43-59. Versión electrónica de ESP, <http://www.esp.org>

\_\_\_\_\_ & G. W. Beadle (1962). *An Introduction to Genetics*. N. Y. Dover Publications.

VELASCO Gómez, Ambrosio (Comp.). 1997. *Racionalidad y cambio científico*. México. Paidós/UNAM.

WILSON, Edmund B (1900). *The Cell in Development and Heritance*. New York. Johnson Reprint, 1966.

EL CONCEPTO DE FILOSOFÍA  
DE AGUSTÍN BASAVE  
FERNÁNDEZ DEL VALLE

Mtro. Enrique Aguayo  
Facultad de Filosofía  
Universidad La Salle

Introducción

Dentro de todo lo que el hombre puede hacer existe algo llamado filosofía. Tanto la palabra como su contenido no están reservados a unos cuantos, sino que son de uso frecuente. Así, cuando alguien dice algo sensato o liga coherentemente sus pensamientos, si define algún término abstracto (amor, muerte, soledad), cuando indica normas, pautas o reglas a seguir, es calificado, *pro facto*, de filósofo. Pero ¿por qué existe la Filosofía?, ¿en qué consiste?, ¿qué es ser filósofo?

A estas interrogantes responde el Dr. Agustín Basave porque es filósofo por vocación y su propia vida le insta a filosofar. Él forja una filosofía y la encarna, se sirve de ella y la ofrece a sus semejantes, pues considera que la Filosofía debe estar al servicio del hombre, quien ocupa el centro de sus reflexiones. Trátese del hombre concreto, singular, el que trabaja, sufre, goza, se efina por salvarse: el hombre, extraña mezcla de cuerpo y espíritu que, por su condición de espíritu encarnado, no se identifica ni se realiza plenamente como puro cuerpo o como puro espíritu, sino que debe guardar un equilibrio de ambos componentes.

Consciente de esa situación humana, Basave elaboró una filosofía al servicio de la existencia, o sea, encamina ésta hacia su meta definitiva: la salvación. Así tenemos que la Filosofía que nos ofrece el pensador rejoncantano es una "propedéutica de salvación".