

# El centenario del Mendelismo\*

por

*Danko Brncic*

Este año se cumple el centenario de la publicación de los experimentos con que Fray Gregorio Mendel estableció los principios básicos que rigen los procesos de herencia, variación y evolución biológica. El significado que han tenido estos descubrimientos en el desarrollo de la biología moderna y en nuestra manera de pensar, vivir y sentir será el objeto de la conferencia del profesor Gustavo Hoecker. Por otra parte, el profesor Alejandro Violic, se referirá a la forma cómo esta ciencia iniciada por Mendel, la genética, ha revolucionado la tecnología agrícola al permitir aumentar espectacularmente la producción de alimentos.

En la presente disertación, y a manera de prefacio de los dos trabajos mencionados, quiero referirme a algunos aspectos históricos de los experimentos que conmemoramos. Gregorio Mendel es considerado como una de las figuras más destacadas de la historia de la ciencia. Hoy, cien años después de la publicación de su principal trabajo, resulta pertinente analizar los motivos por los cuales ocupa la posición que tiene.

Los experimentos con que Mendel reveló los principios de la herencia fueron dados a conocer a la Sociedad de Naturalistas de Brno en sus sesiones del 8 de febrero y 8 de marzo de 1865, y publicados al año siguiente en la revista de la Sociedad (*Verhandlungen des Naturforschenden Vereines in Brünn*). Se distribuyeron copias de la revista a 120 Sociedades científicas y bibliotecas universitarias de Europa y Norteamérica, y al autor se le entregaron 40 separatas para distribución personal, una de las cuales fue enviada con dedicatoria al eminente biólogo Karl von Nägeli. Sin embargo, este trabajo pasó inadvertido para el mundo científico de entonces. Sólo 35 años después, en 1900, tres destacados botánicos, Correns en Alemania, Tschermak en Austria y De Vries en Holanda, obtuvieron resultados idénticos a los comunicados por Mendel, que explicaron según los mismos principios establecidos por éste. Sucedió que uno de estos redescubridores, Carl Correns, era casado con una sobrina de Nägeli y

\*Conferencia leída el 26 de mayo de 1966 en el Salón de Honor de la Universidad de Chile en ocasión al acto académico con que la Sociedad de Genética de Chile conmemoró el centenario de la publicación de los experimentos de Mendel.

heredero de su biblioteca. Estando en antecedentes de los trabajos de Mendel, denominó los principios que rigen la herencia y que se aplicaban perfectamente a sus propios resultados como leyes de Mendel. Así, gracias a la hidalgüía y honestidad científica de Correns, la ciencia de la herencia y de la variación, se ha conocido durante muchos años como mendelismo.

Los dos trabajos publicados por Mendel en 1866, contienen todas sus conclusiones sobre los mecanismos de transmisión hereditaria obtenidos a través de cruzamientos entre algunas variedades de guisantes (*Pisum sativum*). La descripción de estos experimentos y el análisis de los resultados, basado en técnicas estadísticas, representan una metodología biológica que se adelantaba medio siglo a su época. A través de este tipo de análisis llegó a formular una teoría enteramente original y nueva de la herencia, consistente en la transmisión de padres a hijos de unidades elementales o partículas que se comportan de acuerdo con algunas reglas simples y exactas. La explicación fundamental de Mendel, de que la herencia es particulada, demostró ser el principio más general de la biología, ya que se cumple en todos los organismos vivos desde los virus hasta el hombre. Permite explicar mediante esquemas simples, los fenómenos más fundamentales de la vida, tales como las semejanzas y las diferencias entre los individuos de una misma especie y de las especies entre sí, el origen de las fluctuaciones y los cambios permanentes que sufren las poblaciones, proporciona la base material para entender la evolución orgánica y el desarrollo ontológico y está ligada en una u otra forma a todas las teorías que explican el origen de la vida.

Nunca deja de ser sorprendente para el estudioso de la ciencia la sencillez del razonamiento de Mendel para intuir las leyes de la herencia. El análisis de uno de sus experimentos puede servir como ejemplo de este método. Si se cruza una variedad de guisantes que poseen semillas de color amarillo con una variedad de semillas verdes, en la primera generación ( $F_1$ ) todas las semillas resultan del mismo color, en este caso son amarillas. Pero si se autofecundan estas plantas híbridas  $F_1$ , se observa en la progenie un 75 por ciento de semillas amarillas y un 25 por ciento de semillas verdes (proporción de 3:1). En una tercera etapa de estos experimentos, en que se autofecundan las plantas de esta segunda generación ( $F_2$ ), se obtiene el resultado sorprendente de que todas las plantas con semillas verdes dan sólo descendientes de color verde. En cambio, un tercio de las plantas con semillas amarillas dan exclusivamente semillas amarillas. Las plantas restantes segregan en las mismas proporciones observadas en la primera generación híbrida. Sobre la base de estos resultados, Mendel formuló la hipótesis de que para la expresión de un carácter es necesaria la presencia de dos factores o principios (hoy día llamados genes) que forman una pareja (par alelomorfo). En el momento de la fecundación, cada progenitor aporta uno de los miembros de la pareja de factores. Estos no se mezclan en los híbridos, permanecen sin contaminarse uno con el otro en las células del organismo, ya que segregan en gametos separados. En otras palabras, la herencia es particulada y las partículas responsables del

mensaje hereditario mantienen su individualidad en el curso de las generaciones. Según cómo se combinan en los híbridos van a determinar diferentes caracteres. Los hechos relatados constituyen la llamada primera Ley de Mendel, *ley de la segregación*, o *ley de la pureza de los gametos*.

En otra serie de experimentos que consistieron en cruzar variedades de guisantes que diferían entre sí en más de un carácter, por ejemplo, plantas que poseían semillas amarillas y de superficie lisa, con plantas de semillas verdes y arrugadas, Mendel pudo demostrar que las parejas de factores (genes) alternativas para color y para textura de las semillas, segregaban independientemente unas de otras en el proceso de la formación de los gametos y se recombinaban durante la fecundación según las leyes del azar. Esto es lo que se conoce como la segunda Ley de Mendel o *ley de la asociación independiente*.

A partir del principio de asociación independiente, Mendel estableció la regla general de que si  $n$  es el número de parejas de genes responsables de diferentes características, el número de combinaciones posibles será igual a  $3^n$ . Así, con sólo 20 parejas de partículas hereditarias, dentro de una población, se pueden producir sobre tres billones ( $3^{20}$ ) de combinaciones diferentes. Esta generalización que representa un concepto totalmente nuevo de la naturaleza del mundo vivo, explica las diferencias y semejanzas entre los individuos, las razas y las especies y constituye el fundamento de todas las hipótesis modernas sobre dinámica poblacional y evolución biológica. En este sentido Mendel no es solamente el padre de la genética moderna sino también de la evolución experimental.

Como ha dicho Jean Rostand (1965), Mendel no es un mero precursor de la genética sino su verdadero fundador. Sin duda, existieron antes que él muchos hombres de ciencia ilustres que emprendieron experimentos de hibridación con miras a descubrir el mecanismo de la herencia, como Kölreuter (1761-1766), Gärtner (1849) y Naudin (1856), pero sin un análisis exhaustivo que permitiera extraer principios generales. Kölreuter observó que ambos progenitores pueden contribuir a la formación de la descendencia y observó la uniformidad de los rasgos de ésta, pero concluye que como los híbridos revierten siempre a los tipos originales, no es posible que se formen razas o especies nuevas. Kölreuter se imaginaba la fertilización como una reacción química entre los fluidos germinales. Gärtner, que introdujo los términos *factores* y *elementos* hereditarios, publicó una reseña de sus 10.000 ensayos de hibridación, incluyendo entre ellos los efectuados entre las mismas variedades de guisantes empleadas por Mendel, pero llegó a la conclusión que las características de la progenie no obedecen a ninguna ley general. Naudin, que es sin duda el que más se aproxima a la concepción de Mendel, ya que atribuyó la reversión de la descendencia de los híbridos a la *disjonction des essences spécifiques* en la formación del polen y de los óvulos, tampoco pudo desarrollar plenamente el concepto de regularidad que ofrecen las leyes de la herencia. Naudin había partido de la afirmación de G. B. Amici, que en 1830 había demostrado que la fertilización de las plantas consiste

en la fusión del contenido de un grano de polen y de un óvulo, y pudo muy bien considerar que la reaparición de los caracteres de los abuelos observada en la progenie de los híbridos  $F_1$ , en ciertas proporciones, obedecía a que las células germinales que portaban las *essences spécifiques* se fertilizaban al azar. Todo esto indica que hubo muchos que hibridaron plantas con el objeto de estudiar la participación del polen y del óvulo en la fecundación o estudiar los descendientes. Todos ellos alguna vez contaron semillas, pero ninguno tuvo el concepto que esas investigaciones podrían constituir un medio de conocer algo más importante que la mera descripción de una nueva variedad o el mecanismo de la fecundación.

Resulta sorprendente que la importancia de los trabajos de Mendel no fuera apreciada por los científicos contemporáneos. Los biólogos de 1866 estaban evidentemente menos preparados que sus colegas de 1900 para entender el nuevo estilo de investigación basado en el análisis cuantitativo que Mendel introdujo en la investigación biológica. Como dicen sus biógrafos, Mendel es como un visitante del espacio exterior cuyo breve paso a través de la ciencia europea fue desapercibido. Su modestia, su humildad, su profesión, el lugar de su nacimiento y muchos otros rasgos de su vida, tienden a refrendar esta imagen.

Mendel nació en la aldea de Heinzendorf (Moravia), de padres campesinos, el 22 de julio de 1822. Después de recibir su enseñanza elemental en las escuelas públicas de Leipnich y Troppan y haber cursado dos años de estudios en un Instituto de Filosofía (Olmütz), con gran sacrificio de su modesta familia, en 1843 fue recomendado por su profesor de física al Monasterio agustino de Brno como un estudiante de talento, que merecía mayores oportunidades de educación. Como muchos otros jóvenes de escasos recursos económicos, la vida conventual era un medio de consagrar su tiempo al estudio. Después de su ordenación (1847) se dedicó a la enseñanza secundaria. Sin embargo, fue reprobado en el examen para obtener su licencia de profesor. Después de cuatro años de estudio en la Universidad de Viena, donde siguió cursos de Ciencias Naturales y Matemáticas, volvió a enseñar en el Liceo de Brno. Al someterse por segunda vez al examen para obtener su certificado de profesor de Ciencias volvió a fracasar. Según sus biógrafos, no supo responder preguntas fundamentales de biología. La Comisión examinadora encontró que Mendel, uno de los genios mayores de la ciencia, carecía de la necesaria claridad de comprensión. Sin embargo, la vida sencilla y sin brillo de este oscuro monje de provincia, está llena de bondad y amor a la naturaleza. En el pequeño jardín del convento, dedicó 7 años a sus estudios de hibridación (1856-1863). Al principio sus intenciones son modestas: obtener nuevas variedades de adorno. Pero a medida que examina las generaciones sucesivas de sus cruzamientos, se consagra a sus trabajos con la pasión y la ambición de un hombre de ciencia maduro que comprende el alcance de sus investigaciones. Los resultados de estos estudios constituyen el objeto de dos de sus cuatro publicaciones científicas. Antes, en 1864, había publicado un pequeño trabajo sobre el daño causado en Brno por el gorgojo del gui-

sante *Bruchus pisi*, y su última publicación (1871) se refiere a problemas meteorológicos; describe un tornado que devastó Brno en 1870. Este trabajo también es notable, ya que no sólo describe el fenómeno con la precisión empleada hoy día, sino viene acompañada de una interpretación original que constituye una novedad para su época, ésta es que los tornados son causados por remolinos engendrados por corrientes de aire que se movilizan en sentido contrario. Como señala Dunn (1965), este trabajo también parece haber sido olvidado por aquellos que muchos años después desarrollaron una hipótesis similar para explicar el origen de los tornados.

Los últimos años de la vida de Mendel terminada en 1882, están llenos de desilusiones. Nombrado Prior del Monasterio antiguo de Brno, tiene problemas serios en la administración de la comunidad, y se ve envuelto en largas e infructuosas disputas con el gobierno austriaco sobre la aplicación de impuestos a los bienes de la congregación. Sus actividades científicas también estuvieron en esos años sembradas de desaliento al no poder confirmar los resultados obtenidos en guisantes en otras plantas como *Hieracium*.

Mendel envió sus publicaciones de 1866 al más eminente de los botánicos europeos contemporáneos, Kar von Nägeli. Las diez cartas que forman la correspondencia entre Mendel y Nägeli, muestran la modestia, humildad y buen espíritu del primero. Nägeli, experto en hibridación, no comprendió, sin embargo, la importancia de las conclusiones de Mendel. En una paternal respuesta a éste, da a entender que sus experimentos sólo representan resultados de un principiante y sugiere que por no tener aplicación general, debieran ser verificados en otras especies como *Hieracium*. Después de cinco años de paciente labor con esta especie, Mendel no pudo confirmar su ley de la segregación. Y era lo esperado. Precisamente *Hieracium* constituye un grupo de especies donde las proporciones mendelianas no son regulares debido a la forma aberrante de su reproducción. Estas plantas se reproducen en parte en forma apogámica, es decir, sin necesidad de que los óvulos sean fecundados, y en parte por el proceso de fertilización normal. Pero en la progenie entre especies del mismo género, la reproducción es siempre apogámica, o sea, los genes presentes en los híbridos siguen transmitiéndose unidos en todas las generaciones sucesivas.

Se puede decir, como ha señalado Renner (1959), el encuentro con Nägeli fue para Mendel una desgracia. En efecto, qué duro debe haber sido para este inteligente científico aficionado, provinciano, de origen campesino, sin títulos universitarios, profesor de liceo oscuro, su enfrentamiento con la ciencia universitaria, oficial, eminente y condecorada de su época, que no vio en sus simples experimentos con guisantes, el nacimiento de la disciplina que representa el campo unitario de la biología, y que ha permitido desarrollar en forma espectacular las tecnologías más útiles a la humanidad: aquéllas relacionadas con la producción de alimentos.

El citado Jean Rostand ha dicho (1965): "El mendelismo se ha instalado para siempre en el pensamiento biológico y nada puede eliminarlo porque expresa una parte considerable de la realidad vital. Quiérase o no, impregna desde ahora nuestros modos de observar, de experimentar, de razonar y de pensar. La gloria de Mendel, como la de Darwin y Pasteur, está por encima de los vaivenes de la opinión. Mientras haya biólogos en el mundo, enaltecerán la memoria del oscuro fraile de Brno, que más rico en genio que en saber, fue el primero en hacer la luz sobre uno de los más grandes fenómenos de la naturaleza".

## BIBLIOGRAFIA

1. Mendel, G. "Versuche über Pflanzenhybriden". Verh. naturforsch. Verein in Brünn, Vol. iv (1866). Traducción castellana en *Cuatro Estudios sobre Genética*. Ed. Emcece, S. A., Bs. Aires (Argentina). (1946).
2. Correns, C. "G. Mendel's Regel über das Verhalten der Nachkommenschaft der Rassenbastarde". Deuch. Bot. Gesell. Vol. 18: 158-168 (1900).
3. Tschermak, E. "Über Kunstliche Kreuzung bei *Pisum Sativum*". Zeit. Landev. Versuch. Oest. Vol. 3: 465-555 (1900).
4. De Vries, H. "Sur la loi de disjunction des hybrides". Comp. Rend. de l'Acad. des Sciences, Paris, Vol. 130: 845-847 (1900).
5. Rostand, J. "Johann Gregor Mendel". El Correo (UNESCO) XVIII, abril (1965).
6. Köbreyer, J. G. "Vorläufige Nachricht von einigen das Geschlecht der Pflanzen". Leipzig (1766).
7. Gärtner, C. F. "Versuche und Beobachtungen über die Bastardzeugung im Pflanzenreich". Stuttgart (1849).
8. Naudin, C. "Nouvelles recherches sur les caracteres spécifiques et les variétés des plantes du genre *Cucurbita*". Ann. Sc. Nat. 4<sup>a</sup> serie vi (5), (1856).
9. Amici, G. B. (1830). ref. en J. Rostand op. cit.
10. Dunn, L. C. "Mendel, his work, and his place in History". Proc. Amer. Philosoph. Soc. Vol. 109: 189-198 (1965).
11. Eltis, H. "Gregor Mendel's Life and Heritage" (en "Genetics in the 20th Century Fox, Ed. por L. C. Dunn). Mac Millan Co. Inc. N. York (1951).
12. Renner, O. "Botanik". Geist und Gestalt 2, Band Naturwis. (C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, München) (1959).