

# HISTORIA DE



# LAS CIENCIAS Y ENSEÑANZA

---

## EL «DESCONOCIDO» ARTICULO DE MENDEL Y SU EMPLEO EN EL AULA

JIMENEZ ALEIXANDRE, M.P. y FERNANDEZ PEREZ, J.  
Formación del Profesorado, MEC  
Universidad Complutense, Madrid.

---

### SUMMARY

This paper summarizes some controversial points on the *Pisum* paper of Mendel and describes one experience of its utilisation with C.O.U. (High School) and University Biology Students.

---

### 1. INTRODUCCION: HISTORIA DE LA CIENCIA Y ENSEÑANZA

La utilidad de la Historia de la Ciencia en la Enseñanza/Aprendizaje de las Ciencias se admite comúnmente entre los profesores/as. No obstante, su empleo en las aulas pocas veces se hace realidad. En general la Historia de la Ciencia está ausente de los programas (Navarro 1983) y choca a veces con la reticencia de

los/as docentes. Esta situación no es una novedad, pues ya Bachelard (1938) y De Broglie (1963) entre otros han llamado la atención sobre ella.

A pesar del reconocimiento de un área de conocimiento específica de Historia de la Ciencia en el marco de

la Universidad, y de su presencia en el programa experimental de la Reforma de las Enseñanzas Medias (optativa en el 2º ciclo), la situación más frecuente es la desaparición de toda referencia a la misma tanto en la enseñanza de la ciencia como de la historia.

Existen diversas formas de conectar la Historia de la Ciencia y la Enseñanza de las Ciencias, por ejemplo:

- a) Ordenando los apartados de una unidad didáctica según el desarrollo histórico de los conocimientos.
- b) Iniciando algunas unidades con una introducción histórica.
- c) Utilizando textos científicos originales que dan cuenta de una investigación o un descubrimiento; relatos de las personas que tomaron parte en los mismos; biografías, etc.

El objeto de este trabajo es analizar la utilización de textos científicos originales, y coincidimos con Usabiaga et al (1982) en la importancia de utilizar fuentes de primera mano. La primera parte del artículo hace una breve revisión de recientes investigaciones sobre las formulaciones reales, contextualizadas históricamente, de Mendel y las que le son atribuidas, la metodología y objetivos de su artículo «Versuche über Pflanzen-Hybriden», y su impacto (o la ausencia de él) en la comunidad científica de su época. En la segunda hacemos una propuesta concreta de utilización en el aula y comentamos los resultados de la misma en COU y 4º de Biológicas.

Queremos señalar también el interés que presenta el análisis de algunos casos concretos de cambios en el pensamiento científico en relación con el modelo constructivista de aprendizaje como cambio conceptual sin que esto implique un isomorfismo perfecto entre ambos tipos de cambio (Saltiel & Viennot 1985).

## 2. MENDEL Y SUS CONTEMPORANEOS

El artículo de Mendel sobre sus investigaciones en el guisante (Mendel 1866) fue leído en las sesiones de la Sociedad de Historia Natural de Brünn de febrero y marzo de 1865 y publicado en las Actas de la Sociedad el siguiente año. Mendel —que por cierto fue profesor de Enseñanza Secundaria, impartiendo Física e Historia Natural durante cerca de 20 años, si bien no logró nunca superar los exámenes para obtener la plaza en propiedad (Kruta & Orel 1976)— había publicado anteriormente trabajos sobre daños causados a los cultivos por determinados insectos y sobre Meteorología.

Este trabajo, considerado hoy día como uno de los más importantes en el desarrollo de la Biología moderna, pasó casi inadvertido entre los naturalistas del siglo XIX, fue escasamente citado, y de hecho, hasta que Hugo de Vries y Karl Correns en 1900 cayeron en la cuenta de que Mendel había resuelto cuarenta años an-

tes el problema que ellos estaban investigando, no se hizo el nombre del monje agustino universalmente conocido.

Las razones por las que no se prestó atención a un trabajo tan riguroso e innovador como «Experimentos sobre híbridos vegetales» han sido y son objeto de un larguísimo debate entre historiadores y epistemólogos de la Biología, generando una abundante masa de trabajos.

Este largo debate ha planteado numerosos interrogantes, entre los cuales los más frecuentes son:

— ¿Fue conocido por los hibridadores de la época el artículo de Mendel? ¿O por el contrario, no se le prestó ninguna atención?

— ¿Fue valorado en sus justos términos?, o, por el contrario ¿Fue infravalorado?

— ¿Enunció Mendel las llamadas «Leyes de Mendel»? o, por el contrario ¿Es la teoría de la herencia que se le atribuye una reinterpretación anacrónica?

### 2.1. ¿No lo leyeron o no lo entendieron?

Acerca de la primera cuestión se han propuesto una serie de hipótesis que explicarían por qué no se tuvieron en cuenta los «Experimentos». MacRoberts (1985) clasifica estas hipótesis en dos grupos:

- a) cognitivas: suponen que el trabajo de Mendel fue conocido, pero ignorado, mal interpretado, o rechazado por sus contemporáneos.
- b) no cognitivas: no fue conocido entre los hibridadores de la época.

Como explicaciones del primer grupo podemos mencionar las que hacen hincapié en la difícil comprensión del artículo en la época, el enfoque matemático y estadístico que conlleva, la no explicitación de leyes estadísticas como tales etc. Brannigan (1979) relaciona la poca atención prestada a Mendel en 1865 y su posterior «redescubrimiento» en 1900 con el diferente contexto receptivo en ambas épocas. En 1866 los «Experimentos» fueron considerados como «Ciencia normal» (en el sentido de Kuhn 1970), mientras que en 1900, en el marco de la polémica entre partidarios de la variación continua y de la discontinua, aparecieron como una revolución científica.

Brannigan hace hincapié en el papel que jugó la competencia entre de Vries y Correns por la prioridad en el descubrimiento de las leyes de segregación y de la relación 3/1 entre dominantes y recesivos, en la nominación de Mendel como «padre de la Genética». (Sobre la competencia entre de Vries y Correns y el «redescubrimiento» del mendelismo, ver también Campbell 1980, Darden 1985 y Meijer 1985).

A conclusiones similares llegan Oldham y Brouwer (1984) que aplicando también el modelo de estructura de las revoluciones científicas (Kuhn 1970) al caso de

Mendel, señalan que los naturalistas en 1866 no estaban preparados para el cambio de paradigma, ya que no podían imaginar que existieran leyes que explicasen cómo se heredan los caracteres, y menos que pudieran ser descubiertas a partir de estudios realizados en una sola especie, tras la interpretación estadística de los resultados.

Las explicaciones no cognitivas basan la falta de atención hacia el trabajo de Mendel en el hecho de que no era un científico famoso y en el débil impacto que tenía la revista en que publicó el artículo. Recientemente ha sido puesto en duda que el artículo fuese poco difundido y apenas citado. Las «Actas» fueron enviadas a 134 instituciones científicas (Kruta & Oreš 1976) incluyendo universidades y dos prestigiosas sociedades inglesas con sede en Londres, la Royal Society y la Linnean Society (Brannigan 1979). Recordemos que precisamente en una sesión de la Linnean Society, en 1858 se presentó por primera vez (en ausencia de ambos autores) un extracto de los trabajos de Darwin y Wallace sobre la selección natural (Darwin y Wallace 1859). Quizá parezca menos extraño que el artículo de Mendel pasase desapercibido considerando que el presidente de la Linnean Society resumió 1858 como un año en que no había tenido lugar ninguno de esos descubrimientos notables que revolucionan la ciencia (Beddall 1968).

En cuanto a las citas anteriores a 1900 no superan la docena. Brannigan (1979) menciona ocho, señalando que al menos tres de ellas estaban copiadas directamente del libro *Die Pflanzenmischlinge* de W.O. Focke, aparecido en 1881, por lo que todo indica que posiblemente sus autores no habían leído el original.

Para MacRoberts (1985) el artículo de Mendel no fue conocido al nivel de comunicación informal que, según su opinión es el más relevante dentro de la comunidad científica. Basa esta hipótesis por un lado en recientes estudios sobre la utilización de informes y revistas científicas y por otro en los contactos de Mendel con la élite científica —nulos, si hacemos excepción de su poco fructífera relación con Naegeli—. (Otro análisis del papel de la red de comunicación informal, en este caso en la discriminación de las mujeres científicas, se encuentra en Matyas 1985).

En resumen, pocos científicos contemporáneos de Mendel leyeron su trabajo y a estos pocos no les pareció que supusiese una convincente explicación de cómo se heredan los caracteres, ni que tuviera carácter de leyes universales.

## 2.2. ¿Enunció Mendel las «Leyes de Mendel»?

Un segundo campo de polémica hace referencia a las propias ideas de Mendel sobre la herencia y a las contenidas en el artículo sobre *Pisum*. Una revisión de los títulos de algunos trabajos como, «Mendel No Mendelian?» de R. Olby, «Gregor Mendel: founding-father of modern genetics?» de D. Oldroyd o «Mendel, the

empiricist» de F.V. Monaghan y A.F. Corcos, da una idea de las dudas existentes entre los estudiosos de Mendel.

Algunos de los puntos en debate son:

— El objetivo de las investigaciones de Mendel. ¿Fue la herencia o la hibridación?

— ¿Mendel realizó sus experimentos para demostrar una hipótesis o era un investigador empírico?

— ¿Razonaba Mendel en términos de *pares* de caracteres?

— ¿Buscaba relaciones numéricas entre la descendencia de híbridos?

Quizá la primera pregunta que cabe plantear ante una investigación es qué problema trata de resolver. Ahora bien, como señalan Piquemal (1965) y Brannigan (1979), Mendel no utiliza ni una sola vez los términos «herencia» o «hereditario». Una atenta lectura del original, especialmente de las «Notas introductorias» (páginas 3 y 4) y de las «Observaciones finales» (páginas 38 a 47) parece indicar que Mendel intentaba investigar la «transformación de una especie en otra por fecundación artificial», transmutación en la que creían otros hibridadores y que Mendel explica por la segregación y recombinación al azar de los «factores» responsables de los caracteres. Al mismo tiempo critica (página 36) la creencia en que «la estabilidad de las especies es alterada en alto grado o totalmente quebrada por el cultivo», explicando la variabilidad de las plantas cultivadas por su pertenencia a series de híbridos. Del mismo modo, tanto en la introducción como en la conclusión del trabajo, Mendel hace referencia explícita a la importancia del mismo para la «historia evolutiva de las plantas» (páginas 4 y 40) mientras que, como señala Brannigan (1979), el modelo de proceso reproductivo no aparece como el aspecto principal del trabajo.

Basándose en que Mendel no pretendía demostrar una teoría de la herencia y en la notación que empleó, Monaghan y Corcos (1985) sostienen que Mendel trabajó de forma empírica, como un hibridador que fuese realizando experimentos y elaborando su modelo o teoría a partir de los resultados observados. Sin embargo otros autores (Piquemal 1965, Campbell 1985) opinan que Mendel parte claramente de una hipótesis teórica y el primero se apoya en la metodología empleada por Mendel, señalando que «observar los caracteres aisladamente es suponer que son hereditariamente independientes; producir un gran número de individuos en cada generación, para eliminar el efecto del azar, es pensar las combinaciones genéticas en términos de probabilidades; hacer cada vez el inventario de los híbridos y el cómputo de sus frecuencias es postular que tienen un número finito y que nacen de combinaciones aleatorias». Quizá no sea incompatible el que Mendel tuviese un modelo teórico hereditario, como parece dedu-

cirse de la forma en que planeó sus experiencias, con su insistencia, sobre todo en las observaciones finales, más en la estabilidad de las especies que en el modelo de herencia.

Numerosos investigadores (por ejemplo Brannigan 1979, Blanc 1984, Oldroyd 1984, Monaghan y Corcos 1985) señalan las diferencias existentes entre las formulaciones de Mendel y las que le fueron atribuidas a raíz de su «redescubrimiento» en un contexto en que la cuestión de la herencia era crucial para la teoría de la evolución. Uno de los argumentos más utilizados a favor de la hipótesis de que Mendel no razonaba en términos mendelianos es la notación que emplea, en la que, por ejemplo, la descendencia de los híbridos (página 17) es representada así:

$$A + 2 Aa + a$$

donde *A* indica los homocigotos para el carácter dominante (que actualmente representamos como *AA*), *Aa* los heterocigotos y a los homocigotos para el carácter recesivo (que representaríamos *aa*). Esto lleva a Monaghan y Corcos a concluir que la notación de Mendel representa caracteres y clases de individuos, no factores o «genes» y que no concebía los elementos hereditarios por pares. Apoyan esta afirmación una cita de las observaciones finales (página 42) donde Mendel, hablando de las células de los híbridos, dice que en ellas participan todos los elementos de forma que «sólo se excluyen mutuamente los diferentes» (es decir *A* y *a* pero no *a* y *a*, ni *A* y *A*).

Por el contrario, Campbell (1985) sostiene que el tratamiento matemático sugiere que debía estar pensando en pares de caracteres, y que, si emplea *A* por *AA*, es en correspondencia con la teoría combinatoria, en la que cada elemento (cuando no se trata de permutaciones) se representa solamente una vez. Además, según Campbell, esta era la notación empleada por Naegeli y Mendel pudo adoptarla de este prestigioso hibridador. En todo caso Campbell reconoce que en lo referente a la separación de factores homólogos Mendel no se comporta de forma «mendeliana».

### 3. UN EXPERIMENTO MODELO

La lectura de las citas mencionadas hasta aquí, en las que una serie de investigadores/as cuestionan la imagen tradicional de Mendel no implica que ninguno de ellos considere empequeñecida su talla, por el contrario, tal es la singularidad de su trabajo que «no hay necesidad de añadir más a lo que hizo» (Monaghan y Corcos 1985). Entonces ¿en qué rasgos del trabajo hay consenso generalizado? ¿Por qué se define el artículo como «riguroso, brillante y sistemático» «adelantado a su época», etc.?

En primer lugar su programa de investigación parece basado en la hipótesis de que existían leyes naturales

en biología, como indicaba el hecho de que aparecieran siempre «los mismos tipos de híbridos con notable regularidad» (página 3). Como señalan Monaghan y Corcos (1985), la existencia de leyes naturales era comúnmente aceptada en las ciencias físicas, pero no en las biológicas.

En segundo lugar observó la segregación y la expresó en términos cuantitativos de proporciones entre los individuos que presentaban distintos caracteres. Más aún, explicó estas proporciones en términos de separación de los factores (al menos los diferentes) en las células sexuales y su recombinación al azar.

Acuñó los conceptos de *dominante* y *recesivo* en sustitución de «visible» y «latente» que de Vries seguía utilizando más de treinta años después, hasta leer los «Experimentos» (Meijer 1985), incorporando el concepto de dominancia a la explicación de la segregación.

Demostró la independencia de transmisión de los caracteres y la equivalencia de los dos sexos en la determinación de los mismos.

En cuanto a los aspectos metodológicos podemos señalar: un conjunto de hipótesis teóricas (quizá más sobre la estabilidad y evolución de las especies que sobre el modelo hereditario) que condicionan su diseño experimental; el estudio de cada carácter por separado y la realización de cruzamientos recíprocos (actuando como donante de polen la que antes había proporcionado el óvulo y viceversa); la utilización de controles o testigos en invernadero; el elevadísimo número de pruebas realizadas, haciendo expresa mención a la necesidad de hacerlo así para evitar sesgos debidos al azar, y el tratamiento estadístico de los resultados.

A lo largo del artículo Mendel insiste en la influencia del tamaño de la muestra en los resultados (páginas 16, 39, 40), señalando por ejemplo —para explicar los obtenidos por Gärtner— que entre los híbridos de dos plantas que difiriesen en 7 caracteres (los utilizados por él en el guisante) cada una de las combinaciones originales aparecería sólo una vez en 16.000 individuos. El pensamiento probabilístico era insólito en tiempos de Mendel, pero en la actualidad su escaso dominio por los/as alumnos/as constituye uno de los problemas con que éstos se enfrentan a la hora de resolver problemas de Genética (Kargbo et al 1980); este escaso dominio no es de extrañar, si comprobamos que tampoco los libros de texto lo utilizan (Jiménez 1986).

Hoy día consideramos tan «evidente» la proporción 3/1 entre los fenotipos de la 2ª generación filial que puede parecer algo sencillo de inferir a partir del estudio de los híbridos. Sin embargo parece que el propio de Vries utilizaba proporciones como 77.5% y 22.5% (Campbell 1980, Darden 1985, Meijer 1985) hasta leer los «Experimentos».

#### 4. UNA PROPUESTA PARA EL AULA

Los textos utilizados son dos:

— Extractos de un artículo de Oldham y Brouwer (1984) que, entendemos, resulta útil para situar el trabajo de Mendel en su contexto histórico.

— Extractos del artículo de Mendel (1866).

##### 4.1. Objetivos

Como señala Gil (1982) la historia de la ciencia puede permitir a los/as alumnos/as reconstruir, a través de una actividad investigadora dirigida, los conocimientos que la enseñanza tradicional transmite ya elaborados. En concreto en este caso se persigue:

— Evidenciar aspectos de la metodología científica, en particular la existencia de cuestiones sin resolver y la importancia de las hipótesis teóricas.

— Fomentar el espíritu crítico de los/as alumnos/as y desmitificar los descubrimientos científicos.

— Situar el descubrimiento de los mecanismos de la herencia en su marco histórico.

— Familiarizar a los alumnos/as con textos científicos «no digeridos».

##### 4.2. Metodología

Junto a los textos (anexos 1 y 2) se entregó a los alumnos/as un breve guión, en el que se solicitaba:

a) Que expusiesen los errores teóricos y metodológicos (haciendo listas separadas) que, según Oldham y Brouwer, fueron la causa de que otros hibridadores fracasaran.

b) Que enunciasen los aspectos metodológicos relevantes en los experimentos de Mendel que aparecen en el extracto de su artículo, numerándolos por separado.

c) Que citasen si encontraban alguna cosa en el texto de Mendel que no concuerda con los conocimientos actuales de Genética.

El punto a) se le preguntó únicamente a los/as estudiantes de COU, mientras que b) y c) se preguntó a todos, pero los/as estudiantes universitarios dispusieron también del extracto de Oldham y Brouwer.

Los/as estudiantes de COU (N = 24) eran alumnos/as del Instituto Castelao de Vigo, y la actividad se realizó en el curso 85-86, como parte de la unidad de Genética, en clase de Biología.

Los/as estudiantes universitarios (N = 68) eran alumnos/as de 4º y 5º curso de Biológicas, que cursaban la optativa de Historia de la Ciencia y la actividad se realizó durante las clases prácticas de dicha asignatura en el curso 86-87.

##### 4.3. Resultados y discusión

Los resultados se exponen en las tablas I, II y III. Nos referiremos específicamente a las tablas II y III, puesto que la actividad a) a la que hace referencia la tabla I no fue realizada por los/as estudiantes universitarios, como ya hemos dicho.

En primer lugar podemos señalar que tanto los/as estudiantes de COU (EC) como los/as universitarios (EU) procedieron en sus respuestas de forma poco sistemática, enunciando los aspectos desordenadamente, sin relación al orden con que aparecen en los extractos, numerando los aspectos citados correlativamente 1, 2, 3..., pero citando a veces más de un aspecto bajo cada número etc. Además, en muchos casos hicieron formulaciones generales, del tipo de «Utilizó el método científico», junto a citas de aspectos concretos y otras veces mencionaron aspectos que no aparecen en los extractos de Mendel, como la utilización de «razas puras».

Los/as alumnos/as que siguieron el orden del texto fueron precisamente los que citaron más aspectos (7 ó 6). En segundo lugar, y en cuanto a los porcentajes que aparecen en la tabla II, vemos que, aunque aparecen 4 aspectos (2, 3, 4 y 5) citados por un mayor número de EC y 5 (1, 6, 7, 9 y 10) citados con mayor frecuencia por EU, existen diferencias en cuanto a los aspectos citados, ya que los/as EC mencionan sobre todo los explícitos en el texto —e.g. poseer caracteres diferentes— y en mucho menor número otros que no están verbalizados —e.g. el elevado número de pruebas—. Por ejemplo ninguno/a de los/as EC menciona la formulación de una hipótesis (la existencia de relaciones numéricas entre la descendencia de los híbridos), ni la utilización de notación simbólica, que sí son anotados por los/as EU.

En la tabla III vemos que el total de aspectos metodológicos citados por EC y EU es parecido, si bien algo superior en los/as EU. (Un 76.44% menciona 3 o más y un 48.51% 4 o más, mientras que en los/as EC son un 58.24 y 33.28% respectivamente).

En tercer lugar, y en cuanto a la actividad c., ningún/a EC y sólo 4 EU señalaron la utilización de una sola letra *A* ó *a*, para representar a los homocigotos en la F<sub>2</sub>, en vez de *AA* o *aa*. La mayoría de los que contestaron mencionaron fenómenos como el sobrecruzamiento o la epistasia, descubiertos posteriormente y de los que, evidentemente, no aparece referencia alguna en el texto de Mendel.

Estos resultados evidencian la necesidad de mejorar no sólo el conocimiento de las formas de hacer ciencia, sino también la capacidad «de leer» de los alumnos/as. La continuación de esta línea de trabajo nos puede permitir conocer en el futuro si pequeñas actividades como la que aquí proponemos, fáciles de llevar al aula, consiguen efectivamente estas mejoras, y contribuyen al «cambio conceptual» en lo que a la imagen de la ciencia y del trabajo científico respecta.

Tabla I

Número de errores teóricos y metodológicos citados por O & B señalados por los/as estudiantes de COU.

Errores teóricos (nº EC) acumulado	Errores metodológicos (nº EC) acumulado
7.....   0	
6.....   1   1	
5.....   0   1	5.....   0
4.....   1   2	4.....   1   1
3.....   4   6	3.....   8   9
2.....   11   17	2.....   10   19
1.....   5   22	1.....   5   24
0.....   2   24	

Tabla II

Porcentajes de alumnos/as que citan aspectos metodológicos que aparecen en el texto de Mendel.

Aspecto metodológico citado	nº EC	%	nº EU	%
1. Hipótesis relaciones numéricas	0		6	8.82
2. Plantas con caracteres diferenciales	8	33.28	16	23.52
3. Control de la polinización	14	58.24	20	29.4
4. Estudio caracteres por separado	14	58.24	27	39.69
5. Cruces recíprocos	13	54.08	29	42.63
6. Plantas de control	3	12.48	34	50
7. Tratamiento estadístico	9	37.44	46	67.62
8. Distinción entre distintas generac.	5	20.08	14	20.58
9. Elevado número de pruebas	3	12.48	31	45.57
10. Utilización notación simbólica	0		6	8.82

Tabla III

Aspectos citados del texto de Mendel por los/as estudiantes de COU (EC) y Universidad (EU).

nº de aspectos citados (nº EC) acumulado	%	nº EU (acumulado)	%
7 o más.....   0		1   1   1.47	
6.....   2   2   8.32		5   6   8.82	
5.....   2   4   16.64		7   13   19.11	
4.....   4   8   33.28		20   33   48.51	
3.....   6   14   58.24		19   52   76.44	
2.....   4   18   74.88		10   62   91.14	
1.....   5   23   95.68		3   65   95.55	
0.....   1   24   100		3   68   100	

ANEXO 1

V. OLDHAM & W. BROUWER

«Mendelian Genetics: Paradigm, Conjecture or Research Program». *Journal of Research in Science Teaching*. 1984 (extractos).

A mediados del siglo XIX había gran número de teorías contradictorias que intentaban explicar la herencia. Algunas se referían a la naturaleza de las diferencias entre especies y a los efectos de la hibridación en las plantas cultivadas; otras, a la morfología y desarrollo de los animales; y otras intentaban formular teorías generales de la herencia. (...) Desde 1650 los investigadores europeos se interesaban en cómo se reproducen las plantas y cómo se transmiten los caracteres de una generación a la siguiente. Tras alguna oposición inicial a la idea de que las plantas se reproducen sexualmente, se llevaron a cabo muchas investigaciones. (...) No obstante no había acuerdo entre los biólogos sobre la dirección de la investigación, ni los métodos a utilizar. Aunque se conseguían híbridos y se realizaban observaciones, nadie fue capaz de desarrollar una teoría científica que pudiese explicar el fenómeno de la herencia. Se llegó a muchas conclusiones distintas y había gran desacuerdo.

La mayoría de los hibridadores opinaban que los híbridos presentan un carácter intermedio entre los de los progenitores, pero como o por qué no se sabía. Algunos pensaban que los caracteres se «entremezclaban», otros que eran definidos. Había grandes disensiones sobre la fuerza relativa de las características masculinas y femeninas. Knight concluyó de sus investigaciones que las femeninas eran más potentes y Von Gartner lo contrario. (...)

Al investigar la herencia, la mayoría consideraban la planta como un todo, más que concentrarse en una sola característica. (...) Muchos hibridadores creían trabajar de algún modo contra natura y que para revelar la variación, la «estabilidad» de los planetas debía quebrantarse. (...)

Puede verse que estos científicos se enfrentaban todos al mismo tipo de fenómenos, pero los describían e interpretaban de formas muy diferentes. No había consenso acerca de problemas o métodos, y la recogida de datos era más al azar que sistemática y científica. Ninguno intentó interpretaciones numéricas de sus resultados, ya que, más importante, nadie se dio cuenta de que podía haber leyes que explicaran los mecanismos de la herencia.

Al mismo tiempo se hacían intentos de proponer teorías generales de la herencia, como la de la Pangenesis de Darwin, la del idioplasma de Naegeli o la de las unidades fisiológicas de Spencer, según la cual la modificación de un órgano causaba la modificación de las unidades. (...) La mayoría de las teorías de esta época eran demasiado generales para ser comprobadas experimentalmente. Así que, personas enfrentadas con los mismos fenómenos extraían conclusiones distintas y proponían teorías diferentes. (...)

Gregor Mendel debió ser la primera persona que se dio cuenta de que debía haber una ley general, ampliamente aplicable, por la que se podía explicar la herencia. (...) El artículo sobre su investigación estaba basado en 7 años de metódica experimentación con el género *Pisum*. Se dio cuenta de la necesidad de comenzar con razas puras, de considerar cada carácter por separado y de distinguir cuidadosamente entre las distintas generaciones. Si se tenían en cuenta estos factores, si la planta poseía características opuestas y si se adoptaban precauciones para impedir la polinización natural, se podían encontrar relaciones numéricas constantes entre los híbridos. (...) Mendel fue capaz de formular los conceptos de dominancia, recesividad, segregación, homocigosis y heterocigosis; y dar una clara interpretación matemática de los fenómenos de la herencia. (...)

«Experimentos sobre híbridos vegetales» fue leído en la Sociedad de Historia Natural de Brno y publicado en la revista de la Sociedad

en 1866. La revista se recibía en unas 120 universidades y sociedades científicas, pero no atrajo mucha atención y su significado no fue reconocido hasta 1900. (...) El enfoque dado por Mendel a la herencia era nuevo, e implicaba interpretación estadística de datos, lo que nunca había sido intentado (...) Aceptar la investigación de Mendel requería también darse cuenta de que los fenómenos fundamentales de la herencia podían ser entendidos en base a la investigación de una sola especie.

ANEXO 2

GREGOR MENDEL. 1866 (extractos)

Entre los numerosos experimentos realizados ninguno se ha llevado a cabo en extensión y de tal modo que haga posible determinar el número de formas distintas en que aparecen los descendientes de los híbridos, y que permita ordenar con seguridad esas formas por generaciones y poder comprobar sus mutuas relaciones numéricas. (...)

La validez y la importancia de un experimento dependen de la idoneidad del material (...) Las plantas experimentales deben necesariamente:

1. Poseer caracteres diferenciales constantes.
2. Los híbridos deben estar (...) protegidos de la acción de polen extraño (...) si esto ocurriese conduciría a opiniones totalmente erradas. (...)

Los caracteres que se escogieron en el experimento se refieren a:

1. Diferencia en la forma de la semilla: redondeada o angulosa (...)
2. Diferencia en el color del albumen: (...) amarillo o verde.
3. Diferencia en el color del tegumento: blanco o gris (...)
4. Diferencia en la forma de la vaina: (...) lisa o estrangulada.
5. Diferencia en el color de la vaina inmadura: verde o amarilla. (...)
6. Diferencia en la posición de las flores: axiales o terminales. (...)
7. Diferencia en la longitud del tallo: largo, 6-7 pies o corto 3/4 - 1 1/2.

Cada par de caracteres enumerados fueron unidos por fecundación. Se hicieron para el

- |                         |                               |
|-------------------------|-------------------------------|
| 1 .... 60 fecundaciones | 3 .... 35 fecundaciones       |
| 2 .... 58 fecundaciones | 4 .... 40 fecundaciones (...) |

Además en todos los experimentos se hicieron cruces recíprocos: la variedad que en una serie sirvió como planta de semilla, sirvió en la otra como planta de polen. (...) Para cada experimento se colocaron varias macetas en un invernadero, para servir de control al experimento principal del jardín. (...)

La forma de los híbridos (...) en algunos caracteres se presentan formas intermedias, como en forma y tamaño de las hojas. En otros casos uno de los dos caracteres de los progenitores predomina tanto que es imposible detectar el otro.

Así ocurre en los híbridos de *Pisum*. Cada uno de los 7 caracteres híbridos se parece a uno de los progenitores (...) en la siguiente discusión estos caracteres son llamados dominantes y los que quedan latentes recesivos (...) porque se retiran o desaparecen en los híbridos, pero reaparecen sin cambiar en su descendencia.

Se probó, además, en todos los experimentos, que es totalmente igual si el carácter dominante pertenece a la planta de semilla o a la de polen; la forma de los híbridos es la misma. (...)

Son dominantes los siguientes (caracteres):

1. Forma redondeada de la semilla.
2. Color amarillo del albumen.
3. Color gris del tegumento de la semilla. (...)

## Primera generación (procedente del cruce) de los híbridos

En esta generación aparecen, junto a los caracteres dominantes, también los recesivos (...) en una relación media de 3 a 1 (...) 3 el dominante y el 1 el recesivo. Esto vale sin excepción para todos los caracteres escogidos (...) En ningún experimento se observaron formas de transición.

La relación numérica obtenida para cada par de caracteres es:

1. Forma de la semilla. De 253 híbridos se obtuvieron 7.324 semillas (...) 5.474 redondas y 1.850 angulosas. Esto da la relación 2,96:1.
2. Color del albumen. 258 plantas dieron 8.023 semillas. 6.022 amarillas y 2.001 verdes; su relación por tanto es 3,01:1 (...)

Como extremos en la distribución de los dos caracteres en una misma planta, se observaron en un caso 43 redondas y sólo 2 angulosas, y en otro 14 redondas y 15 angulosas. (...) Si se reúnen los resultados de todos los experimentos la relación promedio entre formas con caracteres dominantes y recesivos es 2,98:1, o sea 3:1.

El carácter dominante puede tener doble significado: de carácter paterno o híbrido, cuál de los dos, sólo se puede resolver en la siguiente generación. Un carácter paterno debe pasar sin cambio a toda la descendencia: un híbrido debe comportarse como en esta 1ª generación.

Las formas que presentan carácter recesivo no varían: su descendencia permanece constante (...) de las dominantes dos partes producen des-

cendencia con carácter dominante y recesivo en relación 3:1 (...) sólo una parte continúa con el carácter dominante constante. (...) Así se demuestra que de las formas que en la 1ª generación muestran el carácter dominante, dos partes son portadoras del carácter híbrido, y una parte permanece constante con el dominante.

La relación 3:1 en que se distribuyen dominantes y recesivos, se convierte por tanto en 2:1:1 (...) resulta claro que los híbridos dan lugar a semillas que tienen cada uno de los dos caracteres diferentes, y de éstas, la mitad vuelven a dar híbridos y la otra mitad (...) reciben el carácter dominante o recesivo en partes iguales. (...)

Si *A* representa uno de los dos caracteres, por ej. el dominante, *a* el recesivo y *Aa* la forma híbrida, la expresión

$$A + 2 Aa 2 a$$

presenta los descendientes de los híbridos.

## Nota:

El extracto del artículo de Mendel es una traducción realizada por nosotros. Las dos versiones disponibles en castellano (de Prevosti y de P. Rodríguez) están tomadas de las traducciones inglesas de la «Horticultura Society» de Londres y de Stern & Sherwood, respectivamente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BACHELARD, G., 1938, *La formation de l'Esprit Scientifique*. (Vrin. París).
- BEDDALI, B.G., 1968, Wallace, Darwin and Natural Selection: a study in the development of ideas and attitudes. *J. Hist. Biol.* 1: 261-323.
- BLANC, M., 1984, Gregor Mendel: la leyenda del genio desconocido. *Mundo Científico*. Marzo 1984: 274-287.
- BRANNIGAN, A., 1979, The Reification of Mendel. *Social Studies of Science*. vol. 9: 423-454.
- CAMPBELL, M., 1980, Did de Vries Discover the Law of Segregation Independently? *Annals of Science*. 37: 639-655.
- CAMPBELL, M., 1985, Pairing in Mendel's Theory. *Brit. J. Hist. Scien.* 18: 337-340.
- DARDEN, I., 1985, Hugo de Vries's Lecture Plates and the Discovery of Segregation. *Annals of Science*. 42: 233-242.
- DARWIN, C. y WALLACE, A., 1859, On the tendency of Species to Form Varieties and on the perpetuation of Varieties and Species by Natural means of Selection. *Journal of the Linnean Society of London (Zoology)* 3: 45-62.
- DE BROGLIE, L., 1963, *Por los Senderos de la Ciencia*. Espasa Calpe. Madrid.
- GIL PEREZ, D., 1982, *La investigación en el aula de Física y Química*. (Anaya, Madrid).
- JIMENEZ ALEIXANDRE, M.P., 1986, Pensée probabilistique et déterministe aux textes d'enseignement secondaire (Génétique). En A. Giordan et J.L. Martinand (Eds.) *Feuilles d'épistemologie appliquée et de Didactique des Sciences*, n° 8. París: 169-174.
- KARGBO, D.B., HOBBS, D. y ERICKSON, G.I., 1980, Children's beliefs about inherited characteristics. *J. Biol. Educ.* 14: 137-146.
- KRUTA, V. y OREL, V., 1976, Mendel. En Scribners, *Dictionary of Scientific Biography*.
- KUHN, T., 1970, *The Structure of Scientific Revolutions*. (Traducción al castellano *La Estructura de las Revoluciones Científicas*. F.C.E. México).
- MACROBERTS, M., 1985, Was Mendel's Paper on Pisum Neglected or Unknown? *Annals of Science*, 42: 339-345.
- MATYAS, M.L., 1985, Obstacles and Constraints on Women in Science: Preparation and Participation in the Scientific Community. En J. B. Kahle (ed.) *Women in Science. A report from the field*. (The Falmer Press: Philadelphia).
- MEIJER, O.G., 1985, Hugo de Vries no Mendelian? *Annals of Science*. 42: 189-232.
- MENDEL, G., 1866, Versuche über Pflanzen-Hybriden. *Verhandlungen des Naturforschenden Vereines in Brunn*. B.4: 3-47. En E. von Tschermak (Ed.) Leipzig 1913. (Hay dos versiones al castellano, a través de las traducciones inglesas).
- MONAGHAN, F. y CORCOS, A., 1985, Mendel, the empiricist. *The Journal of Heredity*. 76: 49-54.
- NAVARRO BROTONS, V., La Historia de las Ciencias y la Enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*. 1 (1): 50-53.
- OLDHAM, V. y BROUWER, W., 1984, Mendelian Genetics: Paradigm, Conjecture or Research Program. *Journal of Research in Science Teaching*, 21 (6): 623-637.
- OLDROYD, D., 1984, Gregor Mendel: Founding-father of modern Genetics? *Endeavour*. 8 (1): 29-31.
- PIQUEMAL, J., 1965, *Aspects de la Pensée de Mendel*. (Conférence donnée au Palais de la Découverte).
- SALTIEL, E. y VIENNOT, L., 1985, ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes? *Enseñanza de las Ciencias*. 3(2): 137-144.
- USABIAGA, C., MARCO, B. y OLIVARES, E., 1982, *Científicos en el aula*. Apuntes IEPS n° 30. (Narcea. Madrid).