

LAS MUTACIONES EXPERIMENTALES

ANOMALIAS Y TRAUMATISMOS

POR

L. BLARINGHEM

Profesor en la Sorbona

Bajo el título "Mutation et Traumatismes", he publicado, en 1907, los resultados de seis años de experimentación completados por observaciones numerosas y documentos sacados de otros autores, con el fin de poner en evidencia dos puntos muy importantes concernientes el origen de las anomalías hereditarias.

He demostrado primero que las mutilaciones violentas, que destruyen amenudo el individuo, determinan ciertas veces el desarrollo de nuevos individuos en los cuales todos los órganos, tallos, hojas, flores y frutos ofrecen desviaciones considerables de los tipos específicos y constituyen verdaderas monstruosidades; he constatado luego la herencia parcial de algunas anomalías graves y la herencia completa de varias ligeras anomalías; estas son el origen de variedades nuevas y estables.

Desde 1907, he continuado haciendo ensayos en este sentido, ya sea con el maíz (*Zea mays*) que fué objeto principal de mis esfuerzos al comienzo de mis investigaciones, ya sea con otras plantas cultivadas o silvestres como la cebada (*Hordeum distichum* y *H. tetrastichum*), la *Nigella damascœna*, varias amapolas (*Papaver somniferum* y *P. involucrata*) numerosas especies de Tabacos, de coles, de zapallos, etc. En todos los casos he conseguido provocar la aparición de un gran número de monstruosidades, varias de las cuales no habían sido descriptas, y, en algunos casos, he obtenido formas estables y nuevas.

La idea que las mutilaciones pueden ser utilizadas con éxito para provocar el desarrollo de formas anormales, ha sido divulgada desde hace tiempo.

Es ella que ha guiado Geoffroy Saint-Hilaire y Dareste en sus ensayos sobre las deformaciones experimentales de los pollitos en incubación. Lereboullet, en sus estudios sobre las monstruosidades del "brochet" y más recientemente, el Señor Loeb y sus alumnos en sus trabajos sobre la heteromorfosis. El Sr. Bateson también ha descripto varios casos de regeneraciones accidentales designados por Giard bajo el nombre de **Regeneraciones hipotípicas** porque presentaban amenudo los caracteres de presuntos antepasados. Hasta se ha encontrado ejemplos en paleontología animal y Neumayr reproduce en su "Introducción al estudio de los animales fósiles" (1), la figura de un amonita cuya concha, presenta, en la porción joven, los caracteres de un *Arietite* con carena dorsal, y en la porción de más edad los caracteres de un *Aegoceras* sin carena, monstruo cuyo origen es atribuido por Quenstedt, que lo ha descrito, a la regeneración de la concha rota accidentalmente. "Ningún paleontologista, añade a propósito Neumayr, hubiera podido imaginarse que este ejemplar de *Arietite*, podría considerarse como la misma especie que el *Aegoceras capricornum nudum* del Lias wurtembergués".

Los ejemplos de desviaciones de los caracteres de las especies son bastante numerosos en el reino animal, pero se encuentran casi exclusivamente en los grupos capaces de multiplicarse por fragmentos, como las hidras y los anélidos; son más raros en los crustáceos y en los insectos donde parecen localizados en el período de la existencia que corresponde a las mudas; los batracios con metamorfosis y algunos reptiles cuyo crecimiento es extremadamente lento, dan también algunos casos. No se los puede observar, en los grupos cuyos tejidos han perdido la calidad de regenerarse, pérdida que tiene lugar durante el período embrionario en los pájaros y mamíferos; también los ensayos de Geoffroy Saint Hilaire y de Dareste han dado unicamente resultados con embriones muy poco desarrollados o con huevos en incubación. Por la misma razón, los vegetales y sobretudo las especies vivaces, herbáceas y leñosas son los organismos vivos más favorables a experimentos metódicos de esta naturaleza. He aquí algunos

(1) — Die Stämme des Thierreiches, Wien, 1889, p. 114.

ejemplos que demuestran claramente el mecanismo de lo que podríamos llamar la Teratología experimental.

La hoja de los helechos crece lentamente; nacida de un mamelón que se desarrolla a la superficie de la punta vegetativa del rizoma, presenta primero el aspecto de una lamina erizada lateralmente con puntas delgadas que son los comienzos del lóbulo terminal y de los lóbulos laterales de la hoja. El *Scolopendium vulgare* es una especie silvestre de los muros y de las rocas poco iluminadas, cuyo limbo no presenta lóbulos laterales; sus hojas no tienen pues sino una sola punta (fig. 1, S. v.), enrollada en espiral como la de todas las hojas jóvenes

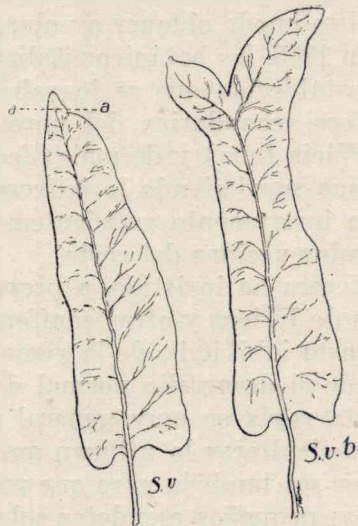


Fig. 1

de helechos; se puede sin dificultad obtener hojas bi o trifurcadas. Para esto, basta, como lo ha demostrado el Sr. Figdor en 1906, y he repetido este experimento repetidas veces, cortar en *a a* con tijeras delgadas la extremidad de las hojas al momento de desarrollarse para que la punta regenere rapidamente y dé dos lóbulos (fig. 1, S. v. b.); algunos meses más tarde, se puede de nuevo sacar las puntas de uno o de otro de estos lóbulos y se obtiene una hoja con 2 puntas; mutilando los dos lóbulos se obtienen hojas con 4 puntas, y así sucesivamente. El experimento puede prolongarse si las condiciones climatéricas no interrumpen el crecimiento; no da resultados con hojas viejas, de color verde oscuro, ni sobre aquellas sobre las cuales han aparecido pequeños mamelones que serán los

soros de esporangios; pero las hojas anormales con dos o tres puntas obtenidas artificialmente, llevan pronto, si se las deja crecer, soros fructíferos sobre toda la superficie del limbo, entero o bifurcado. El experimento, que es muy fácil con el **Scolopendrium**, da resultados también, como lo he observado con el polípodo vulgar cuyas hojas están recortadas; se obtienen hojas dobles o crestadas de aspecto curioso; pero hasta ahora no he podido tener ninguna indicación sobre la transmisión hereditaria del caracter aparecido después de la mutilación.

Las raíces jóvenes, sobre todo las que se desarrollan en el agua y en las cuales la zona de crecimiento alcanza un largo de 2 centímetros, son órganos dotados de una actividad regeneratriz, de la cual se puede obtener a voluntad cualquier clase de deformación. En 1903, los botánicos italianos, Sres. Lopriore y Consiglio, han establecido que se lograba determinar la faciación de las raíces secundarias del poroto (*Phaseolus vulgaris*), de habas (*Vicia faba*) y de maíz (*Zea mays*), cultivados en soluciones salinas suprimiendo la extremidad de las raíces principales con un instrumento suficientemente cortante para no aplastar las células vecinas del corte.

Se sabe que Errera ha insistido, a propósito de la regeneración de los tallos de *Epicea* y otras coníferas sobre la influencia retardatriz y hasta inhibitrice, de la yema terminal, que, por su presencia, impide el desarrollo normal de las yemas secundarias vecinas; esta regla es muy general para los vegetales superiores y los horticultores la utilizan amenudo, sea para la poda de los frutales, sea también para que prendan los injertos; antes de injertar los pequeños escudetes sobre los sujetos, operación que da buenos resultados en el mes de Agosto, tienen la costumbre de "parar la savia" en Junio, es decir de torcer y enrollar los jóvenes brotes del sujeto en un ramo apretado para impedirles de crecer. Si se los deja crecer libremente, su acción inhibitrice sobre las yemas inferiores más jóvenes y en particular sobre el injerto, impediría su crecimiento sacándoles la savia; pero si el jardinero suprimiese en seguida todas las ramas, es probable que las yemas adventicias del tallo del sujeto, en mejor estado que la yema injertada, se desarrollarían y estorbarían a su vez el crecimiento del injerto; el desarrollo del injerto depende del equilibrio de savia ascendente que se logra mantener con podas o con mutilaciones apropiadas entre los dos organismos que se quiere reunir. El Sr. Daniel, profesor en la Facultad de Ciencias de Rennes ha insistido sobre estas nociones en su teoría de las **Capacidades funcionales** (1894-1910).

Es posible, Errera lo ha demostrado con las Coníferas, provocar el desarrollo simultáneo de dos yemas laterales, suprimiendo la flecha o el eje principal en un momento conveniente; basta elegir el momento en el que dos ramas secundarias de la corona superior son equivalentes y más vigorosas que sus vecinas. Esta circunstancia es bastante rara en los bosques de llanura, pero he constatado los efectos sobre más de la quinta parte de los *Larix* que crecen a 1800 metros y más arriba en el alto valle del Isère; se puede explicar esta particularidad por la frecuencia de la supresión de los ejes principales, destruidos por los grandes fríos y por los huracanes en alta montaña, combinados con la lentitud de crecimiento durante la primavera o el otoño y a la rapidez de alargamiento durante el muy corto período de verano, circunstancias que regularizan el desarrollo de las malezas o ramas secundarias. Cuando los *Larix* están más desarrollados, las dos flechas se sueldan y es difícil, sino imposible, distinguirlas de los tallos faciados, si no se examina con cuidado los rastros dejados al pie de los árboles por las ramas secundarias. La dificultad es tanto más grande que a priori, las mismas circunstancias parecen determinar también el desarrollo de los brotes faciados.

Sachs ha logrado (1856) provocar artificialmente el desarrollo de verdaderos tallos faciados suprimiendo muy temprano el talluelo en las semillas del poroto ornamental de flores rojas (*Phaseolus multiflorus*) en vía de germinación; la mayor parte de las yemas adventicias que nacen en la axila de los cotiledones dan nacimiento a tallos achatados si se tiene la precaución de hacer la sección del talluelo a una época en la cual los cotiledones están todavía carnosos y llenos de reservas amiláceas. El Sr. Goebel interpreta este experimento en su **Organographie vegetale** (1898) como sigue: "las faciaciones resultan de que la savia es llevada más rápidamente y con mayor intensidad a una yema lateral que hasta ese momento recibía poco o nada".

He hecho sobre este punto numerosas observaciones y varias series de experimentos. La supresión de las yemas terminales es frecuente en las operaciones hortícolas y en el arreglo de los bosques; de cualquier manera la abundancia de ramas faciadas o con hojas condensadas no parece siempre ir a la par con la importancia de la mutilación. Hay diferencias según las especies en experimento: los sauces, los alamos, los *Acer*, las acacias blancas, los tilos y los avellanos podados muy cerca

o cortados, dan nacimiento a numerosos hijuelos faciados; estos son raros sobre las cepas de las encinas, abedules y carpes. Entre los primeros árboles citados, los sauces y los álamos son de suelos húmedos y su vegetación empieza muy temprano; los Acer y las acacias blancas, los tilos y los avellanos, están clasificados entre los árboles y arbustos más vigorosos y que dan más hojas; su madera muy poco dura indica la abundancia de la savia ascendente que la recorre durante la buena estación; las encinas, los abedules, los carpes crecen lentamente, tienen hojas pequeñas, ramas nudosas, con brotes cortos.

Las plantas herbáceas como el tabaco, el tornasol, el lino, el grano sarraceno, las campanulas, las espinacas, los zapallos, las coles, dan numerosos retoños faciados que son raros sobre las cebollas, las chauchas, las papas, y aquí las diferencias están en relación con la rapidez del crecimiento de los tallos de estas especies y también de su modo de ramificación.

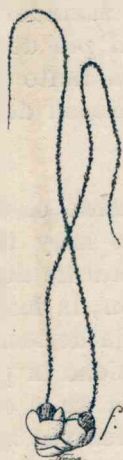


Fig. 2 f.

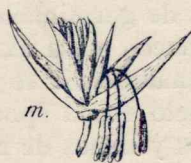


Fig. 2 m.

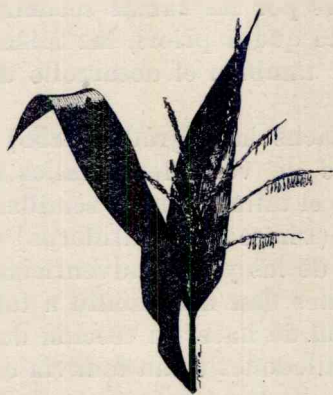


Fig. 3

Estudiando los bosques en explotación de los alrededores de París y del norte de Francia, he podido también convenirme que, en un mismo dominio, y para esencias idénticas, hay una época en la cual la sección da anomalías numerosas. Ciertas zonas de corte son muy ricas en brotes nuevos faciados, otras están casi desprovistas de ellos; las primeras corresponden a cortes recientes hechos al principio de la primavera o, más raramente, muy temprano en el otoño precedente, las segundas corresponden a cortes hechos durante el invierno en el período de reposo de la vegetación. El conjunto de estos datos bastaría

a establecer la influencia considerable de la época de la mutilación sobre el desarrollo de retoños monstruosos, pero he logrado demostrar su importancia por experimentos muy rigurosos hechos sobre miles de plantas de una especie anual de crecimiento rápido, el maíz.

Entre las gramíneas, la tribu de las Maideas (que comprende *Zea mays*, *Coix lacryma*, *Euchloa mexicana* y algunas otras especies) se distingue por la repartición en racimos de sus flores con sexos diferentes. A las extremidades de los tallos se desarrollan los panículos (fig. 3) de espiguillas masculinas compuestas de dos flores (fig. 2, m.) con tres estambres; sobre ramificaciones secundarias crecen las espiguillas femeninas sesiles (fig. 2, f.), encerradas en una gluma dura con la forma de una perla en el *Coix*, encastrado en la base carnosa de los ta-

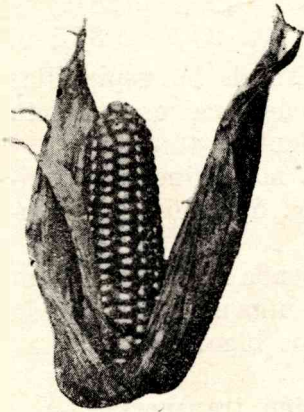


Fig. 4



Fig. 5



B



Fig. 6

llos en la *Euchloa* y reunidos en una espiga gruesa, cilíndrica en el maíz (fig. 4).

Varios autores, entre los cuales G. Krafft y M. O. Penzig, han descripto y estudiado anomalías de panículas terminales de los tallos del maíz, resultando de la presencia simultánea de flores masculinas y femeninas (tipo A, fig. 5) o de flores femeninas sobre racimos ramificados (tipo B, fig. 5) o todavía de flores femeninas agrupadas sobre un eje único (tipo c, fig. 6). He obtenido centenares de ellas cortando los tallos principales del maíz a ras del suelo poco tiempos antes de la abertura del racimo floral; algunas semanas después de la sección se desarrollan retoños terminados en su mayoría por racimos que ofrecen

la metamorfosis de flores masculinas en flores femeninas fértiles.

Es fácil observar estas anomalías y hacer una cuenta exacta. Comparando a los lotes testigos, sembrados en las mismas condiciones, los lotes a los cuales había cortado el tallo principal de arriba hasta abajo, dejando las hojas capaces de transpirar y asimilar, o en fin torcido el tallo de manera de provocar únicamente un paro momentáneo del crecimiento, dan un porcentaje decreciente de panículos anormales.

Experimento de 1913

Mutilaciones	Normalidad sobre 100 plantas operadas	Plantas normales	Plantas anormales	Plantas anormales sobre 100 sobrevivientes
Sección transversal .	21	15	49	76,5
„ longitudinal	12,5	39	32	45,0
Torsión	0	49	19	28,0
Testigos	0	77	3	3,75

La anomalía, es decir, la metamorfosis de las espiguillas masculinas en espiguillas femeninas, es más o menos completa y sus grados se suceden en el orden siguiente:

Panículo masculino (fig. 3), panículo masculino y femenino A, racimo femenino ramificado B (fig. 5) y eje único cubierto de flores femeninas C (fig. 6).

La intensidad de la metamorfosis depende menos de la mutilación (avaluada por el porcentaje de plantas muertas) que de la época en la cual la mutilación ha tenido lugar:

Influencia de la época de la sección transversal sobre la intensidad y anomalía de los panículos

Sección hecha sobre 30 plantas, el			Plantas vivas	Retoños con inflorescencia terminal			
				normal	tipo A	tipo B	tipo C
Julio	1º. de 1904 ..		17	21	4	2	0
„	18 „ 1904 ..		16	13	7	2	1
Agosto	2 „ 1904 ..		11	4	2	6	3
„	17 „ 1904 ..		7	0	0	7	4
Junio	24 „ 1905 ..		21	19	7	3	2
Julio	12 „ 1905 ..		18	14	12	5	1
„	29 „ 1905 ..		14	3	7	9	5
Agosto	12 „ 1905 ..		11	0	1	3	5

Me queda ahora, deducir de estos hechos, controlados durante varios años sobre el maíz, las conclusiones que permiten la extensión de las reglas que de ellos se desprenden, a otros

vegetales más o menos diferentes. Se ve fácilmente que la metamorfosis sexual por la cual el racimo terminal masculino del maíz es reemplazado por racimos cargados de flores femeninas, está siempre en correlación directa con el agrupamiento más compacto de las ramas; se sabe, además, avaluar con una gran precisión la compacidad de un racimo floral por la fórmula

$$D \text{ (compacidad)} = 10 \frac{a}{l}$$

donde *a* representa el número de ramas florales superpuestas en una longitud *l* expresada en centímetros.

En una serie de ensayos, hechos en 1904 y en 1905 con el maíz de Pensilvania, he podido observar las diferencias de compacidad siguientes:

Compacidades		5	10	15	20	25	30	35	40	Total
Panículos normales		38	51	11						100
„ del tipo A	..	21	15	24	19	16	5			100
„ „ „ B	..	0	5	23	38	15	7	12		100

De donde resulta que la metamorfosis creciente de los panículos de maíz corresponde a la acentuación de la compacidad, es decir de la faciación.

Se puede también llevar más lejos el análisis de estos experimentos. Sobre los racimos del tipo A, que ofrecen una mezcla de flores masculinas y femeninas, la metamorfosis sexual de las espiguillas masculinas en espiguillas femeninas es tanto más completa que las espiguillas están más apretadas las unas contra las otras. Si se estudia la compacidad de las porciones masculinas y de las porciones femeninas de los mismos tallos, se obtiene, en efecto, las series de cifras siguientes:

Compacidad	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Porciones masculinas .	2	6	9	17	15	23	13	7	5	3		
„ femeninas ..				1	2	5	8	15	31	23	12	3

Así la extremada condensación de los racimos que corresponde al estado acentuado de faciación, trae como consecuencia la hipertrofia de los ejes que se vuelven carnosos; determina al mismo tiempo la metamorfosis sexual de las espiguillas masculinas en espiguillas femeninas. Es evidentemente la mejor nutrición de las espiguillas desarrolladas sobre los ejes carnosos que las hace evolucionar en espiguillas femeninas, y la cantidad de alimento puesto a disposición de cada uno de ellos ha sido duplicada en el caso del maíz puesto que, de las dos flores femeninas que constituyen la espiguilla masculina, una

sola se desarrolla en flor femenina a causa de la extremada condensación de las espiguillas y de la falta de lugar.

No hemos hablado hasta ahora sino de los racimos ramificados masculinos, del tipo A y del tipo B. Me queda establecer que el racimo unijeje del tipo C, cuya estructura es idéntica a la de la espiga lateral femenina, representa un estado de condensación de las ores todavía más acentuado que para los racimos A y B. Se lo puede constatar, únicamente midiendo las compacidades; pero salta a la vista cuando se observa que, a cada ramificación de los racimos femeninos del tipo B, que llevan 4 hileras de semillas, corresponden únicamente dos hileras de semillas sobre el racimo reducido a un eje. La condensación expresada nada más que por el número aparente de flores desarrolladas, pero por el modo de agrupamiento de los haces vasculares que llegan a las espiguillas debe ser doblada. Así, cada flor femenina de la espiga lateral normal del maíz o del racimo terminal del tipo C, corresponde al conjunto de los haces vasculares que llegan a 4 flores masculinas.

La metamorfosis sexual de las flores masculinas en flores femeninas para la producción de racimos terminales A y B de maíz, es, pues, la consecuencia de la condensación extremada de las yemas, es decir de la producción de faciaciones. Las aplicaciones que se puede hacer a otros vegetales, susceptibles de dar faciaciones, son válidas.

Traducido de «Les transformations brusques des êtres vivants»

Bibliothèque de Philosophie scientifique

(Flammarion) Paris
