

La actividad semillera se inicia propiamente con la formación de la semilla en las flores de las plantas. Conocer los elementos fundamentales en este proceso biológico ayudará a entender causas y consecuencias relacionadas con el volúmen, descripción y variabilidad varietal, adaptación y control de calidad de las semillas que pueden esperarse en cada cultivo. Por lo tanto, se discutirán algunos conceptos botánicos, genéticos y ejemplos ilustrativos relacionados con los sistemas de reproducción de los granos básicos útiles para fortalecer los criterios de profesionales dedicados a la actividad semillera.

Conceptos Botánicos.

Existen dos sistemas reproductivos principales en las especies vegetales: sistema sexual y asexual. Interesa discutir principalmente el primero que está más relacionado con la actividad semillera tradicional. La reproducción asexual, de gran importancia para los cultivos alimenticios como la yuca y la papa, se fundamenta en conceptos muy diferentes que merecen ser discutidos en forma independiente.

El método de recombinación sexual está determinado por las formas florales y su ubicación en las plantas, lo cual ocasiona que cada flor se baste por sí sola para completar el proceso de fecundación, o requiera cruzarse con otras estructuras florales de otras plantas. Esta condición dá lugar a dos métodos reproductivos principales: La Autogamia y la Alogamia.



CIAT 021487
BIBLIOTECA 14 NOV 1965

1) Presentado por el Dr. Federico Poey, Especialista en Semillas, en el III Curso de Semillas llevado a cabo en el Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, Cali, Colombia.

Cultivos Autógamos son aquellos que presentan sus estructuras florales masculinas y femeninas en una misma flor, de manera que no puede haber polinización cruzada y por lo tanto cada planta se fecunda a sí misma. A este método pertenece el arroz, el trigo y el frijol.

Los cultivos Alógamos son aquellos en que sus flores permiten que se fertilicen las estructuras femeninas de una planta con las masculinas de otra. El maíz constituye una planta típica de este método por razón de tener sus estructuras florales separadas y completamente expuestas; las panojas son las masculinas y las mazorcas las femeninas.

Estos criterios pueden modificarse por variación genética o eventos ambientales naturales o inducidos, resultando en ciertos cultivos o condiciones, un comportamiento de reproducción intermedia entre los puramente autógamos o alógamos. El sorgo constituye un ejemplo de un cultivo principalmente autógamo pero que mediante la manipulación de características genéticas de esterilidad masculina puede modificarse y permitir la producción de semilla híbrida, lo cual no es característico en cultivos autógamos. Asimismo, puede mencionarse que, aún en cultivos netamente alógamos como el maíz, existe un pequeño porcentaje (menor del 10%) de plantas que logran autofecundarse en forma natural. Por otro lado, en cultivos autógamos es común encontrar cruzamientos ocasionados por insectos u otras causas de índole mecánica.

Conceptos Genéticos.

Dentro de los conceptos genéticos se deben distinguir aquellos que se relacionan a cada una de las plantas y su descendencia, de los que se refieren al conjunto

general de plantas que constituye una población o unidad de producción.

1. Individuales.

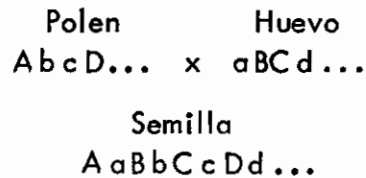
En términos generales se puede asociar el método reproductivo a la constitución genotípica de la planta: las autógamas son homocigotas y las alógamas altamente heterocigotas.

Los genotipos homocigotos reproducen sus progenies con la misma constitución genética que la planta progenitora, de manera que todas las semillas producidas en una flor serán también idénticas. Esta condición homocigota es consecuencia del proceso de fertilización en que la estructura masculina (polen) contribuye exactamente con la mitad de los genes que se manifiestan en la siguiente generación, mientras que la femenina (óvulo) contribuye con la otra mitad. Puesto que cada característica fenotípica está determinada por uno o más pares de genes, y la constitución autógama obliga a que ambos sexos sean de una misma planta, entonces los genotipos de la descendencia serán todos iguales, ya que en forma natural no hay oportunidad para que una flor permita la entrada de polen de otra planta diferente. La condición homocigota se puede describir con pares de letras iguales, cada par representando un par de genes constituidos al momento de la floración, como se explica a continuación:

| | | |
|--------------------|---|------------|
| Polen | | Huevo |
| A b c D... | x | A b c D... |
| Semilla | | |
| A A b b c c D D... | | |

Los genotipos heterocigotos, por el contrario, tienen sus pares de genes en variadas frecuencias de recombinaciones que pueden ser recesivos (aa), dominantes (AA) y/o heterocigotas (Aa), lo que ocasiona que las semillas de una misma flor

sean todos genotípicamente diferentes. En forma simbólica se puede describir un genotipo heterocigoto de la siguiente manera:



Las células reproductivas en el polen y huevo serán a su vez diferentes entre sí, dando lugar a que cada semilla, aún de un mismo individuo, sea formada por una combinación genética diferente.

Resumiendo, las variaciones que se observan entre plantas en un cultivo autógamo son debidas a efectos ambientales o mezclas previas de semilla, ya que no es posible la segregación en las progenies de variedades o líneas estabilizadas. Las variaciones entre plantas en cultivos alógamos pueden deberse a las causas mencionadas en adición a las segregaciones genotípicas que suceden después de cada generación de recombinación al momento de la floración.

2. Poblacionales

Según la uniformidad genotípica entre los individuos de una población de plantas, se pueden definir otras dos categorías que tienen relevancia con el concepto de identidad varietal. Estas son: homogéneas y heterogéneas.

Poblaciones homogéneas son aquellas que están constituidas por individuos de un mismo genotipo, mientras que las heterogéneas son las compuestas por individuos genotípicamente diferentes. Debe entenderse que individuos de un mismo genotipo pueden ser todos homocígotos (AAbbCCDD...) ó todos heterocígotos (AaBbCcDd...).

Debido a los métodos modernos de mejoramiento en los granos básicos, los conceptos genéticos individuales y de poblaciones se entrelazan. Comprender estos conceptos contribuye a interpretar adecuadamente los niveles de variación que pueden esperarse en las producciones de semillas de granos básicos según el cultivo, método de mejoramiento utilizado y generación de multiplicación después de liberada la variedad o híbrido para ser reproducida.

Así, por ejemplo, una variedad establecida de arroz es homocigota y homogénea; sin embargo, una población F1 de dos líneas de arroz será heterocigota pero homogénea, porque todas las plantas son genotípicamente iguales. No obstante, la generación F2 de ese cruce segregará en muchos fenotipos constituyendo plantas con una alta proporción de genotipos heterocigotos en una población heterogénea. No será sino después de 5 ó 6 generaciones de autofecundaciones sucesivas que volverá a constituirse la homocigosis y homogeneidad, siempre y cuando se trate de incrementos sucesivos de plantas individuales.

Si se ha explicado bien hasta aquí los conceptos botánicos y genéticos, se podrá comprender por qué una variedad de libre polinización de maíz se clasifica como heterocigota y heterogénea. Al tratarse de maíz híbrido, la clasificación cambia por consecuencia del método de mejoramiento, pudiéndose identificar diferentes clasificaciones en las diferentes generaciones necesarias en la formación de semilla de maíz híbrido: las líneas puras logradas mediante autofecundaciones controladas sucesivas se convierten en homocigotas y homogéneas (en forma similar a lo que sucedió con el ejemplo anterior del arroz, que por ser cultivo autógamo, la homocigosis o endogamia se logra en forma natural). Por lo tanto, un incremento

de semilla de una línea pura deberá ser homocigota y homogénea. Sin embargo, al realizarse el cruce sencillo de las líneas puras, la progenie será heterocigota y homogénea.

Un tercer ejemplo puede citarse para el caso de las variedades multilineales que se empiezan a distribuir en arroz y trigo, particularmente. La progenie de esas mezclas intencionales de semillas en cultivos autógamos se clasifica como homocigota pero heterogénea.

Ejemplos Ilustrativos

Para ilustrar sobre la relación de los conceptos presentados con la producción y control de calidad de semilla citaremos a continuación algunas situaciones características:

1. Especies autógamas presentan menos variación que las alógamas.

Una vez estabilizada una variedad de arroz, trigo o frijol (homocigotas y homogéneas), el potencial genético de toda la descendencia es exactamente el mismo para cada planta, siempre y cuando no haya mutaciones. Las variaciones que puedan apreciarse serán debidas por lo tanto a efectos ambientales o mezclas con otras variedades. De manera que descontaminando las plantas fuera de tipo, antes o después de la floración, en un lote de semillas de cultivos autógamos, se elimina la posibilidad de que reaparezcan en el siguiente ciclo. Se comprende entonces que estas especies deban tener mayor uniformidad entre plantas que especies alógamas.

Las especies alógamas, por otro lado, están compuestas por plantas heterocigotas que se recombinan entre sí a la floración. Esto infiere variabilidad genética en cada generación, además de la ambiental que siempre incide, lo cual justifica su mayor variabilidad entre plantas. De esta situación se deriva la importancia de hacer descontaminación en lotes de semilla de maíz antes de la floración, ya que cualquier panoja de una planta contaminante producirá millones de granos de polen que al recombinarse con otras plantas ocasionarían nueva variación genotípica y fenotípica en la siguiente generación.

2. Híbridos Vs. Variedades de Libre Polinización.

En poblaciones alógamas aisladas en libre polinización existe un equilibrio de genotipos donde sólo una proporción determinada es heterocigota. En maíz, se descubrió que los genotipos heterocigotos tienen mayor vigor y por lo tanto rendían más que los homocigotas. En base a este conocimiento se desarrolló el método de hibridación que consiste en hacer genotipos homocigotas (líneas puras) en base a autofecundaciones controladas para cruzarlas después y lograr una mayor proporción de heterocigotos.

Al alterar el sistema reproductivo natural de las especies se requiere conocer la capacidad de producción de polen, así como de la receptibilidad de los estigmas (cabellos), para lograr una producción de grano (semillas comparable a la que se obtiene en forma natural. Por ejemplo, para producir los cruces sencillos se acostumbra a sembrarse una proporción de dos surcos hembras (los cuales son despanojados antes de que salga el polen) por uno de macho que producirá el polen que es llevado por el viento hasta los estigmas de la línea hembra. Para producir el cruce doble, se usan cruces sencillos que tienen mucho vigor y por lo tanto, panojas más grandes, de manera que

la proporción de surcos hembras y machos se puede emplear de 6 a 2 en lugar de 2 a 1. En estos dos casos será necesario eliminar las plantas fuera de tipo antes de la floración y, desde luego, cuidar del aislamiento de otras fuentes de polen que puedan contaminar las mazorcas de las plantas despanojadas. Para lograr el cruce será necesario, desde luego, que las panojas de los surcos "hembras" se eliminen antes de que se exponga el polen de esas plantas. Si no se hace ésto adecuadamente, el polen de plantas "hembras" fertilizará otras plantas "hembras" y no se logra entonces el cruce que se pretende. Existen mecanismos de esterilidad masculina que facilitan en forma notable la producción de semilla de maíz híbrido, ya que se elimina la necesidad de despanojar, así como el peligro de contaminación por consecuencia de un inadecuado despanojamiento.

En las variedades de maíz de libre polinización, la producción de semilla es más simple, ya que solo hay que aislar el lote de producción de otros maíces que florezcan a la vez, y eliminar las plantas contaminantes dentro del campo. Así mismo, debe tenerse presente que una variedad de libre polinización tendrá mayor variabilidad que un híbrido, por ser la población de plantas altamente heterocigota y heterogénea en contraste con un híbrido de líneas puras que es heterocigoto y homogéneo.

Estas consecuencias del sistema de apareamiento deben tenerse presente al establecer las normas mínimas para asegurar la calidad de la semilla de maíz. Es necesario disponer de una descripción varietal que incluya la magnitud de la variación esperada en las características, ya que éstas, por consecuencia de la

constitución genética derivada del sistema de reproducción, serán mayores en poblaciones heterocigotas y heterogéneas (variedades) que en homocigotas y homogéneas (líneas puras).

3. El Caso del Sorgo.

El sorgo, a pesar de tener las estructuras florales masculinas y femeninas en la misma flor, permite un porcentaje variable de polinización cruzada. Esto sucede por exponerse parcialmente sus estigmas y por ser el polen de muy ligero peso. Para producir semilla de sorgo híbrido, fue necesario primero identificar fuentes genéticas de esterilidad masculina. En sorgo no es posible eliminar las estructuras masculinas manualmente como se hace en el maíz que es una planta alógama. El mecanismo de producir semilla con esterilidad masculina requiere además de la identificación de líneas que siendo fértiles permitan multiplicar su contraparte estéril al cruzarlas pero sin que reproduzcan polen en la siguiente generación; es decir, que se mantenga estéril. Por otro lado, se requiere de otra línea no emparentada, que sería el progenitor macho en la formación del sorgo híbrido. Se requiere que éste, además de ser fértil para poder permitir la fecundación de las plantas "hembras" estériles, tenga la habilidad de restaurar la fertilidad en las plantas que resulten de las semillas logradas con su polen en la siguiente generación. Manipular las características de esterilidad masculina y la habilidad de mantenerla y restaurarla, es el resultado de una cuidadosa metodología de los fitomejoradores. El productor de semilla, sin embargo, necesita conocer estos principios para garantizar el aprovechamiento de esta alta tecnología. En particular lo necesita para valorizar adecuadamente la importancia de la eliminación de plantas fértiles dentro

de la población de las plantas estériles. Asimismo, necesita conocer con exactitud la oportunidad de emergencia y capacidad de producción de polen en el progenitor macho para determinar la mayor efectividad en la relación y fecha de siembra de los surcos hembras y machos en la producción de semilla de sorgo híbrido.

El extraordinario desarrollo de la industria semillera del sorgo ha sido posible gracias a la hábil transformación de los fitomejoradores de una planta principalmente autógama y homogénea a otra heterocigota y homogénea por un lado, y por el otro al cuidado, mantenimiento y control de los progenitores por los productores de semilla.