

**CONFERENCIAS, MESAS REDONDAS Y
CONCIERTOS (1987 - 1988)**

NACIMIENTO DE LA GENÉTICA: HERENCIA Y EVOLUCIÓN

María Dolores Ochando González

Profesora Adjunta de Genética. Universidad de Madrid

22 de mayo de 1984

Hace 2 años celebrábamos el centenario de la muerte de una de las figuras más canónicas de la historia de las Ciencias, más aún, de la historia entera de la humanidad- Charles Darwin, conocido dentro y fuera del mundo científico por su teoría de la evolución por selección natural. Hoy, debemos el homenaje también en el centenario de su muerte, a otro miembro insigne del mundo científico, menos conocido popularmente, pero igualmente extraordinario en sus investigaciones: Gregor Mendel, quien con el enunciado de sus famosos Principios hoy conocidos como las leyes Fundamentales de la Herencia, es considerado el fundador de la Genética esa Ciencia de tan rápido crecimiento y de tan prometedor futuro.

Pero las relaciones entre Darwin y Mendel no son meramente históricas, de coetaneidad, sino y muy fundamentalmente, científicas. La publicación de las experiencias de Mendel, siete años después de que saliese a la luz la 1ª edición del famoso libro de Darwin "El origen de las especies", pasó totalmente desapercibida. El mundo científico estaba muy atareado en la polémica evolutiva prestar atención a esa oscura publicación que era la revista de la Sociedad Científica de Brunn: y por otro lado, ese núcleo en el que se movía Mendel no constituía un grupo sentado en la ciencia del momento. Y no obstante, Mendel había resuelto el más grave problema darwiniano, el punto más débil de su teoría, la herencia. Paradojas de la historia. Y paradoja de la ciencia, el hecho de que con el redescubrimiento de las Leyes Mendel, en 1900, se asesta un duro golpe a la teoría evolutiva, y queda abierta una brecha entre esta y la de la herencia que no se cerrará hasta casi, 4 décadas después.

Hoy, no obstante, sabemos que Herencia y Evolución constituyen 2 caras de la misma moneda. La esencia de la vida: su unidad y su diversidad, son el reflejo de esa herencia y esa evolución. La Genética trata de las cosas "próximas" de la vida, la evolución, con las causas últimas del mismo proceso. Hoy no es posible separar una de la otra cuando tratamos de ahondar en los misterios de la vida.

Y creo que esto justifica el título y desarrollo de este trabajo.

Antes de pasar a exponer las experiencias de Mendel, me gustaría hacer un brevísimo repaso histórico de las ideas que sobre el proceso hereditario existieron antes del siglo XIX.

Los primeros en ocuparse de este tema, como de muchas otras cosas, fueron los griegos. Con ellos se introduce la filosofía especulativa en la Ciencia. Y concretamente con Hipócrates (siglo V a. C) tenemos la primera teoría conocida sobre la herencia. Según Hipócrates, el semen concentraba en su interior pequeños elementos representativos de todas las partes del cuerpo paterno y de esta manera se transmitía la herencia y el reflejo de las características paternas en la descendencia. Aristóteles (384-322 a. C), fue más

allá y propuso que el semen, más que proporcionar los elementos constituyentes del embrión, aportaba un "plan", según el cual la sangre informe de la madre debía ser "modelada" en el descendiente. En definitiva, la hembra proporcionaba la "sustancia", y el macho la "forma" a través del fluido seminal ("aura seminalis"). Era una visión, en parte filosófica, y en parte mística, pero ciertamente avanzada y penetrante del problema.

Durante los 22 siglos siguientes, fue olvidada esta profunda idea aportada por Aristóteles, y la creencia en la generación espontánea constituyó la idea predominante.

No es hasta el siglo XVIII cuando surge una noción incluso más simple que la doctrina de Hipócrates: el preformacionismo a pesar de que los avances en otros campos de la biología habían permitido identificar ya a las células sexuales, o quizá precisamente por ello. Para el preformacionismo el proceso de desarrollo (aunque no entendido en el significado actual del término), era un simple desplegarse de un diminuto enano preformado u homúnculo, presente en el semen del padre o en la sangre de la madre, como muñecas rusas o cajas chinas.

Pero esta doctrina no tardó mucho en ser desechada. Había muchos puntos clave en la herencia que no explicaba, por ejemplo, como Maupertius señalaba el parecido que puede mostrar la progenie con ambos parentales. Y así, a finales del siglo XVIII, y a principios del XIX, la preformación fue sustituida por la epigénesis, no en el sentido que actualmente se entiende por éste término, sino en el de aparición "de novo" durante el desarrollo, de tejidos y órganos que conforman el individuo adulto, a través de misteriosas fuerzas.

Y ya en pleno s. XIX, y en estrecha relación con las teorías evolutivas de la época, especialmente, con la creencia en la herencia de los caracteres adquiridos, surgen las nuevas ideas sobre la herencia.

Es además esta la época en que Pasteur realiza sus célebres experimentos y demuestra sin lugar a dudas que la generación espontánea no existe.

Llegados a este punto, debemos volver la mirada hacia lo que constituía la máxima preocupación científica de la época: la evolución.

Y obviamente, hablar de evolución significa hablar de Darwin (1809-1882).

Darwin no fue el primero en proponer una idea de cambio, de transformación de unas especies en otras. Él mismo señaló no menos de 20 predecesores en el tema. Sin olvidar el caso más próximo en el tiempo, alguna de cuyas ideas aceptaba el propio Darwin. Me refiero a Lamarck (1744-1829). Lamarck es hoy conocido principalmente por sus errores ("herencia de los caracteres adquiridos", "uso y desuso"), cuando precisamente este error fue aceptado por Darwin, a quien hoy se le conoce casi exclusivamente por sus aciertos. Y no obstante, el desarrollar unas ideas transformistas, de progreso evolutivo, en una época que todavía la creencia en la generación espontánea y la fijeza de las especies, era predominante en el mundo científico, demuestra el indudable reconocimiento que debemos a Lamarck, a pesar de que sus ideas fueron en gran parte especulativas contrariamente al caso de Darwin.

El gran mérito de Darwin reside en dos puntos:

- la recopilación de gran cantidad de datos sobre los que basar sus ideas.
- la búsqueda de una explicación causal a esos datos observados.

No vamos a hacer un planteamiento exhaustivo de la vida y obra de Darwin, por todos conocidas, sobre todo tras los múltiples homenajes celebrados en su memoria hace dos años; pero sí debemos traer a la memoria los puntos principales de su teoría, analizar sus ideas hereditarias, y detenemos en las consecuencias e implicaciones de unas sobre otras (ideas sobre la herencia versus ideas sobre la evolución).

En la gestación, elaboración y desarrollo de la teoría darwiniana, confluyen diversos hechos:

- su viaje a bordo del Beagle
- sus lecturas geológicas (LYELL) y socio-económicas (MALTHUS)
- su conocimiento de la selección artificial practicada por el hombre
- anatomía y embriología.

Todo ello le permitió acumular una gran cantidad de información, que está en la base de su teoría respecto a :

- distribución biogeográfica de los organismos
- similitud de organismos de diferentes áreas
- adaptación
- variabilidad en la naturaleza y en domesticidad
- imposibilidad de un crecimiento ilimitado de las poblaciones.

Así Darwin, estaba preparado para la elaboración de su teoría. Y aunque no es hasta 1859 cuando publica su famoso libro "El origen de las especies por medio de la selección natural o la conservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida", ya en 1842 escribía en su diario:

".. .tracé (cinco años después de haberlo iniciado) un esquema a lápiz de mi teoría de las especies"

Y no puedo sustraerme ahora a un par de citas textuales donde quedan reflejadas, obviamente con la máxima exactitud, las ideas de Darwin respecto a la evolución en general, y respecto a su concepción de la selección natural en particular.

Así expresa su idea de la selección natural:

"Puede, pues, parecer improbable, después de ver que indudablemente se han presentado variaciones útiles al hombre, que otras variaciones útiles en alguna medida para cada ser en la gran y compleja batalla de la vida ocurran en el transcurso de muchas generaciones sucesivas?. Si esto ocurre ¿podemos dudar—y recordemos que nacen muchos más individuos de los que es posible que sobrevivan— de que los individuos que tengan cualquier ventaja, por ligera que sea, sobre otras, tendrían más probabilidades de sobrevivir y procrear su clase? Por el contrario, podemos estar seguros de que toda variación perjudicial, aún en el grado más ínfimo, sería

rigurosamente destruida. A esta conservación de las variedades y diferencias individualmente favorables y la destrucción de las que son perjudiciales, la he llamado selección natural".

Respecto a su concepción general sobre la evolución, ya en la Introducción de su obra hace un breve resumen de sus pruebas e ideas y la termina así:

"Aunque es mucho lo que permanece oscuro, y permanecerá durante largo tiempo, no puedo abrigar la menor duda, después del estudio más detenido y desapasionado juicio de que soy capaz, de que la opinión que la mayor parte de los naturalistas mantuvieron hasta hace poco, y que yo mantuve anteriormente, o sea, que cada especie ha sido creada independientemente, es errónea. Estoy completamente convencido, no sólo de que las especies no son inmutables, sino de que las que pertenecen a lo que se llama el mismo género son descendientes directos de alguna otra especie, generalmente extinguida, de la misma manera que las variedades reconocidas de una especie cualquiera son los descendientes de esta. Además, estoy convencido de que la selección natural ha sido el más importante aunque no el único medio de modificación".

En definitiva, y resumiendo, Darwin parte de la observación de la variabilidad, y a partir de ella, de la selección, en la lucha por la existencia, de las variantes que confieren ventaja a sus portadores.

Pero el propio Darwin no era ajeno al conocimiento de las dificultades de su teoría, y de hecho dedica varios capítulos de su obra a exponer las dificultades y objeciones a la misma.

El punto de partida en la teoría darwiniana, la variabilidad, y la necesidad de que ésta fuese hereditaria para que tuviese efecto la selección natural, constituyó su mayor problema, el punto más débil en sus ideas. El desconocimiento que en aquellos momentos se tenía sobre el origen de las variaciones y los mecanismos de la transmisión hereditaria, constituyeron un serio handicap para la teoría de Darwin.

Darwin distinguía dos posibles orígenes de la variabilidad:

1.- Una debida a influencias externas, a modificaciones ambientales y al uso y desuso de los órganos, que actuaría modificando hereditariamente al individuo.

"Pienso que... no hay duda de que en nuestros animales domésticos el empleo refuerza y agranda ciertas partes, y la no utilización disminuye, y que tales modificaciones son transmitibles hereditariamente".

2.- Otra a la que llama innata.

"En conjunto, podemos concluir que el habitat, o el uso y desuso, en algunos casos han desempeñado un papel considerable en la modificación de la constitución y estructura, pero los efectos frecuentemente se han combinado ampliamente y algunas veces han sido dominados por la selección natural de las variaciones innatas".

Pero con ninguna de las dos posibilidades (uso y desuso, y variabilidad innata) daba satisfacción a sus críticos como veremos a continuación.

El otro punto débil de las ideas darwinianas, también en relación con la herencia, era la transmisión de la misma. Era predominante en la época la idea de que la herencia era un proceso de mezcla, como si la transmisión se realizara mediante líquidos, y estas ideas no servían precisamente de poyo a la teoría darwiniana. Como señalaba uno de sus críticos, Fleeming Jenkin, la "herencia mezclada", tenía graves consecuencias para la perpetuación de la innovación evolutiva. Si existía la herencia mezclada, cualquier avance hereditario, cualquier variación, que aconteciese en un individuo quedaría enmascarada en las generaciones sucesivas: los descendientes poseerían esa característica con sólo la mitad de la intensidad, la siguiente generación con sólo un cuarto de intensidad, etc., y pronto los efectos de esa innovación ya no se expresarían, el "líquido" sería uniforme. Ello implicaba la necesidad de un potente mecanismo para producir nuevas variantes hereditarias en gran cantidad.

Darwin pensaba que la herencia del uso y desuso podía solucionar, al menos parcialmente, el problema, puesto que aumentaba la tasa de variabilidad heredada y a pesar de que la idea de la herencia "mezclada" le atraía, pues convenía a su hipótesis básica de que "natura non facit saltum" ("la naturaleza no hace saltos"), fundamento de su creencia de que el cambio evolutivo siempre tiene lugar de forma gradual y lenta, se ve casi obligado a elaborar una teoría sobre la herencia. Y así, en su obra *De la variación de los animales y de las plantas bajo la acción de la domesticación* (2 vols. 1868), elabora una teoría sobre la herencia basándose en la antigua idea de la pangénesis. (Idea que no sólo enarboló Darwin, sino otros muchos científicos de la época).

Idea que desarrolla Darwin, cuando paradójicamente, hacía ya dos años que Mendel había publicado sus experiencias.

Pero veamos como el propio Darwin expone su idea:

"...las células antes de su conversión en materiales formados y completamente pasivos, emiten pequeños granos o átomos que circulan libremente en todo el sistema, y que cuando reciben una alimentación suficiente, se multiplican por división y se desarrollan posteriormente en células semejantes de las que derivan ... Podríamos llamar a estos granos, gémulas ... Suponemos que son transmitidos de padres a hijos, se desarrollan generalmente en la generación que sigue de inmediato, pero pueden transmitirse a menudo durante diversas generaciones en estado latente y desarrollarse más tarde. Suponemos que este desarrollo depende de su unión con otras gémulas ... supongo que las gémulas tienen una afinidad mutua entre sí, de lo que resulta su agregación en brotes o elementos sexuales ... Estas suposiciones constituyen la hipótesis provisional que designó bajo el nombre de pangénesis".

Esta teoría, que Darwin se cuidó bien, como hemos visto, de llamarla "hipótesis provisional", servía para responder a sus críticos:

- 1.- La herencia se transmitía por partículas —gémulas—, sin perder sus propiedades, su individualidad, con lo cual se eliminaba el problema de pérdida de variabilidad.
- 2.- Como las gémulas podían ser modificadas por el ambiente, se daba una posible explicación del origen de la variabilidad.

No obstante, con estas ideas, no quedaban resueltos todos los problemas. Por un lado, se permitía la acción de la selección natural, pero quedaba relegada a un segundo plano, y la propiedad de las gémulas de cambiar y la del ambiente de producir los cambios, se constituían en el auténtico motor de la evolución.

Pero además, contemporáneamente, y sobre todo a partir de finales de la década de 1870, un biólogo alemán, August WEISSMAN (1834-1914) se esforzaba en convencer al mundo científico de manera definitiva (o mejor dicho "casi" definitiva, pues el llamado "lamarckismo" —identificando como tal la creencia en la herencia de los caracteres adquiridos—, ha surgido en algunos momentos del siglo XX —KAMMERER, LYSENKO, etc.—; parece ejercer una especie de fascinación sobre el hombre, que desea que los logros y esfuerzos, y no sólo culturales sino y también físico-biológicos, se perpetúen en los genes como vehículo idóneo para transmitir "herencia", en el sentido más amplio), de que la sustancia hereditaria o "plasma germinal", era transmitido de una generación a la siguiente sin ser influida por los cambios corporales adquiridos por enfermedad, heridas o ejercicio ("continuidad del plasma germinal"). Son famosas las experiencias de Weissman, cortando la cola a unos ratones durante 22 generaciones, y observando que a pesar de ello, los nuevos ratones descendientes siempre poseían cola de tamaño normal.

Pero en definitiva, las ideas darwinianas y otras contemporáneas sobre la herencia, quedaron absolutamente relegadas, casi olvidadas. En realidad la selección natural no implicaba ningún mecanismo determinado de herencia, por ello, de hecho, las ideas de Darwin son fácilmente integrables en la Genética moderna.

Y fue la obra evolucionista de Darwin, el hecho de la evolución y la selección natural como fuerza motora de la misma, la que provocó una auténtica revolución en las Ciencias Biológicas y otros campos del pensamiento. No fue en absoluto ignorada, originó una gran polémica, en algunos casos incluso verbalmente violenta, tanto en el modo científico como en el de la opinión pública en general.

Aceptar la idea de la evolución suponía un drástico cambio en los conocimientos biológicos, pero sobre todo, resultaba duro para muchos científicos aceptar la idea de la selección natural. Y así hubo científicos de prestigio que no aceptaron totalmente las conclusiones darwinianas (Owen, Agassiz, Pasteur, etc.), mientras que otros se convirtieron en fervientes propagadores de estas ideas (Lyell, Haeckel, Wallace, Huxley, Spencer). En definitiva se puede asegurar que el darwinismo se extendió con rapidez entre los naturalistas alcanzando su máxima expansión entre 1870 y 1890. Concluyendo, el interés del mundo científico en esa época se centró sobre estos temas, y aun cuando hubo avances en otros aspectos de la biología, como en el caso de la citología y microscopía, el interés despertado no es comparable con la extraordinaria difusión de la obra de Darwin.

Y así estaban las cosas en Gran Bretaña mientras en el "Continente", como dirían los ingleses, en un monasterio de un pueblo perdido de Moravia, Brünn, hoy perteneciente a Checoslovaquia, y en un marco histórico-científico poco influyente, un monje, llamado Gregor Johann Mendel (1822-1884) realizaba una serie de experiencias en la décadas de 1850 y 1860, con *Pisum sativum*.

Sin embargo, éste, en aquel momento desconocido, monje agustino, estaba resolviendo, sin saberlo, el gran fallo en los argumentos de Darwin: la herencia. Aunque el propio Mendel piensa que conseguir leyes generales aplicables a la formación o desarrollo de los híbridos puede ser de gran importancia.

".. .en relación con la historia de la evolución de los seres orgánicos".

No creemos que llegase a sospechar hasta que grado podría llegar la solución. De hecho, sólo en dos momentos de sus escritos alude a la evolución: uno, el que ya hemos citado en sus "Observaciones introductorias" y otro en sus "Observaciones finales", cuando discutiendo los resultados del renombrado GÄRTNER, y mostrando que podían concordar con su propia teoría, parece disentir de la opinión de éste que los interpretaba como opuestos a la teoría de la evolución. Resulta evidente que sus intereses científicos eran otros.

Mendel tituló sus trabajos "Experimentos de hibridación en plantas", y los presentó en las reuniones del 8 de febrero y 8 de marzo de 1865 de la Sociedad de Ciencias Naturales de Brünn, siendo publicados en las Actas de la Sociedad en 1866.

Mendel representa una personalidad científica totalmente diferente a la de Darwin. Éste naturalista nato, extraordinario observador, con una gran capacidad de síntesis; aquél, cuidadoso experimentador, ejemplo de método científico.

Dos fundamentales características permitieron a Mendel triunfar donde otros habían fracasado.

No fue el primero en realizar cruzamientos y trató de ver las relaciones entre parentales y progenie, pero supo elegir el material y las variables adecuadas:

"El valor y la utilidad de un experimento dependen de lo apropiado que sea el material para el objeto con que se emplea..."

Y supo cuantificar sus resultados estableciendo las relaciones numéricas que le permitieron enunciar sus principios. Mendel había estudiado en la Universidad de Viena, además de Biología, Física y Matemáticas, lo que probablemente le resultó de mucha utilidad en estos trabajos.

En definitiva, Mendel planificó cuidadosamente sus experiencias, persiguiendo unos concretos objetivos:

"El objeto del experimento era observar ... y deducir la ley ..."

"Para someter estas suposiciones a una prueba experimental"

E incluso, comprobadas sus ideas iniciales, fue más allá, tratando de llegar a la posible ley general, aumentando las variables en juego.

Veamos, también ahora haciendo uso de las propias palabras de Mendel, sus experiencias e ideas.

Tras elegir cuidadosamente el material (*Pisum sativum*) y las características a analizar —"...caracteres que se presentan clara y definidamente en las plantas"— realiza una serie de cruzamientos entre plantas que diferían en la manifestación de una determinada característica, y obtiene:

"En cada uno de los 7 cruzamientos, el carácter de los híbridos se parece a una de las formas paternas tan estrechamente..."

"En lo sucesivo, en este trabajo, los caracteres que se transmiten completos o casi sin cambio en la hibridación, y constituyen, por tanto, los caracteres del híbrido, se denominan dominantes y los que quedan latentes en el proceso, recesivos."

"Además, en todos los experimentos se demostró que no importa si el carácter dominante pertenece al progenitor portador de las semillas o del polen; la forma del híbrido es la misma en ambos casos".

Hoy, se conoce a estas conclusiones, con el nombre de 1ª Ley de Mendel, o Ley o Principio de la Uniformidad de la F1.

Continuando con sus cruzamientos, Mendel obtiene una nueva generación de plantas, descendientes de los híbridos anteriores y:

"En esta generación reaparecen, junto con los caracteres dominantes, también los recesivos con sus peculiaridades completamente desarrolladas, y esto ocurre en una proporción media de tres a uno completamente definida, de manera que de cada cuatro plantas de esta generación tres representan el carácter dominante y una el recesivo".

Esta es la 2ª Ley de Mendel o Ley de la Segregación.

Pero Mendel realiza más experimentos, trata de conocer los sucesos en las siguientes generaciones:

"Las formas que en la primera generación presentan el carácter recesivo no varían más en la segunda generación en los que a este carácter se refiere; su descendencia permanece constante.

Es distinto del comportamiento de las que poseen el carácter dominante en la primera generación (descendientes de híbridos). De éstas, dos tercios producen descendencia con el carácter dominante y el recesivo en proporción de 3 a 1 y, por lo tanto, muestran exactamente la misma proporción que las formas híbridas, mientras que sólo un tercio conserva constante el carácter dominante."

"La proporción de 3 a 1, según la cual se distribuyen el carácter dominante y el recesivo en la primera generación se convierte, por tanto, en todos los experimentos, en la proporción de 2:1:1 si el carácter dominante se diferencia según que signifique un carácter híbrido o paterno. Ya que los miembros de la primera generación proceden directamente de la semilla de los híbridos, resulta ahora claro que los híbridos forman semillas que tienen uno u otro de los dos caracteres diferenciales, y de éstos la mitad vuelven a desarrollar la forma híbrida, mientras que la otra mitad producen plantas que

permanecen constantes y reciben el carácter dominante o el recesivo (respectivamente) en igual número."

Como buen científico, tratando de ir más allá en sus conclusiones, Mendel realiza otra serie de cruzamientos, esta vez con más de un carácter simultáneamente:

"En los experimentos descritos antes se emplearon plantas que sólo diferían en un carácter esencial. La tarea inmediata consistió en dilucidar si la ley del desarrollo, descubierta en éstos, es aplicable a cada pareja de caracteres diferenciales cuando varios caracteres diversos se han unido por cruzamiento en un híbrido".

Y llega a la conclusión de que:

"...la descendencia de los híbridos, en que se combinan varios caracteres esenciales diferentes, presenta los términos de una serie de combinaciones, que resulta de la reunión de las series de desarrollo de cada pareja de caracteres diferenciales.

Al mismo tiempo se demuestra que la relación de cada pareja de caracteres diferentes en la unión híbrida es independiente de las otras diferencias y presentan las dos cepas paternas originales".

"...los caracteres constantes que aparecen en las diferentes variedades de un grupo de plantas pueden obtenerse en todas las asociaciones posibles según las leyes (matemáticas) de la combinatoria..."

Y estos resultados constituyen lo que actualmente denominamos como 3ª Ley de Mendel o Principio de la Combinación Independiente.

Realmente las experiencias de Mendel constituyen un auténtico ejemplo de método científico, de cuidadosa experimentación. Los tres principios de ellas deducidos, considerados hoy las Leyes Básicas de la Herencia son una demostración palpable del bien hacer de un científico.

Pero el mérito de Mendel no acaba ahí, aunque es principalmente conocido por esas leyes, hay en sus trabajos otro aspecto, quizá incluso más fundamental, pero al que se ha dedicado menos literatura. Mendel demuestra que la herencia se realiza a través de "elementos" y que estos "factores" hereditarios no se mezclan, como sugerían las teorías prevalecientes de la época; y los elementos de un carácter se combinan independientemente con los elementos de otros carácter sin sufrir influencias uno sobre otro. En definitiva: no hay mezcla, y no hay influencia, la herencia se realiza a través de unidades. Con los conocimientos en aquel momento, era imposible especificar su naturaleza física con mayor detalle. Y de hecho, todavía en 1950, Muller tenía que decir:

"...el verdadero núcleo de la teoría Genética permanece aún en un desconocimiento absoluto..."

No obstante, a pesar de la tremenda trascendencia de los descubrimientos de Mendel, sus trabajos pasaron prácticamente desapercibidos al mundo científico de la época. Algunos autores establecen en unas 8 las referencias a la obra de Mendel entre 1866-

1900, por ejemplo por parte de Focke y Hoffman. Pero estas citas aluden primordialmente al aspecto botánico de la hibridación, y no parecen conceder mayor importancia a los aspectos sobre la herencia. La opinión era que los ejemplos de Mendel de "herencia particulada" eran más bien excepciones a la regla general de "herencia mezclada".

¿Por qué permanecieron los trabajos de Mendel por espacio de 44 años en tan completo silencio? Podríamos decir que el clima científico no estaba preparado para recibirlos pero esto es simplemente eludir una contestación. Aunque no resulta fácil la respuesta podemos aventurarnos a señalar varios hechos que convergieron y pudieron causar, al menos en parte esa ignorancia:

- Uno de ellos, como ya hemos señalado, el interés científico de la época volcado sobre el tema de la evolución.
- Otro, el tipo de caracteres elegidos por Mendel, muy acertadamente para su trabajo, pero que no parecían concordar con la variabilidad menos "drástica" que se observaba en la naturaleza y sobre la que se centraba la atención de los evolucionistas.
- También, la observación muy común, de que los descendientes se parecían a ambos parentales, lo que hacía pensar, como hemos señalado, en una herencia mezclada y no particulada como postulaba Mendel.
- La publicación de los trabajos como nuevas contribuciones al aspecto de la hibridación en plantas que le encajaba en una rama científica concreta a la que simplemente se añadían más datos.
- Posiblemente la cuantificación de los resultados, tan fundamental para extraer conclusiones, pero a la que indudablemente no estaban habituados los naturalistas de la época.
- El lugar en que se leyeron los trabajos y la revista en que se publicaron (Actas de la Sociedad de Ciencias Naturales de Brünn) no tenían demasiada difusión en el mundo científico.
- Y por último, el propio Mendel no tenía muchas relaciones con los científicos influyentes de aquellos tiempos, posiblemente ni él mismo era consciente de la transcendencia de sus descubrimientos.

Pero fuesen éstas y/o otras las causas, el hecho es que los descubrimientos de Mendel dormían en las estanterías de las bibliotecas, mientras otras ramas del saber biológico avanzaban. Y así se llegan a conocer los procesos de división celular (mitóticos y meióticos), y empieza a apuntarse la idea de que esos procesos de división tan elaborados y los elementos que en ellos intervenían podían jugar un papel importante en la herencia (Wilhelm Roux, August Wismann). (Aunque la teoría cromosómica de la herencia no es desarrollada como tal hasta 1903 por SUTTON y BOVERI).

Y así llegamos a 1900, cuando tres investigadores: De Vries, Correns y Tschermak dan a conocer sus propios trabajos y sacan a la luz los de Mendel.

Es esta fecha, 1900, con el redescubrimiento de los Principios o Leyes Mendelianas, la señalada como nacimiento de la Genética, la Ciencia de la Herencia. Momento que constituye no sólo el "comienzo" de una nueva rama del saber, sino también la "culminación" de toda una etapa de la historia de la biología, a la que contribuyeron

muchos hombres hoy englobados en el anonimato que supone la cantidad, pero cuyos trabajos representaron pasos previos necesarios en el cotidiano hacer de la ciencia.

Hugo de Vries, publicó varios artículos, uno de ellos originalmente en alemán en "Berichte Deut. botanischen Gesellschaft, 18, 83-90", en 1900, que termina así:

"A partir de estos y otros numerosos experimentos saqué la conclusión de que la ley de la segregación de híbridos, conforme fue descubierta por Mendel para los guisantes, encuentra muy general aplicación en el reino vegetal y tiene un significado básico para el estudio de las unidades de que está compuesto el carácter de una especie".

Cari Correns, publica su trabajo en la misma revista (18,15 8-168,1900) y lo titula "La Ley de Mendel relativa a la conducta de la progeñie de híbridos variables", y ya en los primeros párrafos dice:

"Pensé que había descubierto algo nuevo. Pero me convencí entonces de que el abad Gregor Mendel, en Brünn, por los años 59 al 70, no sólo obtuvo el mismo resultado a través de extensivos experimentos con guisantes que se prolongaron por muchos años, como lo hicimos de Vries y yo, sino que también dio exactamente la misma explicación, tanto como era posible en 1866".

Pero debemos añadir en honor de CORRENS, que agregó en pruebas una posdata a su trabajo que pone de manifiesto que descubrió una nueva información:

- "1) que en muchos pares de caracteres no existe miembro dominante (p. 126)
- 2) que la ley de Mendel de la segregación no se puede aplicar universalmente (p. 133)".

Los trabajos de Tschermak, también publicados en 1900, bajo el título "Sobre la hibridación artificial en *Pisum sativum*" son más descriptivos, pero no discute los resultados, aunque éstos van efectivamente en la misma línea de Mendel.

En definitiva, con el comienzo del siglo nace esa ciencia que Bateson bautizó cinco años después con el nombre de "GENÉTICA" (del griego "generar" "engen-drar"), rama de la Biología que: "trata de explicar las semejanzas y diferencias entre los organismos relacionados en su ascendencia".

Y estos redescubrimientos marcan una nueva etapa. Es un momento de gran expectación científica, la herencia pasa a ser objeto de un intenso estudio.

Y surge la paradoja, estas nuevas ideas que en principio debieran haber resuelto los problemas que los evolucionistas tenían planteados respecto al origen de la variabilidad y su herencia, sirvieron para desacreditar pasajeramente a Darwin que había ocupado el primer lugar de la escena científica en las anteriores décadas.

La gran euforia mendeliana que siguió al redescubrimiento de las Leyes de Mendel, en vez de servir para reforzar las ideas darwinianas, contribuyó a debilitarlas. Incluso se publicaron libros antiseleccionistas, y se llegó a decir en algunas universidades: "El darwinismo está muerto"

Los mendelianos más interesados en el tema de la evolución, fueron precisamente los más antiseleccionistas (de Vries, Bateson, Johannsen, y en parte Morgan).

Los genéticos experimentales estaban dominados por el pensamiento tipológico en estrecha relación con su desconfianza hacia la selección natural, y su creencia en la importancia primordial de la presión de mutación.

MORGAN, eminente científico de la época. Premio Nobel, (aunque posteriormente reconoce la importancia de la selección natural), en su libro "The Scientific basis of Evolution" (1932), expresa claramente la idea predominante de la época entre los mendelianos. Reconoce tres posibles explicaciones de la evolución: la herencia de los caracteres adquiridos, que rechaza, la selección natural a la que considera únicamente como "purificadora", y la mutación, en su opinión el único factor importante capaz de provocar cambios evolutivos.

De Vries y Bateson, en esa misma línea, consideran que la discontinuidad demostrada por Mendel, era una prueba de que el proceso evolutivo era discontinuo o saltatorio y por tanto no se correspondía con la idea de continuidad presupuesta por el proceso de la selección natural.

Y así, esta dicotomía sobre la variación (continua y discontinua) divide a genéticos y naturalistas en dos grupos. Los primeros partidarios de la que se ha llamado "Hard inheritance" ("herencia dura"), las mutaciones discontinuas como base de la herencia, los segundos creyendo en la "Soft inheritance" ("herencia blanda"), como cambios graduales del material hereditario, y en la que se incluían la herencia de los caracteres adquiridos y otras teorías sobre la influencia directa del ambiente en el plasma germinal (por ejemplo, el "Geoffroyismo"). Éstos argumentando que la herencia postulada por los mendelianos no explicaba hechos como la variación geográfica gradual y la adaptación climática. Y así, y a pesar de los esfuerzos de científicos, como el ya citado Weisman, todavía las dos primeras décadas del siglo están plagadas en la literatura científica de referencias a esa herencia de los caracteres adquiridos.

E incluso, cuando las experiencias de Nilsson-Ehle demostraron que la herencia multifactorial podía explicar perfectamente la herencia cuantitativa con una base particulada, no fue aprovechada la argumentación.

Resumiendo, varios fueron los factores que contribuyeron al establecimiento de esta situación de práctico antagonismo entre darwinianos y mendelianos:

- su sistema de trabajo: los darwinianos eran naturalistas, se basaban en la observación, los mendelianos eran biólogos experimentales, trabajaban en el laboratorio, con plantas cultivadas y animales domésticos (de laboratorio).
- ello conducía a la creencia en tipos de variación diferentes: continua para los naturalistas y discontinua para los experimentadores.
- y consecuentemente, los mendelianos pertenecían al pensamiento tipológico (el individuo mulante es lo importante) mientras que los evolucionistas no.
- sin olvidar que los primeros mendelianos constituían la avanzadilla de una nueva Ciencia, y esto generalmente lleva a posiciones más extremistas.

Y es esta primera etapa de la Genética, que suele cifrarse entre 1900 y 1940, a la que los historiadores han llamado época de la "Genética mendeliano-morganiana" o de la "Genética de la transmisión", en la que se universalizan los principios de Mendel, se establece la Teoría cromosómica de la herencia, se descubren nuevos fenómenos y procesos en relación con la herencia, que amplían y no invalidan las Leyes de Mendel, cuando podríamos decir que los mendelianos se toman la revancha. Las últimas décadas del siglo XX, Darwin pasa a un segundo plano debido a la extensión de las ideas mendelianas.

Y no es hasta el inicio de la década de los 30 cuando por un lado, se cuantifica y por otro se analiza a nivel poblacional, que se adquiere la clara conciencia de que el conocimiento genético es esencial para una completa comprensión del proceso de la evolución, y selección natural y mendelismo empiezan a hermanarse.

Y ello se debió, primordialmente, a los trabajos de Chetverikov (1926), Fisher (1930), Wright (1931) y Haldane (1932).

Chetverikov desarrolló un completísimo estudio de la variación en las poblaciones aplicando la genética mendeliana.

Fisher ("The Genetical Theory of Natural Selection") trata de compaginar la genética particulada de Mendel con las ideas de Darwin. Establece la mayor probabilidad que tienen las mutaciones de efectos pequeños de quedar incorporadas en el genotipo y contribuir a la evolución.

Wright ("Evolution in mendelian populations") elaboró un completísimo y complejo análisis cuantitativo de cómo pueden producirse los cambios en la constitución genética de las poblaciones con intervención de mutación y selección, y azar en el caso de poblaciones de tamaño pequeño.

Haldane ("The causes of evolution") desarrolla también sus ideas a nivel poblacional.

No obstante, no es hasta 1937, con la publicación por Dobzhansky de su libro "Genetics and the origin of species", que no se hermanan totalmente Genética y Evolución, Mendel y Darwin, Unidad y Diversidad del mundo viviente. Este libro, con gran cantidad de datos empíricos, y en un lenguaje más asequible que los anteriores, establece de forma definitiva la Genética de Poblaciones. Variabilidad con arreglo a una teoría cromosómica de la herencia basada en los principios mendelianos y elaboradas principalmente por la escuela de Morgan, y sobre todo ello, la selección natural como eje de la evolución. El concepto de acervo genético de la población mendeliana, y el proceso evolutivo como cambios en dicho acervo. El genotipo del individuo no cambia a lo largo de su vida, y el individuo además es efímero. Las poblaciones pueden cambiar a través de las generaciones y además tienen continuidad de generación en generación.

La inmediata y amplia aceptación de las ideas reflejadas en el libro de Dobzhansky, inicia una etapa en la que múltiples investigadores publican sus libros, que amplían y estimulan las ideas, en base a esa recién nacida TEORÍA SINTÉTICA DE LA EVOLUCIÓN.

Julián Huxley quien introduce el término de "Síntesis evolutiva" ("Evolution: The Modern Synthesis", 1942), Mayr, Simpson, Stebbins, etc.

Y así queda definitivamente asentado el equilibrio entre darwinianos y mendelianos, queda establecida la Genética de Poblaciones como ciencia básica en el estudio del mecanismo de la evolución, evolución que se entiende como un proceso de 2 pasos o etapas:

- 1.- producción de variantes hereditarias por mutación, y secundariamente por recombinación (origen de la variación).
- 2.- transmisión diferencial de esas variantes por actuación de la selección natural sobre ellas.

Y este proceso de fusión, es el que ha conducido a la Biología, en palabras de Prevosti, a encontrar su propia identidad como Ciencia.

Y esta es una breve reflexión sobre el nacimiento de la Genética como Ciencia y sus interrelaciones histórico-científicas con la Evolución.

Pero no me gustaría terminar sin hacer antes una breve referencia al desarrollo posterior de la Genética y a su posición hoy, en 1984, en el mundo Científico.

Tras la época mendeliana, se pasa a una nueva página en la historia de la Genética, la comprendida entre 1940-1960, que representa el nacimiento de la Genética Molecular. Se busca la naturaleza y propiedades del material hereditario (el ADN como material hereditario, el modelo de doble hélice del ADN de Watson y Crick la hipótesis un gen-una enzima, el principio de colinealidad, el desciframiento del Código Genético,...). Y con ello, de nuevo, se enriquece la teoría evolutiva, se descarta cualquier base para postular la herencia de los caracteres adquiridos o pensar en tendencias "internas" hacia la evolución.

La época que comprende de 1960 a 1975 es la tercera etapa de la Genética, en la que se pretenden conocer esos procesos que van desde la molécula hereditaria (el ADN o ARN en algunos virus) hasta el fenotipo del individuo. Es el momento de analizar la acción genética, el desarrollo, la regulación de esa acción, la citodiferenciación y morfogénesis (modelo del operón de Jacob y Monod, la idea de determinación de Haldane, la inmunogenética,...).

Y por último, la cuarta etapa de la Genética, en la que estamos inmersos actualmente, y que algunos fijan a partir de 1975, que constituye en palabras de Nathans (1979), la "Nueva Genética". Es la época de la "tecnología molecular, el momento en que el hombre, conocidos los fenómenos y procesos subyacentes a la herencia trata de manipularlos, de modificarlos, de controlarlos, en definitiva de reproducirlos en el laboratorio, en propio beneficio del hombre, buscando una "mejora genética" que ayude a la agricultura, ganadería, incluso industria y medicina. Aunque creemos que el hombre ha empezado ya a darse cuenta de que es una especie más en el mundo viviente, de que forma parte de la biosfera, y su propio beneficio genético debe quedar encajado en el equilibrio genético de esa biosfera. Pero el hombre además, se distingue del resto del mundo animal por su capacidad de anticipación de las consecuencias de sus actos, y ello ha permitido que comiencen a levantarse voces abogando por un análisis crítico de

las posibles implicaciones de estas nuevas tecnologías. Implicaciones no sólo científicas, sino también éticas y es hoy la Sociología debe también tener algo que decir. El futuro genético del hombre, no depende ya sólo de la evolución biológica, sino, y de manera fundamental de la evolución cultural de esta especie *Homo sapiens*, que de una tribu de cazadores que empezaron a dominar el fuego (*Homo erectus pekinensis*) ha pasado, en sólo unos 500.000 años (una fracción de tiempo muy pequeña en términos evolutivos), a dominar su propia evolución genómica y cultural.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- APPLEMAN, P. 1970 Darwin. A Norton critical edition Norton and Co.
- AYALA, F.J. and VALENTINE, J.W. 1979 Evolving. The theory and processes of organic evolution. (Versión castellana por Alhambra, 1983) The Benjamín Cum-mings Publ. Co.
- BARNETT, S.A. y otros. 1958 A century of Darwin. (Versión castellana por Alianza, 1971, 2 vols.) Heinemann.
- BATESON, W. 1907 The progress of genetics since the rediscovery of Mendel's paper. Progr. Rei. Bot., 1, 368.
- CHETVERIKOV, S.S. 1926 On certain aspects of the evolutionary process from the standpoint of genetics. Zhurnal Exp. Biol. 1: 3-54 Russian. (English translation Proc. Amer. Phil. Soc., 105: 167-195, 1959)
- CORRENS, C. 1900 G. Mendel's Regel über das Verhalten der Nachkommenschaft der Rassenbastarde. Ber. Dent. Botanischen Gesell. 18: 158-168.
- CORRENS, C. 1950 The birth of Genetics. Genetics, 35: 5, 33-41.
- DARWIN, CH. 1839 A naturalist voyage (Journal of Research into the Natural History and Geology of the countries visited during the voyage of H.M.S. Beagle round the World). (Versión castellana de Anjana edics., 1982, edic. corregida de la de 1899).
- DARWIN, CH. 1859 On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life. (Versión castellana de la 6a ed. inglesa por Edaf, 1981).
- DARWIN, CH. 1868 The variation of animals and plants under domestication John Murray, London.
- DARWIN, CH. 1871 The descent of man and selection in relation to sex. (Versión castellana por Edaf, 1980).
- DARWIN, CH. 1892 The autobiography of Charles Darwin and Selected letters. (2 Vols.) Selección de F. Darwin. (Versión castellana por Alianza, 1977).
- DARWIN, CH. 1975 (3a ed.) Teoría de la evolución, (selección de textos). Península.
- DE VRIES, H. 1900 Sur la loi de disjonction des hybrides. Compt. Rens. Acad. Sci. (Paris), 130: 845-847.
- DOBZHANSKY, TH. 1937 Genetics and the origin of species. Columbia Univ. Press.
- DOBZHANSKY, TH.; AYALA, F.J.; STEBBINS, G.L. and VALENTINE, J.W. 1977 Evolution. Freeman and Co.
- FERRIÉRE, E. 1906 El Darwinismo. F. Granada y Cía.
- FISHER, R.A. 1930 The genetical Theory of natural selection. Clarendon Press. Oxford
- GASKING, E.B. 1959 Why was Mendel's work ignored?. J. of history of Ideas, 20, 60-84.
- HALDANE, J.B.S. 1932 The causes of evolution. Harper, New York.
- HUXLEY, J.S. 1942 Evolution: The modern synthesis. Harper, New York.
- HUXLEY, L. 1912 Charles Darwin.
- ILTIS, H. Gregor Johann Mendel. Versión inglesa (1966, reimpresión). Allen and Unwin, 1924.
- LACADENA, J.R. (Coordinador). 1984 En el Centenario de Mendel: la Genética ayer y hoy. Alhambra.
- LAMARCK, J.B. 1809 Philosophie zoologique (2 t.). Versión Castellana, Mateu, 1971). París.
- MAYNARD SMITH, J. (ed.). 1982 Evolution now. Nature and the McMillan Press.
- MAYR, E. 1942 Systematics and the origin of species. Columbia Univ. Press.

- MAYR, E. and PROVINE, W.B. (eds.). 1980 The Evolutionary Synthesis. Perspectives on the unification of Biology. Harvard Univ. Press.
- MENDEL., G.J. Versuche uber Pflanzen-Hybriden. la versión inglesa, en 1901, en el Royal Hort. Soc. (Versión castellana, en 1973, por Alhambra). Verhand. des Naturf. Ver. in Brunn, 4 (1865), Abhand, 3-47 (salió en 1866).
- MOORE, J.R. 1979 The post-darwinian controversies. Cambridge Univ. Press.
- MOOREHEAD, A. 1980 Darwin: La expedición del Beagle (1831-1836). Edics. del Serbal.
- MORGAN, T.H. 1932 The scientific basis of evolution. Norton, New York.
- NATHANS, D. Restriction endonucleases, simian virus 40, and the new genetics. Science, 206: 903-909.
- NILSSON-EHELE, H. 1909 Einige Ergebnisse von kreuzungen bei Hafer un Weizen. Bot. Notiser 257-294.
- NÚÑEZ, D. 1969 El Darwinismo en España. Castalia.
- OLBY, R.C. 1966 Origins of mendelism. Schocken Books, New York.
- OREL, V. 1971 Mendel and the evolution idea. Folia Mendeliana 6: 161-172.
- PUNNET, R.C. 1930 Genetics, mathematics, and natural selection. Nature, 126: 595-597.
- RUSE, M. 1979 The Darwinian Revolution. The Univ. Chicago Press.
- SIMPSON, G.G. 1944 Tempo and Mode in evolution.
- STTEBBINS, G.L. 1950 Variation and evolution in plants. Columbia Univ. Press.
- STEBBINS, G.L. 1982 Darwin to DNA, molecules to humanity. Freeman and Co.
- STERN, C. y SHERWOOD, E.R. 1973 de la edición inglesa de 1966. El origen de la Genética. Alhambra.