

Mendel y

su tiempo

2 ° Biología – Grupo B

Genética

Índice:

- Los años de formación
- Los años de actividad científica
- Experimentos de hibridación con guisantes
- El papel de Carl Nägeli y otros científicos
- Otros trabajos de Mendel
- Etapa final de su vida
- Redescubrimiento de las leyes de Mendel
- Mendelismo a inicios del siglo XX
- Introducción del mendelismo en España

1 – Los años de formación:

Johann Mendel (verdadero nombre antes de tomar los hábitos) nació en 1822 en Heizendorf, perteneciente al imperio austro-húngaro, ciudad denominada actualmente Hyncice y perteneciente a Chequia. Se situaba en una comarca agrícola, donde se asentaron sus progenitores hacia 1689.

Los padres de Mendel fueron campesinos. Anton Mendel (1789–1857), que había participado como soldado durante 8 años en las guerras napoleónicas, y Rosine Schwirtlich (–1862) se casaron y tuvieron 5 hijos, dos de los cuales eran niñas y murieron a edades tempranas. De los otros 3 hermanos, Verónica era la mayor, nacida en 1820, seguida por Johann, el hijo mediano, y éste seguido por Teresa nacida en 1829.

Entre los primeros instructores de Mendel destacan: el párroco de Hyncice, Johann Schreiber, y al maestro local Teodoro Markitta. Cabe destacar que el párroco antes de ejercer esta función, había dirigido el Instituto de Educación de Kunín, pero fue destituido siendo acusado de estar más preocupado en transmitir conocimientos histórico-naturales que en la propia religión. En Hyncice, siguió interesándose por todas las novedades agrícolas, que intentaba transmitir a sus feligreses, a la vez que discutía con ellos los problemas del cultivo, etc. Ello pudo influenciar en los intereses científicos de Mendel desde su juventud. Además en la escuela existía un pequeño huerto experimental, donde el maestro se percató de la adecuada disposición y capacidad con que Mendel afrontaba los estudios, y por ello pensó que debía seguirlos en una escuela más apropiada que la de su localidad.

Así, entre el párroco y el maestro convencieron a los padres de Mendel para que enviaran a su hijo a cursar el tercer año de la Escuela Preparatoria al Colegio de los Padres Escolapios de Lipník, a 20 Kms. de Hyncice. A sus 11 años, Mendel ingresó en esta escuela, obteniendo unos buenos resultados académicos. Al terminar esta etapa de estudios, hubo de trasladarse al Instituto Imperial y Real de Orientación Clásica de Opava, donde debía estudiar 6 cursos. Allí estudió religión, latín, griego, geografía, historia y aritmética– álgebra. Su rendimiento académico siguió siendo extraordinario. Durante esta época de estudios, Mendel se vio obligado a impartir clases particulares para poder sufragar sus gastos debido a los malos momentos que atravesaba la economía familiar. Cursando el 5º curso tuvo que regresar a su casa, debido a problemas de salud. Fue a partir de entonces cuando Mendel debió prestar mayor atención a su salud delicada.

Tras el bachillerato, Mendel ingresó en el Colegio Mayor o Instituto de Filosofía de Olomuc. Estos estudios comprendían 2 años, donde se cursaba religión, filosofía, matemáticas, ciencias naturales y pedagogía. Pero por motivos de salud hubo de repetir el primer año, habiendo de dar clases particulares para sufragar sus gastos, e incluso su hermana Teresa le ayudó pasándole parte de su dote (herencia). Al concluir el segundo año en Olomuc, en 1843, decidió solicitar el ingreso en el convento de agustinos de Santo Tomás Apóstol situado en Brno, una de las principales ciudades industriales del imperio austro-húngaro, (llamada Brünn en alemán). Este convento era el centro religioso de mayor prestigio de Moravia. Seguramente, los principales responsables de esta decisión fueron Ferdinand Schumann, director del Instituto de Opava, y sobre todo Friedrich Franz, su profesor en Olomuc.

Por ello, no se conoce hasta qué punto fue su vocación religiosa lo que le llevó a hacer esta elección. Algunos autores, al analizar un texto autobiográfico escrito a sus 27 años, han querido ver que sólo era una estrategia para solucionarse el sustento:

El respetuoso abajo firmante sintió que que no le sería posible continuar soportando tales esfuerzos, siendo por ello que después de terminar los estudios filosóficos se vio obligado a ingresar en una clase social que lo liberó de las amargas preocupaciones del sustento; las circunstancias decidieron su elección de estado. Solicitó y obtuvo en 1843 el ingreso en el Convento de los Agustinos Santo Tomás, en Altbrünn

El 9 de octubre de 1843 Mendel recibió el hábito agustino. Al año siguiente hizo los primeros votos y tomó el nombre de Gregor. En 1846, cuando cursaba tercer año de teología, realizó los votos perpetuos (solemnes) y en 1847, a sus 25 años, fue ordenado sacerdote en la Iglesia de San Miguel del Arcángel de Brünn.

El estado sacerdotal cambió por completo su situación material. Al desaparecer las penurias económicas, todo su esfuerzo se centró en el estudio de las materias clásicas, y en sus horas libres, en el estudio de una pequeña colección botánico-mineralógica que tenía a su disposición en el convento. Además, en 1846 siguió las disertaciones que dictó F. Diebl en el Colegio Filosófico de Brno, que trataban sobre agricultura y cultivo de frutales y viñedos. Es de destacar que el profesor Diebl era defensor del método de la hibridación como método principal para mejorar las plantas.

En 1848, al finalizar sus estudios teológicos, el monje Matthäus Klacel le encomendó el huerto experimental del monasterio, en el cual unos años más tarde llevaría a cabo sus trascendentales experimentos con guisantes.

Su primer encargo sacerdotal fue coadjutor de la parroquia y capellanía del hospital de Brno. Sin embargo, el contacto con los enfermos le causó un desazón magnitud que tuvo que ser relevado en el puesto. A partir de entonces Mendel orientó su actividad hacia la docencia y la investigación.

A partir de entonces comenzó su carrera como maestro en Znojmo, donde impartía matemáticas. Pero al poco tiempo, el director de la escuela, al comprobar su solvencia, le recomendó que se presentara al examen para ser profesor titular de Instituto en la Universidad de Viena. Para entonces, fue cuando escribió la nota autobiográfica a la que ya se ha hecho referencia, y que constituye uno de los documentos que aportan mayor información sobre los 27 primeros años de su vida.

En esa prueba, Mendel suspendió, ya que le faltaba haber obtenido una visión de conjunto de los conocimientos, y además el nivel requerido era superior al que él poseía. Ante este fracaso siguió impartiendo clases como sustituto en el Instituto técnico de Brno. Gracias a su capacidad para los estudios físicos, y tras hablar con algunos examinadores, el abad de Santo Tomás, Cyrill Napp, muy interesado en orientar el monasterio hacia el cultivo de la ciencia y de la docencia, decidió mandar a Mendel a Viena para que estudiara durante 4 semestres esa disciplina en la universidad.

Mendel permaneció en Viena de 1851 a 1853, y residió con las religiosas de Santa Isabel en la Landstrasse. Los profesores Christian Doppler (famoso por las leyes que llevan su apellido) y A. von Ettingshausen, fueron

los que más le influenciaron en el ámbito de la física experimental.

Pero sus estudios en Viena no fueron solamente limitados a la física, sino que siguió interesándose por las materias biológicas, como zoología, botánica, paleontología, prácticas microscópicas, morfología y sistemática de plantas, etc. Fue entonces cuando asistió a los cursos del profesor Franz Unger, docente encargado de la enseñanza de la anatomía y la fisiología vegetal en la Universidad de Viena. Al regresar a Brno, Mendel tuvo muy en cuenta las ideas de Unger sobre la importancia que tiene planificar los experimentos con cuidado, antes de ponerlos en práctica.

También aprovechó su estancia en Viena para asociarse en 1853 a la Sociedad Zoológico-Botánica de Viena, donde se celebraban sesiones mensuales. Y allí por primera vez Mendel hizo una disertación sobre una mariposa parásita del rábano blanco. El año siguiente, cuando Mendel ya estaba en Brno, en la sesión de abril, se trató el tema de las plagas por escarabajos que afectaban a las plantas del guisante, incluyéndose en esta sesión los datos aportados por Mendel el año anterior. Por ello estas 2 comunicaciones se consideran como los 2 primeros trabajos de Mendel que aparecieron publicados en las actas de la sociedad.

2 – Los años de actividad científica

El período de 15 años transcurridos desde el regreso de Mendel al monasterio en Brno en 1853 hasta 1868, en que fue elegido abad, se corresponde con el de su mayor actividad científica. En esos años compaginó su actividad como docente en el Instituto superior de enseñanza media de Brno y en el Instituto técnico, con el estudio y experimentación sobre los híbridos de plantas que llevaba a cabo en el monasterio.

En 1854 consiguió el puesto de profesor suplente de física y ciencias naturales en el Instituto superior de enseñanza media. Esta actividad le resultó gratificante, y tanto la dirección del Instituto como sus propios alumnos valoraban muy positivamente su labor. Se le describía según testimonios de la época como un monje amable y paciente. Solía llevar a sus alumnos al jardín del monasterio, donde les mostraba y enseñaba cómo se obtenían los diferentes tipos de guisantes, que él había obtenido mediante cruzamientos.

Entre sus compañeros de claustro, destacan: Alejandro Zawadsky, historiador y botánico, Alejandro Makowsky, y Adolfo Oborny. Todos ellos personajes ilustres en distintos ámbitos de las ciencias naturales. El contacto con estos compañeros de grandes conocimientos botánicos, le resultó beneficioso a Mendel para encarar sus experimentos.

En 1856 volvió a intentar obtener plaza de profesor de instituto. A la vez que se preparaba, continuó con sus trabajos experimentales con los guisantes. Llegado el momento del examen, y debido a los nervios y la tensión acumulada, Mendel debió abandonar el aula. Entonces regresó Brno con mal estado de salud, y decidió no volver a intentarlo y continuar con el cargo de profesor suplente.

A partir de entonces se concentra en los estudios y las experimentaciones sobre los híbridos de las plantas que ya había comenzado en 1854. Seguramente, en la elección de este tema influyó mucho el profesor Franz Unger, su profesor de anatomía y fisiología en Viena, además de que el hecho de la selección y mejora de animales y plantas mediante hibridación fuera un tema relevante desde años antes en Moravia.

Mendel estudió toda la literatura que tenía a su alcance sobre la hibridación, dándose cuenta de que hasta el momento todos los experimentos en ese terreno se habían llevado a cabo en muy pequeña extensión. Pero fundamentalmente, con todos los experimentos anteriores, lo único que se trataba de abordar con los cruzamientos era el origen de las especies y la evolución de las formas orgánicas. Es decir, los experimentos hasta entonces realizados distaban mucho de cualquier teoría genética como hoy en día la podemos entender.

La primera preocupación de Mendel fue elegir las especies de plantas con las que llevar a cabo los cruzamientos. Mendel buscó una planta con caracteres bien diferenciados, cuyos caracteres fueran fáciles de

seguir en la descendencia. Además, quería una planta fácil de proteger del polen no deseado. Probó con más de 20 géneros, eligiendo al final el guisante (*Pisum*). Mendel era consciente de que debía obtener un elevado número de generaciones y que el espacio con el que contaba era reducido en el jardín del monasterio.

En primavera de 1856 Mendel seleccionó los caracteres del guisante en que iba a fijarse (los 7 caracteres) y comenzó los cruzamientos entre plantas con características diferentes para un mismo carácter.

Así, en cada sección del jardín plantó ejemplares con diferentes caracteres. Al florecer las plantas, abrió algunos capullos y eliminó los estambres para evitar la autofecundación. Además, como se sigue haciendo actualmente, para proteger el estigma de otros pólenes, envolvió con una bolsa de papel cada una de las flores. Al madurar el polen llevó a cabo la polinización artificial de los estigmas, y volvía a colocar la bolsa protectora. Para asegurarse de que el resultado del experimento era independiente de cual fuera la planta que actuara como progenitor masculino o femenino también llevó a cabo cruzamientos inversos. Así, Mendel efectuó 287 fecundaciones cruzadas sobre 70 plantas. Durante el verano vigiló la maduración de las plantas, y al completarse abrió las vainas para recoger las semillas. Así comprobó lo que sospechaba, que se seguía una uniformidad en la transmisión de los caracteres. Parecía como si en los híbridos hubiera desaparecido una de las 2 características posibles de cada carácter estudiado.

En la primavera de 1857, efectuó el cruzamiento de los híbridos de cada carácter entre sí, siguiendo el mismo procedimiento que el año anterior. Pero los resultados finales fueron muy diferentes, como también esperaba. Ya que en la mayor parte de las legumbres de una misma planta aparecían las 2 características diferentes iniciales del carácter en estudio. Entonces, contó el número con que aparecía cada característica, pensando que debía de existir alguna relación entre las proporciones en que aparecían unas y otras. Recogía los datos y los guardaba para los cruzamientos siguientes. En la primavera siguiente realizaba los nuevos cruzamientos fijándose en más caracteres, apuntando sus resultados, así hasta 1863. Es decir, efectuar cada cruce le llevaba un año de tiempo.

Cuando Mendel consideró concluidos sus experimentos con guisantes, los sistematizó, lo que le llevó año y medio, y los dio a conocer a la Sociedad de Naturalistas de Brno en 1865. En 1866 apareció su trabajo completo publicado con el título de Experimentos de hibridación en plantas en la revista de la Sociedad.

Mendel era uno de los socios fundadores de esta Sociedad, y junto con él se encontraban muchos miembros de la Sección de Ciencias Naturales de la Sociedad Agrícola Morava-Silesia, que buscaban así independencia para sus trabajos, que hasta entonces habían estado muy supeditados a los intereses de la Sociedad Agrícola. Mendel también perteneció al Instituto Central de Meteorología, y fue miembro de la Sociedad de Agricultura, en las secciones de Pomología, Vinicultura y Horticultura. También llevó a cabo viajes científicos, como el de la Exposición Industrial de Londres en 1862, y por París.

En todos estos años, desde 1853 a 1868, Mendel realiza 2 actividades fundamentales, la docencia y la investigación. También cabe destacar que el monasterio en el que residía Mendel fue alejándose de las actividades monásticas de la orden, y volcándose cada vez más hacia el exterior y la cultura. Incluso, llegaron a redactar un escrito en el que defendían el cultivo de la ciencia, puesto que consideraban que su estudio no contradecía la misión espiritual del monasterio. Sin duda toda una declaración de principios y revolucionaria para este época, y que sin duda influyó de forma decisiva en la carrera de Mendel.

Durante estos 15 años, Mendel gozó de mejor salud que en años anteriores, a pesar de la crisis nerviosa que le hizo abandonar el examen de opositor, y sufrir obesidad. Además se sabe que era un gran fumador de puros, llegando a consumir 20 al día. Así, la obesidad y el tabaco le pasarían factura en la última etapa de su vida. Por otra parte, los momentos más amargos de estos 15 años los constituyen los fallecimientos de sus padres, el de su padre en 1857 y el de su madre en 1862.

3 – Los experimentos de hibridación con guisantes

Actualmente se entiende por hibridación tanto la fecundación entre individuos de diferentes especies, como la que se lleva a cabo entre variedades de la misma especie. Cuando la hibridación en plantas se debe a la acción del viento o insectos se considera natural o accidental, mientras que cuando la induce el hombre se trata de artificial. Ésta es la que llevan a cabo los hibridadores.

En 1853 Mendel volvió al monasterio de Brno tras asistir durante dos años a la universidad de Viena. Mendel decidió trabajar sobre el tema de la hibridación porque sabía que ninguna de las experiencias publicadas hasta el momento permitía formular una ley general para explicar la formación y el desarrollo de los híbridos. Mendel conocía que ninguno de los experimentos se había hecho con la suficiente extensión como para a partir de ellos determinar el número de formas diferentes que cabría esperar en la descendencia de los híbridos, ni establecer con precisión relaciones estadísticas. Por ello proyectó un plan para ser llevado a cabo en el pequeño huerto del monasterio.

Selección de las plantas experimentales:

El primer objetivo de Mendel fue seleccionar el tipo de plantas con las que iba a experimentar, y que según él, debían de cumplir 3 requisitos:

- 1 – Poseer caracteres diferenciales constantes
- 2 – Los híbridos, durante el período de floración, deberían estar protegidos de polinizaciones accidentales, o prestarse ellos mismos fácilmente a tal protección.
- 3 – La fertilidad de los híbridos y de sus descendientes no debían presentar perturbaciones significativas en las generaciones sucesivas.

Debido a la estructura floral de las leguminosas, Mendel comenzó realizando algunas experiencias con miembros de esta familia, hasta elegir el género *Pisum*, el conocido como guisante, ya que cumplía todos los requisitos, y además, en estas plantas los órganos fertilizadores están envueltos dentro de la quilla. Además, la fecundación artificial en *Pisum* suele terminar con éxito. Para llevarla a cabo, se abre el capullo antes de que esté del todo desarrollado, se elimina la quilla y los estambres, y se espolvorea con el polen ajeno (con el que deseamos llevar a cabo la fecundación artificial) sobre el estigma de la flor.

Mendel utilizó en total 34 variedades de guisantes. A lo largo de los 2 años siguientes, las sometió a diferentes pruebas hasta seleccionar 22 variedades, que cultivaría durante todo el período de experimentación.

Orden y distribución de los experimentos:

La primera etapa de sus investigaciones concluyó con la selección de los 7 caracteres, fácilmente distinguibles, que utilizaría en sus siguientes experiencias. Los 7 caracteres y las 2 alternativas morfológicas de cada uno de ellos son:

- 1– Forma de la semilla madura: Lisa o rugosa
- 2– Color de los cotiledones: amarillo o verde
- 3– Color del tegumento seminal: blanco o gris
- 4– Forma de la legumbre madura: hinchada o ceñida a las semillas
- 5– Color de la legumbre no madura: verde o amarillo

6– Posición de las flores: axiales o terminales

7– Longitud del tallo: largo o corto

Mendel sometió a cada una de las alternativas morfológicas a fecundación cruzada, llevando a cabo 7 pruebas:

1ª prueba: 60 fecundaciones sobre 15 plantas

2ª prueba: 58 fecundaciones sobre 10 plantas

3ª prueba: 35 fecundaciones sobre 10 plantas

4ª prueba: 40 fecundaciones sobre 10 plantas

5ª prueba: 23 fecundaciones sobre 5 plantas

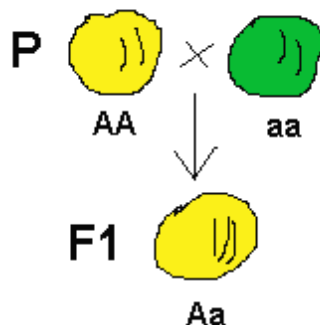
6ª prueba: 34 fecundaciones sobre 10 plantas

7ª prueba: 37 fecundaciones sobre 10 plantas

Mendel escogió las plantas más vigorosas y la mayoría estaban plantadas en el suelo y otro pequeño número en macetas.

Al estudiar las alternativas morfológicas que presentaban los híbridos obtenidos en las 7 pruebas (F1). Mendel comprobó que manifestaban una de las formas paternas. Esto hizo que en lo que se refiere a los caracteres que se transmitían completos en la hibridación se les denominara dominantes, y a los que desaparecían, o quedaban latentes, recesivos.

Esto constituye lo que se llama desde principios del siglo XX como **Primera Ley de Mendel o principio de uniformidad**: cuando se cruzan 2 líneas puras que difieren para un carácter, la descendencia es uniforme, presentando toda ella el carácter dominante.



Así concluyó como características dominantes para cada prueba:

1 – la semilla lisa

2 – el color amarillo de los cotiledones

- 3 – el color gris del tegumento seminal
- 4 – la forma hinchada de la legumbre madura
- 5 – el color verde de la legumbre no madura
- 6 – la distribución axial de las flores
- 7 – el tallo largo

La primera generación a partir de los híbridos (F2) :

A continuación, Mendel estudió la generación que producirían los híbridos anteriores, obteniendo los siguientes resultados:

Experimento 1º : Forma de la semilla

De 253 híbridos del primer año, obtuvo 7.324 semillas el 2º año, de las cuales, 5.474 correspondieron a la variedad lisa y 1.850 a la variedad rugosa Mendel calculó que había una proporción de 2.96 a 1.

Experimento 2º : Color de los cotiledones

De 258 plantas recogió 8.023 semillas, de las que 6.022 eran amarillas y 2.001 verdes. Proporción 3.01 a 1.

En estos 2 experimentos Mendel comprobó que en las vainas bien desarrolladas se presentaban las 2 clases de semilla.

El conjunto de resultados que obtuvo Mendel en la descendencia de los 7 tipos de híbridos fue:

Parentales Descendencia Proporción

híbridos 1ª prueba 5.474 lisas : 1.850 rugosas 2.96 : 1

híbridos 2ª prueba 6.022 cot. amarillos : 2.001 verdes 3.01 : 1

híbridos 3ª prueba 705 tegum. Gris : 224 blanco 3.15 : 1

híbridos 4ª prueba 882 leg.. Hinchadas : 299 arrugadas 2.95 : 1

híbridos 5ª prueba 428 leg. Verdes : 152 amarillas 2.82 : 1

híbridos 6ª prueba 651 flores axiales : 207 terminales 3.14 : 1

híbridos 7ª prueba 787 tallo largo : 277 corto 2.84 : 1

Mendel calculó como media un 2.98 a 1, muy próximo a la proporción 3 : 1, en el conjunto de las formas dominantes frente a las recesivas.

Así, se resume **la segunda Ley de Mendel o principio de segregación:** Los caracteres recesivos, latentes en la primera generación filial (F1), reaparecen en la segunda (F2), e la proporción 3 dominantes por 1 recesivo.

La segunda generación a partir de los híbridos (F3) :

Mendel comprueba que las formas que en la generación F2 presentaban el carácter recesivo, seguían presentándolo en la generación F3. Por eso señala que su descendencia permanece constante. Pero encuentra distinto comportamiento en las formas de carácter dominante de la generación F2. de ellos, 2/3 siguen produciendo descendientes dominantes y recesivos en la proporción 3 a 1, mientras que las del otro tercio conservan constantes el carácter dominante.

Las experiencias individuales y los resultados numéricos concretos fueron:

Experimento 1: de 565 plantas de semillas lisas en primera generación, obtuvo 193 produjeron sólo semillas lisas, es decir, mantuvieron constante el carácter, y 372 produjeron a la vez semillas lisas y rugosas en la proporción 3 : 1. De ahí, que el número de híbridos frente al de formas constantes fuese 1.93 : 1.

Experimento 2: de 519 plantas de cotiledón amarillo en la primera generación obtuvo 166 de cotiledón amarillo, mientras que 353 en la proporción 3 : 1, dieron amarillo y verdes. Por tanto, una proporción entre híbridos y formas constantes de 2.13 : 1.

Para los restantes 5 experimentos se seleccionaron 100 plantas que poseían el carácter dominante en la 1ª generación y se obtuvo:

Experimento 3: la descendencia de 36 plantas produjo tegumento de semilla de color gris, y de 64 unas eran gris y otras blancas.

Experimento 4: 29 plantas dieron legumbre hinchadas, 71 dieron hinchadas y arrugadas

Experimento 5: 40 plantas dieron vainas verdes, y en 60 se vieron vainas verdes y amarillas.

Experimento 6: 33 plantas produjeron flores axilares, y 67 produjeron axilares y terminales.

Experimento 7: 28 plantas dieron tallo largo, pero en la descendencia 72 dieron tallo largo y algunas tallo corto

En cada experimento fue constante el número de plantas que presentaban el carácter dominante. Las 2 primeras experiencias son muy significativas, puesto que comprenden un número elevado de plantas. Dando un promedio de 2 : 1. Pero el resultado del experimento 5 muestra una mayor desviación, por ello Mendel lo repitió, obteniendo resultados más aproximados de 65 : 35, frente al 60 : 40 anterior. Por todo ello, aseguró que la razón promedio era 2 : 1, demostrando el hecho de que de las formas que poseen el carácter dominante en la primera generación, 2 son portadoras del carácter híbrido, por una del carácter dominante.

Así comprueba Mendel que la razón 3 : 1 con la que se verificaba la distribución de dominancia y recesividad en la primera generación, se resuelve ella misma en la razón 2 : 1 : 1 al distinguir entre carácter dominante como híbrido y como parental.

Todo ello nos lleva a enunciar de forma moderna la **Tercera ley de Mendel o principio de combinación independiente**: los miembros de parejas alélicas diferentes se combinan de modo independiente cuando forman los gametos de un individuo híbrido para los caracteres correspondientes. Considerando miembros de parejas alélicas diferentes aquellos que llevan información para distintos caracteres, y por alelo cada una de las formas alternativas de un gen.

Un concepto importante que sigue utilizándose en la actualidad es el de Segregación Mendeliana: Ajuste a los principios mendelianos de las clases y frecuencias genotípicas y fenotípicas obtenidas en la descendencia de un cruzamiento.

4 – El papel de Carl Nägeli y otros científicos

Los resultados obtenidos por Mendel no fueron desconocidos por el conjunto de los científicos de su época. Ya que Mendel defendió sus teorías desde una sociedad científica, la Sociedad de Naturalistas de Brno, y la publicación de sus trabajos en una revista científica, la editada por esa misma sociedad. La tirada de revistas en la que aparecía el artículo de Mendel fue de 500 ejemplares. Además, Mendel reservó unos 40 ejemplares para enviárselos personalmente a aquellos científicos que él consideraba que pudieran estar más interesados. Uno de los destinatarios fue el botánico suizo Carl Wilhelm von Nägeli, que era una de las figuras de referencia en biología y concretamente en botánica.

Otro destinatario de la monografía de Mendel fue el austriaco Anton Kerner von Marilaun, profesor de botánica en la Universidad de Innsbruck, y más tarde en la de Viena.

Por todo ello, se puede afirmar que el trabajo de Mendel más que desconocido, no fue comprendido en aquellos años. Por eso fue poco citado, y cuando se citaba siempre era en el marco que enfrentaba a evolucionistas, saltacionistas y mutacionistas.

- Los evolucionistas saltacionistas entienden la evolución como un progreso que tiene lugar a saltos acelerados, más que a través de continuas transformaciones.
- Si la saltación se entiende como una mutación se habla de evolucionistas mutacionistas, que consideran que las variaciones heredables surgen súbitamente, o también puede entenderse debida a cualquier otro mecanismo.

Uno de los que se refirieron a los trabajos de Mendel antes de 1900 fue el médico y botánico alemán Wilhelm Olbers Focke, que en 1881 publicó Los híbridos de las plantas, donde cita a Mendel varias veces, señalando sobretodo las razones numéricas constantes calculadas por el mismo.

La correspondencia con Carl Nägeli:

Esta constituida por 10 cartas que Mendel envió entre 1866 y 1873 a Carl Nägeli, profesor de botánica en la Universidad de Munich en esos momentos. Estas cartas fueron publicadas por Carl Correns en Cartas de Gregor Mendel a Carl Nägeli en 1905. Correns señalaba que se trataba de cartas muy meditadas de las que seguramente debieron hacerse borradores, y que se trataba fundamentalmente de la marcha de los experimentos antes que de cuestiones personales.

Las cartas escritas por Mendel son bastante extensas. Aparte de las 10 cartas principales a las que se hacen referencia, puede existiera alguna carta más, cuyo contenido fueran semillas, hojas, flores o plantas vivas. En la primera carta, Mendel da cuenta de los resultados que ha obtenido en sus experimentos con diferentes variedades de Pisum. La respuesta de Nägeli se demoró unos meses, y le animó a Mendel a proseguir con sus experimentos. Al mismo tiempo, Nägeli le envió algunos de sus trabajos, y le pidió que le enviara algunas semillas.

En las siguientes cartas de Mendel a Nägeli, además de exponer la marcha de los trabajos científicos, también aparecían otros asuntos que en aquellos momentos atraían mucho la atención de los científicos.

De la correspondencia entre Mendel y Nägeli, puede concluirse que Mendel continuó sus experimentos sobre hibridación incluso después de publicar su trabajo sobre guisantes. Pese a tener cada vez menos tiempo por las obligaciones que asumió en el monasterio, Mendel no abandonó nunca la investigación científica, siguiendo siempre los trabajos de otros científicos que investigaban en temas cercanos a sus intereses.

5 – Otros trabajos científicos de Mendel

Mendel es conocido por su trabajo Experimentos de hibridación en plantas, publicado en 1866, en el cual se encierran las leyes fundamentales de la herencia. El resto de su producción escrita es poco conocida.

Los primeros trabajos científicos publicados por Mendel vieron la luz en las páginas de las Actas de la Sociedad Zoológico-Botánica de Viena, en 1853 y 1854. En uno de ellos trataba los daños que causa la oruga *Botys marginalis* en los jardines.

El segundo trabajo publicado de Mendel aparece en estas mismas Actas, donde se aborda el tema de los daños que ocasiona el escarabajo del guisante en la región de Brno y se le señala como responsable de fecundaciones accidentales al portar el polen de una planta a otra.

Además, Mendel realizó publicaciones sobre observaciones y fenómenos meteorológicos. Su interés por estos fenómenos le llevó a pertenecer a la Sociedad de Meteorología Austríaca. Todas sus observaciones fueron publicadas en 5 entregas por la Sociedad de Naturalistas de Brno. En este grupo de trabajos se incluyen otros 3 trabajos, en los que se describen daños puntuales producidos por unas condiciones meteorológicas adversas. El primero de ellos se denomina El vendaval del 13 de octubre de 1870 y donde Mendel hace un comentario que realza las creencias de la época, ya que hace referencia al temor de la gente hacia estos temporales porque creían que se debía a la acción del diablo.

Los otros 2 trabajos, más breves, se publicaron en la Revista de la Sociedad de Meteorología Austríaca. Uno sobre la lluvia y las tormentas en la región de Brno.

Por otra parte, además del experimento con guisantes, sólo realizó otro trabajo sobre hibridación, en este caso sobre los híbridos del *Hieracium* obtenidos por fecundación artificial. La obra se llama Sobre algunos híbridos de *Hieracium* obtenidos por fecundación artificial. Este trabajo, menos brillante que el realizado sobre el género *Pisum*, fue publicado en 1869 en las Actas de la Sociedad de Naturalistas de Brno. Al final del trabajo, Mendel señala que existen diferencias entre estos experimentos y los realizados sobre *Pisum*. Las causas de estas diferencias no se sabrían hasta 1904, con los experimentos de Ostefeld, quien pensó que la apogamia (reproducción asexual) era la responsable de la distinta variación en las 2 clases de experimentos.

6 – Etapa final de su vida

En marzo de 1868 Gregor Johann Mendel fue elegido por unanimidad abad del monasterio agustiniano de Brno, a sus 45 años. Esta nueva responsabilidad iba a apartarle poco a poco de su actividad docente y experimental. Así en el año 1873 Mendel dice textualmente:

Soy realmente infeliz al tener que descuidar mis plantas y mis abejas

Mendel se refería a las abejas porque había tenido colmenas en las que registraba distintos acontecimientos, como el momento de instalación de la reina, etc. Además, fue uno de los fundadores de la Sociedad Apícola de Moravia.

Volviendo a su elección como abad, Mendel se preocupó por el progreso espiritual de cada uno de los miembros de la comunidad, así como por la vida en común de toda la familia religiosa. También trabajó por conseguir un mayor ambiente cultural en la ciudad de Brno, para lo que promovió cursos y exposiciones, e incluso junto con sus consocios de la Sociedad de Naturalistas intentó crear sin éxito una universidad en la ciudad.

A pesar de las nuevas ocupaciones que asumió, pudo continuar hasta 1869 con las observaciones meteorológicas. Llegando a publicar algunos trabajos en los que se describían los daños provocados cuando las condiciones atmosféricas se volvían adversas, como los vendavales y las tormentas. Para recoger los distintos datos estableció un puesto meteorológico en el monasterio.

En 1869 fue cuando anunció sus trabajos sobre los híbridos de *Hieracium*, que fueron la causa de que Mendel enfermara de la vista en ese mismo año, debido a la difícil eliminación de las anteras de las inflorescencias. Para ello había fabricado un aparato de iluminación que actuaba con la luz solar, pero este aparato le dañó los ojos, y estuvo varios meses convaleciente hasta que se le curaron por completo las lesiones.

Por otra parte el cargo de abad influyó para que Mendel entrase a formar parte de la junta directiva de instituciones y sociedades de toda índole. Así, se integró en 1870 en el comité directivo de la Sociedad de Agricultura, y fue presidente del Banco Hipotecario de Brno, entre 1880 y 1883.

En esta última etapa de su vida, sostuvo una gran discusión con el Gobierno debido a una ley de 1874 que sometía a la Iglesia a la acción y supervisión del Estado en temas como el nombramiento de eclesiásticos, propiedad y ejercicio del culto, etc. Esta ley estipulaba que los monasterios debían de pagar para el sostenimiento del clero y el culto católico, pero como Mendel se negó a pagarlo por considerarlo ilegal, le fueron embargados algunos bienes al monasterio.

La salud de Mendel se fue debilitando por causa de un edema general que le inundaba el cuerpo de líquido. Su fallecimiento se produjo en Brno el 6 de enero de 1884, a los 61 años de edad. A su entierro acudieron personalidades del mundo religioso, de los distintos ámbitos sociales y científicos. Fue enterrado en una tumba de los agustinos en el cementerio central de Brno. Los naturalistas y las Sociedades elogiaron al miembro que acababa de fallecer.

Pero los naturalistas de aquella época siguieron sin comprender el mérito científico de Mendel. Ni ellos, ni los ciudadanos de Brno fueron conscientes de los importantes trabajos que se habían llevado a cabo en el monasterio de su ciudad hasta después de 1900. En 1910, en la plaza del monasterio se erigió un monumento a Mendel. Y en 1922, al cumplirse el centenario de su nacimiento, con motivo de celebrarse una reunión científica en Brno, se inauguró en el monasterio el Museo Mendel.

7 – Redescubrimiento de las leyes de Mendel

Se apunta al año 1900 como el de inicio de la ciencia genética por ser ese año cuando 3 investigadores: el holandés Hugo de Vries, alemán Carl Correns, y el austriaco Tschermak-Seysenegg, redescubrieron de forma simultánea e independiente los trabajos de Mendel. Los tres trabajaban desde hacía algunos años en estudios de variabilidad de plantas. Al leer la obra de Mendel reconocieron su importancia, ya que servía para interpretar los datos que ellos habían obtenido, y porque contenía lo que debían considerarse las leyes generales de la herencia.

Es de destacar como en 1899 William Bateson había presentado una comunicación a un Congreso Internacional donde señalaba como objetivos a conseguir lo que Mendel ya había hecho 34 años antes. Fue el mismo Bateson quien propuso en 1907 el nombre de genética para la nueva disciplina emergente.

De Vries publicó 3 trabajos en 1900: La ley de la segregación de los híbridos, Sobre la segregación de los híbridos, y Sobre las unidades de los caracteres específicos. En el primero de estos trabajos, realizó numerosas referencias a Mendel, y puede que incluso tomara datos de los estudios propios de Mendel.

El botánico alemán Carl Correns, era profesor de botánica desde 1892 en la Universidad de Tubinga, y experimento con guisantes, alubias, maíz y otras plantas de cultivo hacia 1894. En uno de sus trabajos, Correns hizo alusión directa a las leyes de Mendel. En su trabajo de 1900, Correns señala que en sus experimentos con Maíz y guisantes había llegado a las mismas conclusiones que De Vries. Ambos en un primer momento creyeron que habían descubierto algo nuevo, pero no tardaron en convencerse de que Gregor Mendel había realizado los mismos experimentos muchos años antes y había llegado a las mismas conclusiones que ellos.

En cuanto al austriaco Erich Tschermak-Seysenegg, el más joven de los 3 redescubridores, cabe mencionar

que en 1898 comenzó en Gante sus experimentos con híbridos de guisantes. Esto le llevaría a conocer el trabajo de Mendel sobre guisantes. En 1900 publicó su trabajo: Sobre la hibridación artificial en *Pisum sativum* en una serie de revistas científicas, donde da cuenta del resultado de sus experimentos y reconoce el mérito del método seguido por Mendel y las conclusiones por él obtenidas. Además, adoptó los términos mendelianos de dominante y recesivo.

El triple redescubrimiento de las leyes de Mendel por un holandés, un alemán y un austríaco, llamó la atención de numerosos investigadores, que empezaron a familiarizarse con los principios de la herencia y que se interesaron por la comprensión del fenómeno en toda clase de seres vivos.

8 – El mendelismo a inicios del siglo XX

Como puede suponerse, los biólogos no aceptaron inmediatamente el esquema mendeliano. En la primera década del siglo XX, muchos científicos mostraron su escepticismo y hostilidad a las nuevas leyes de la herencia. Hay que pensar que seguían vigentes conflictos ideológicos, como el contrario al evolucionismo, por lo que muchos se negaron a admitir la herencia de los caracteres mientras no existieran pruebas concluyentes.

El trabajo de Mendel, que parecía tener a su favor el carácter matemático, chocó con los biometristas ingleses. Éstos eran en su mayoría neodarwinistas, y les venía mejor admitir la herencia como algo continua antes que los discontinuos factores mendelianos.

Entonces fue cuando Bateson se convirtió en el mayor defensor del mendelismo en Inglaterra. Además. Decidió comprobar él mismo las leyes de Mendel, y realizó pruebas en plantas y animales. De este modo, Bateson introdujo poco a poco las ideas mendelianas en el círculo científico inglés, hasta que en 1904 la Sociedad británica para el avance de la ciencia vivió uno de los peores enfrentamientos entre biólogos. Finalmente acabó aceptándose la teoría mendeliana, aunque no mayoritariamente, ni mucho menos de forma súbita.

Entre los defensores del trabajo de Mendel cabe destacar Walter S. Sutton, estudiante de postgrado en la Universidad de Columbia, quien sugirió que los cromosomas podían ser los portadores de los factores heredables apuntados por Mendel.

Entre los biólogos que pusieron más objeciones a la teoría mendeliana se encuentra Thomas Hunt Morgan, quien años más tarde recibiría el premio Nobel de medicina por demostrar la validez de los principios mendelianos en la teoría general de la herencia.

Las principales objeciones que Morgan encontraba en 1909 a las leyes de Mendel eran:

- 1 – aunque podían ser válidas en los guisantes, no se había probado su validez para la mayoría de los organismos, especialmente en animales.
- 2 – la dominancia y la recesividad no explicaban la herencia del sexo en la proporción 1 : 1 ¿qué factor sexual es el dominante y cual es el recesivo?
- 3 – las categorías de dominante y recesivo no siempre se mostraban de forma nítida, ya que a veces surgían descendientes que parecían mostrar caracteres intermedios entre ambos.
- 4 – no se habían encontrado pruebas concretas de los factores mencionados por Mendel.

Pero Morgan, que desde 1908 criaba en su laboratorio la mosca de la fruta, *Drosophila melanogaster*, observó que entre el conjunto de su población de ojos rojos apareció un individuo con ojos de color blanco. Cruzó este ejemplar con una hembra normal de ojos rojos, obteniendo en la descendencia 1.237 moscas con ojos rojos.

Se trataba de híbridos que de acuerdo con el patrón mendeliano, manifestaban el carácter dominante. A continuación cruzó entre sí híbridos de esa primera generación y obtuvo para la segunda 2.459 hembras de ojos rojos, 1.011 machos de ojos rojos y 782 machos de ojos blancos. Ni una sola hembra de ojos de color blanco. Aquí podía residir una de las pautas que más le preocupaba a Morgan sobre la herencia de los caracteres, la herencia ligada al sexo.

Morgan se esforzó por encontrar alguna explicación a estos resultados. A partir de 1910, Morgan se atrevió a concluir que el factor correspondiente al color de ojos estaba ligado a la pareja de cromosomas sexuales. Lo ilustra diciendo que en sus experimentos el abuelo, ha transmitido esa característica particular a los nietos, pero no la ha transmitido a ninguna de sus nietas.

Desde 1911 a 1915, Morgan, con un selecto grupo de jóvenes colaboradores de la Universidad de Columbia, obtuvo resultados espectaculares en la localización de los factores en los cromosomas. Ya en 1911 el mismo Morgan propuso la idea de que era posible ordenar los factores mendelianos en línea recta sobre el cromosoma, de manera que se podía determinar la distancia relativa entre estos. Pero fue en 1915 cuando Morgan y sus colaboradores publicaron el libro *El mecanismo de la herencia mendeliana*, donde sintetizaron los resultados de todos sus experimentos con *Drosophila*, y a su vez, una de las obras más importantes de la época. Ya que en esta obra se exponen las bases de la teoría mendeliana en el mundo animal y vegetal, con su correlación con los conocimientos citológicos. Hasta entonces, se pensaba que los factores de Mendel eran unidades físicas que estaban situados sobre los cromosomas, y que los que estaban sobre un mismo cromosoma se transmitían juntos. Pero a partir de 1909, el danés Wilhelm L. Johannsen había propuesto la denominación de gen para la unidad de herencia biológica, que sería equivalente al factor de Mendel. Finalmente lo que la teoría cromosómica establece es que los genes están alineados en los cromosomas. También a Johannsen se debe la distinción entre los términos genotipo y fenotipo.

Volviendo a Morgan, hay que señalar la publicación en 1919 y 1926, de otras 2 obras muy importantes para el desarrollo posterior de la genética, tituladas *La base física de la herencia*, y *La teoría del gen*. En ellas aborda los aspectos conceptuales de la teoría mendeliana a la luz de los últimos descubrimientos sobre la división celular. De este modo, tras sus experimentos con la mosca de la fruta, este genetista estadounidense había cambiado totalmente de pensamiento, pasando de detractor de los principios de la herencia mendeliana a ser uno de sus más firmes partidarios en los Estados Unidos y en todo el mundo.

Por todo ello se puede decir que a partir de la etapa morganiana, el mendelismo fue considerado como la piedra angular de la Genética. Sobre sus principios se cimentó todo el cuerpo de doctrina de esta ciencia que se ha llenado de contenido sin perder su esencia fundamental.

9 – Introducción del mendelismo en España

Debido a que no hubo ediciones en español del trabajo clásico de Mendel sobre guisantes hasta 1940, esto nos lleva a pensar que Mendel fue poco conocido por los científicos españoles de las primeras décadas del siglo XX y que, por tanto, sería difícil que existieran cultivadores de la genética experimental en España.

Pero eso no fue así, ya que las ciencias naturales se cultivaban en esos años en nuestro país acercándose en la medida de lo posible a las tareas investigadoras que se llevaban a cabo en el ámbito internacional. Esta línea de acercamiento fue propiciada por el Museo Nacional de Ciencias Naturales desde 1901, y más concretamente por la persona de Ignacio Bolívar Urrutia, quien potenció la creación de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE).

En 1913 se estableció en su sede un Laboratorio de Biología, con la dirección de Antonio de Zulueta y Escolano, que orientó desde un primer momento al laboratorio hacia la investigación en el terreno de la genética experimental.

La JAE fue el principal instrumento de la política científica española del primer tercio del siglo XX. A nivel administrativo sirvió como escuela de estudios superiores. Esta institución estaba presidida por Santiago Ramón y Cajal, y en ella se integraron todos los institutos biológicos que existían hasta el momento.

Gracias a una de las becas de la JAE, José Fernández Nonidez llegó en 1917 a la Universidad de Columbia, donde trabajaban Morgan y su escuela.

Hasta este momento, Antonio Zulueta y Escolano y José F. Nonidez, fueron los principales responsables de la introducción de la genética en España. La trayectoria de Zulueta fue muy brillante en investigación, pero atendiendo también a la divulgación, y la de Fernández Nonidez fue decisiva en la difusión de la teoría cromosómica–mendeliana en España. La obra más importante de Nonidez es La herencia mendeliana. Introducción al estudio de la genética, donde expone las leyes de Mendel, su aplicación en animales y vegetales, y también trata temas más actuales de la genética mendeliano–morganiana, como los cromosomas sexuales, la herencia ligada al sexo, ligamiento, etc.

En cuanto a Antonio de Zulueta, cabe destacar sus investigaciones con *Phytodecta variabilis*. Dedicándose a los estudios experimentales en los últimos años de la segunda década del siglo XX. Esta especie utilizada es un coleóptero crisomélido que en esos momentos era muy abundante en los alrededores de Madrid y en otras zonas de la península. Y puede afirmarse que fue el primer investigador del mundo en demostrar la existencia de genes en el cromosoma Y, ya que los encontró mientras que los investigadores de Morgan creían que el cromosoma Y estaba vacío de genes. Este descubrimiento fue publicado en 1925. estas investigaciones de Zulueta fueron reconocidas por Morgan en 1926, en un artículo que recopilaba los principales avances de la genética en los últimos años. Finalmente, en 1930, Zulueta viajó hasta California para trabajar en el laboratorio de Morgan, para localizar determinados genes en *Drosophila melanogaster*.

Pero los casos de F. Nonidez y de Zulueta, aunque fueron los más brillantes, no fueron los únicos, también destacaron la doctora Gimena Fernández de la Vega y Roberto Novoa por aplicar las leyes de Mendel a la herencia humana. También cabe destacar las investigaciones de Manuel Bordás a principios de los años 20 sobre la conjugación de los cromosomas homólogos en la meiosis, y de los ingenieros agrónomos Cruz Gallástegui y Ramón Blanco sobre mejora agrícola.

Con todo lo dicho hasta aquí puede concluirse que los investigadores españoles estuvieron en sintonía con los de aquellos países como Estados Unidos, Dinamarca, Noruega, Suecia e Inglaterra, en los que la investigación genética brotó con fuerza.

FIN

Bibliografía

El fundador de la genética: Mendel. – Alberto Gomis ed. Nivola

El monje en el huerto – Robin Marantz Henil ed. Debate

www.liderazgoymercadeo.com/bio_mendel.asp

www.ciencianet.cl/segunda/doc2htm#bio

www.umn.edu/ships/updates/9MENDELS.JPG

<http://clab.cecil.cc.md.us/faculty/biology1/sweetpea.gif>

www.mzm.cz/images/premety_mendel_fotografie_zahradka.jpg

