

TEMA 8. SELECCIÓN MASAL EN ALÓGAMAS.

1. Introducción
2. Selección masal
3. Selección masal individual
4. Variantes de selección masal
5. Elección del método
6. Métodos: individual, con evaluación de la descendencia, medios hermanos, combinada, hermanos completos y recurrente
7. El punto de partida en la selección masal de alógamas
8. Especies parcialmente alógamas

Bibliografía

INTRODUCCIÓN A LA MEJORA GENÉTICA DE PLANTAS

Cubero, J.I.

Mundi-Prensa. Madrid. 2003.

Capítulo 9

PRINCIPIOS DE LA MEJORA GENÉTICA DE PLANTAS.

Allard, R.W.

Omega. Barcelona. 1967.

Capítulos 15 y 21

MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LAS COSECHAS

Poehlman, J. M., Sleper, D. A.

Editorial Limusa. Mexico. 2003

Capítulo 10

1.- Introducción

En plantas alógamas las selecciones individuales son raramente efectivas para la obtención de una variedad, ya que su estructura genética y su sistema de apareamiento hacen que la precisión con que una planta se reproduce a si misma sea baja. Por otra parte las selecciones individuales suponen una reducción enérgica durante el proceso de la selección del número de plantas que van a generar la nueva población o variedad, lo cual tendrá efectos negativos en el vigor y en la productividad como consecuencia del aumento de la consanguinidad. En plantas alógamas, por tanto, se utiliza más la selección masal en todas sus modalidades.

2.- Selección masal.

Al igual que en autógamias, consiste en la selección de individuos o de familias que muestran las características requeridas, la mezcla de cuyas semillas constituirá la semilla de siembra de la generación siguiente. El proceso se repite hasta conseguir una nueva población adecuada a nuestras necesidades.

3.- Selección masal individual

Cuando se eligen individuos el método se llama **selección masal individual**.

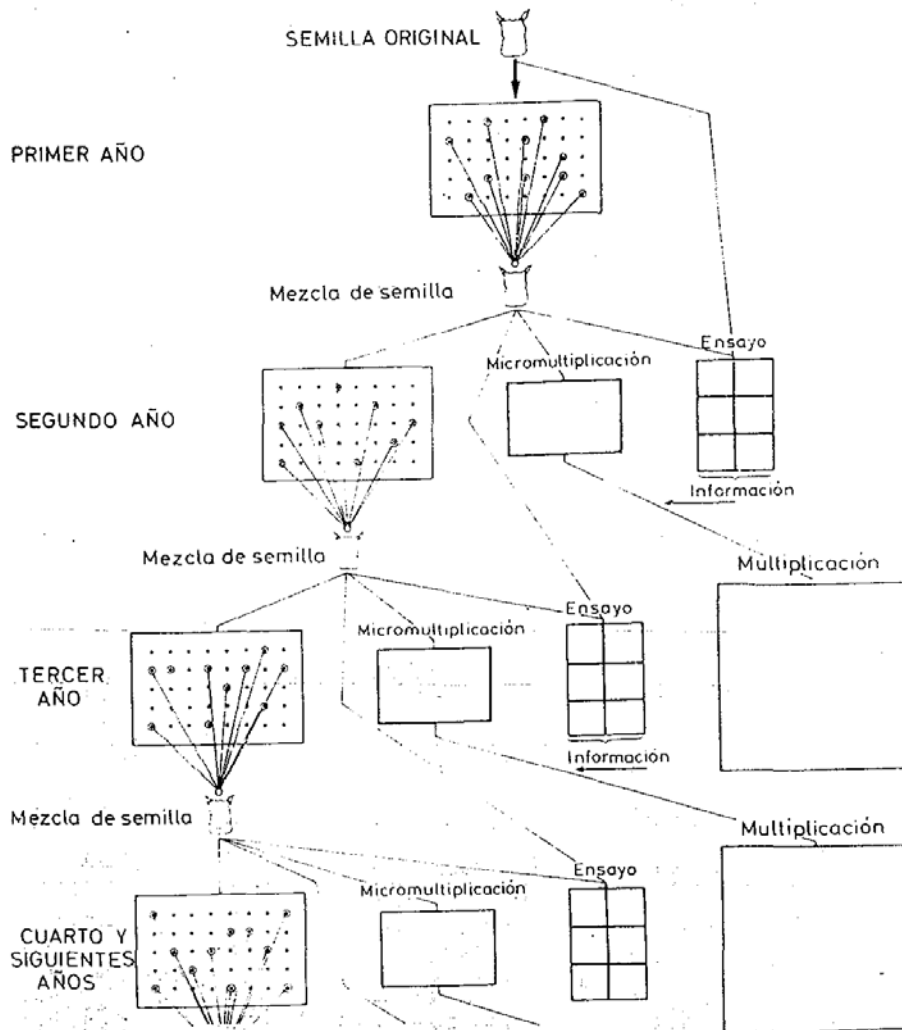


Fig. 20.—Esquema de un proceso de selección masal en plantas algamas.

Debe tenerse cuidado de no elegir un número de individuos muy pequeño para no reducir el tamaño de la población, lo que aumentaría el riesgo de aumentar la consanguinidad y, por tanto, de disminuir el vigor de los individuos. **Este es uno de los aspectos que limita la eficiencia de la selección masal.** Igualmente, la semilla de siembra de cada generación debe estar formada por una mezcla equilibrada de las semillas de las plantas seleccionadas, pues en otro caso, el predominio del mejor fenotipo podría llevar a una reducción del número efectivo de individuos con el aumento consiguiente del peligro de consanguinidad.

Otro de los aspectos que limita la eficacia de la selección masal para ciertos caracteres es su **baja heredabilidad**, es decir, la ineptitud para identificar genotipos superiores por el aspecto fenotípico de plantas individuales. En efecto, en la selección individual, la respuesta a la selección (R) es, en general:

$$R = k h^2 DS$$

siendo DS el diferencial de selección, h^2 la heredabilidad del carácter y k un coeficiente que depende del tipo de selección.

Recuérdese que R es la diferencia entre la media de la población filial (que surge de la reproducción de los individuos seleccionados), a la que designamos F_R , y la media de la población en la que se hace la selección, designada por F. El diferencial de selección DS es la diferencia entre la media de los individuos seleccionados (F_S) y la media de la población en la que se hace la selección (F).

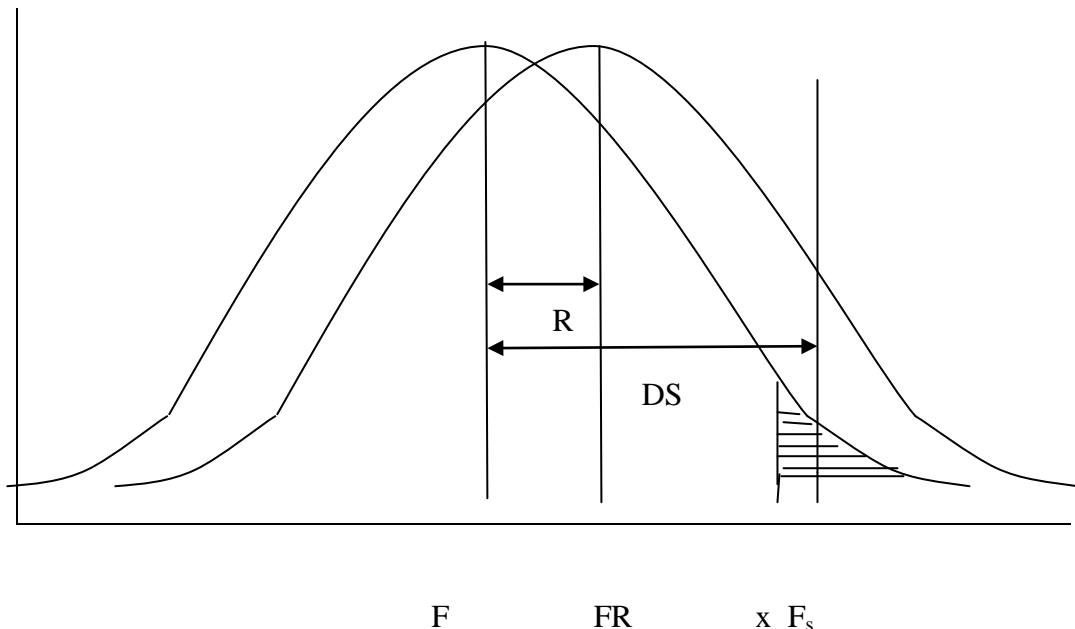
$$R = K h^2 DS$$

por tanto :

$$F_R - F = Kh^2 (F_S - F)$$

es decir

$$F_R = F + K h^2 (F_S - F)$$



Si el carácter sometido a selección se expresa después de la antesis floral no es posible eliminar los individuos no seleccionados antes del inicio de la polinización en la población. En ese caso solo se está practicando selección de parentales femeninos, no de masculinos, selección de hembras, no de machos. En ese caso, el coeficiente K vale 0,5. Es el caso de los caracteres de fruto.

Si el carácter sometido a selección se expresa antes de la antesis floral y es posible eliminar los individuos no seleccionados antes del inicio de la polinización en la población, se está practicando selección de parentales femeninos y masculinos, de hembras y de machos. En ese caso la respuesta a la selección es mayor, ya que K vale 1. Por ejemplo, en muchos casos de mejora de la resistencia a enfermedades, la valoración de la resistencia puede hacerse en plantas muy jóvenes, mucho antes de la floración. Otro, ejemplo, cuando la parte cosechable del cultivo es vegetativa. Suele entonces poderse valorar agrónomicamente las plantas antes de la floración (por ejemplo las crucíferas).

4.- Variantes de selección masal.

La selección masal individual es la variante más simple de la selección, pero no la única. Caben distinguir varios tipos de selección masal:

- a) Individual, familiar, según que se seleccione individuos o familias, y combinada, en la que se seleccionan familias y dentro de la familia seleccionada individuos.
- b) Selección directa (el material seleccionado forma la generación siguiente sin otra evaluación) o con evaluación de la descendencia (el material seleccionado se evalúa por medio de sus descendientes antes de formar parte de la generación siguiente).
- c) La generación de selección y la de recombinación son la misma o no.
- d) Con utilización o no de autofecundación o clonación.

5.- Elección del método.

Si la heredabilidad h^2 es muy alta, podremos seguir el método más sencillo, la selección masal individual. Si la heredabilidad es muy pequeña, sería necesario utilizar algún esquema alternativo. En este caso el conjunto de H^2 y h^2 puede ser útil para el mejorador. Supongamos que H^2 y h^2 son pequeñas. Eso indicaría que hay mucha varianza ambiental en comparación con la varianza genética. Se debe usar algún esquema para reducir la varianza ambiental. Por ejemplo, intentar elevar al máximo la uniformidad de las condiciones ambientales en las que se realiza la selección. Otra forma de reducir la varianza ambiental sería utilizar evaluación de la descendencia o selección familiar. En estos casos al basar, la selección no en el fenotipo de un individuo sino en el promedio de una familia, la variación ambiental incontrolada se reduce y se puede obtener una estimación mejor de las diferencias genotípicas entre los entes sometidos a selección.

Si, por otra parte, h^2 es baja pero H^2 es alta, entonces no hay mucha varianza ambiental. El bajo valor de h^2 se debe a que la cantidad de varianza aditiva es pequeña en comparación con la varianza de la dominancia y de la epistasia. En estos casos se puede recurrir también a los métodos de selección con evaluación de la descendencia o a los métodos de selección familiar, aunque lo ideal sería, si es posible, abandonar la selección masal y recurrir a métodos que aprovechan además de la varianza aditiva la varianza genética dominante, es decir, aquellos que explotan la heterosis, como por ejemplo el desarrollo de híbridos.

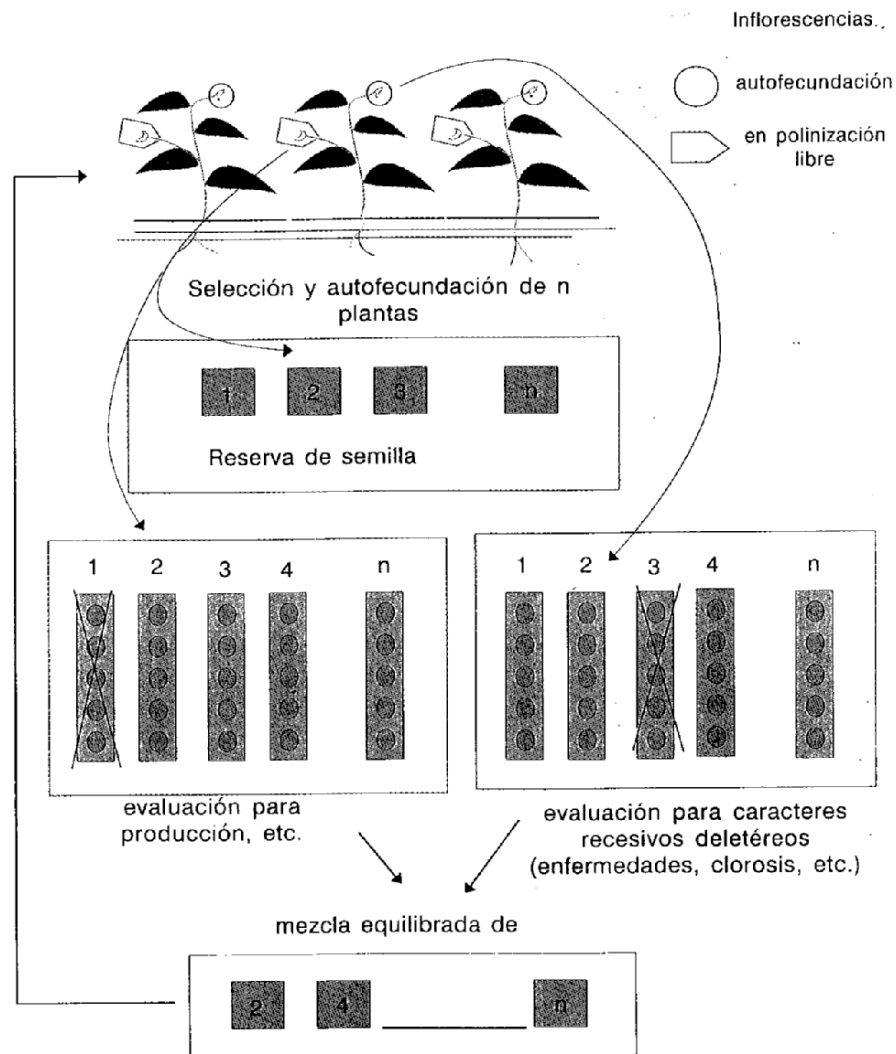
Como regla general, las respuestas son mayores en los métodos combinados que en los simples y en los que hay separaciones de generaciones de selección y de recombinación que en los que no. Pero la respuesta exacta depende de las condiciones concretas del método y de cómo se lo lleva a la práctica.

6.- Métodos de selección masal.

6.1.- Selección masal individual.

Ya descrito.

6.2.- Selección masal con evaluación de la descendencia. (denominado a veces elección familiar de medios hermanos)



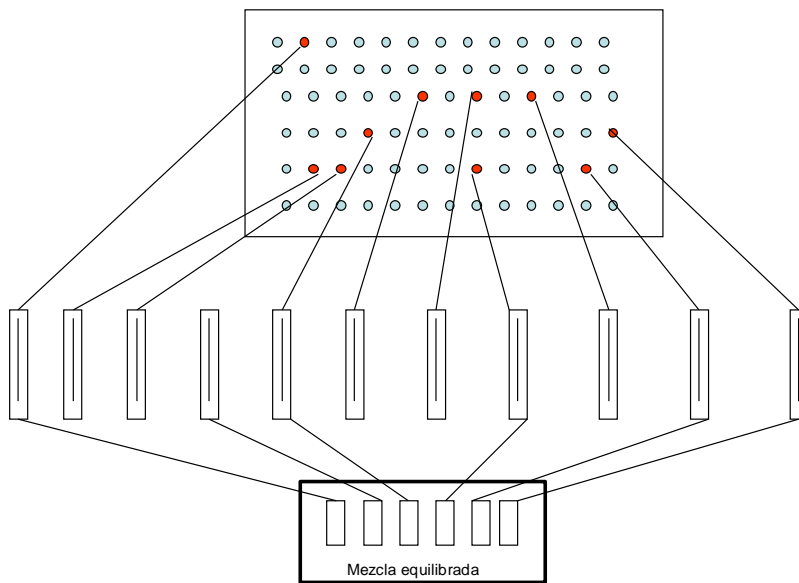
Sobre una población inicial se seleccionan los individuos que presentan las características requeridas. Con la semilla cosechada en cada uno de estos individuos se establecen dos lotes. Uno de ellos se mantiene en reserva. El otro se siembra en una parcela individual. A continuación se hace una valoración de las parcelas sembradas y una vez decidida cuales son las mejores, se mezclan las semillas reservadas de las plantas madres correspondientes a dichas parcelas para constituir la generación siguiente, a partir de la cual se iniciará un nuevo ciclo de selección idéntico al descrito. Se trata pues de una selección individual en base a pruebas de descendencia, ya que hemos seleccionado plantas individuales de la generación inicial de cada ciclo a partir de su fenotipo y del de sus descendientes. Por otra parte, las descendencias de las plantas finalmente seleccionadas son familias de medios hermanos. De ahí que este esquema sea también conocido como selección familiar de medios hermanos. Pero estrictamente la selección es individual, ya que los entes seleccionados (los que proporcionan la semilla de la siguiente generación, no son familias sino individuos, eso sí, seleccionados con la ayuda de un prueba de descendencia. Lo que se selecciona aquí son las plantas madres, aunque la valoración de las mismas se ha realizado por medio de parte de su descendencia.

Mediante este método se intenta reducir la influencia negativa sobre la selección de la variación ambiental y de la variación genética no aditiva.

Si se pueden obtener algunas semillas por autofecundación de una parte de cada planta se puede realizar una evaluación de descendencia con el material autofecundado para valorar las plantas madres respecto de deficiencias controladas por alelos recesivos. En efecto la autofecundación permite la formación de homocigotos recesivos que se manifestarán en la generación siguiente, pudiéndose observar así si la planta que se ha autofecundado es portadora de genes recesivos perjudiciales, encubiertos por encontrarse en ella en heterocigosis.

En el caso de que la especie que estamos mejorando se pueda clonar (por ejemplo, la alcachofa) las plantas seleccionadas de la población inicial se clonan para tener una estimación del carácter por medio de varias medidas en plantas genéticamente idénticas a la planta madre. Una vez decidido cuales son los mejores clones, estos se transplantan a un lugar aislado para que se crucen entre si y produzcan la semilla que iniciará un nuevo ciclo. En este caso sólo estaríamos reduciendo la influencia negativa sobre la selección de la variación ambiental y todavía cabe hablar menos de selección familiar de medios hermanos. Tampoco cabría hablar de pruebas de progenie, ya que los clones evaluados no son iguales a las progenies que se van a obtener estos se interpolinicen.

6.3.- Selección familiar de medios hermanos



Medios hermanos son los que tienen un progenitor común. Sobre una población inicial se seleccionan los individuos que presentan las características requeridas. Las semillas recogidas en las plantas seleccionadas constituyen familias de medios hermanos. Estas se siembran en parcelas separadas para su evaluación, pero a diferencia del método anterior no se reserva parte de la semilla de cada familia. Una vez evaluadas las familias, la semilla producida únicamente por las mejores familias se cosecha en masa. Mezclada equilibradamente constituirá la siguiente generación.

6.4.- Selección familiar de hermanos completos

Otra modalidad es la selección familiar de hermanos completos. En este caso se obtienen familias por medio de cruzamientos entre plantas de la población inicial. Las semillas que se obtienen en cada cruzamiento constituyen una familia de hermanos

completos. De cada familia se reserva una parte de la semilla y la otra se utiliza para evaluar la familia. Se reconstituye la población con las reservas de semillas de las familias mejor evaluadas. En la práctica es difícil en plantas, a no ser que puedan cruzarse con facilidad a mano como ocurre en plantas monoicas.

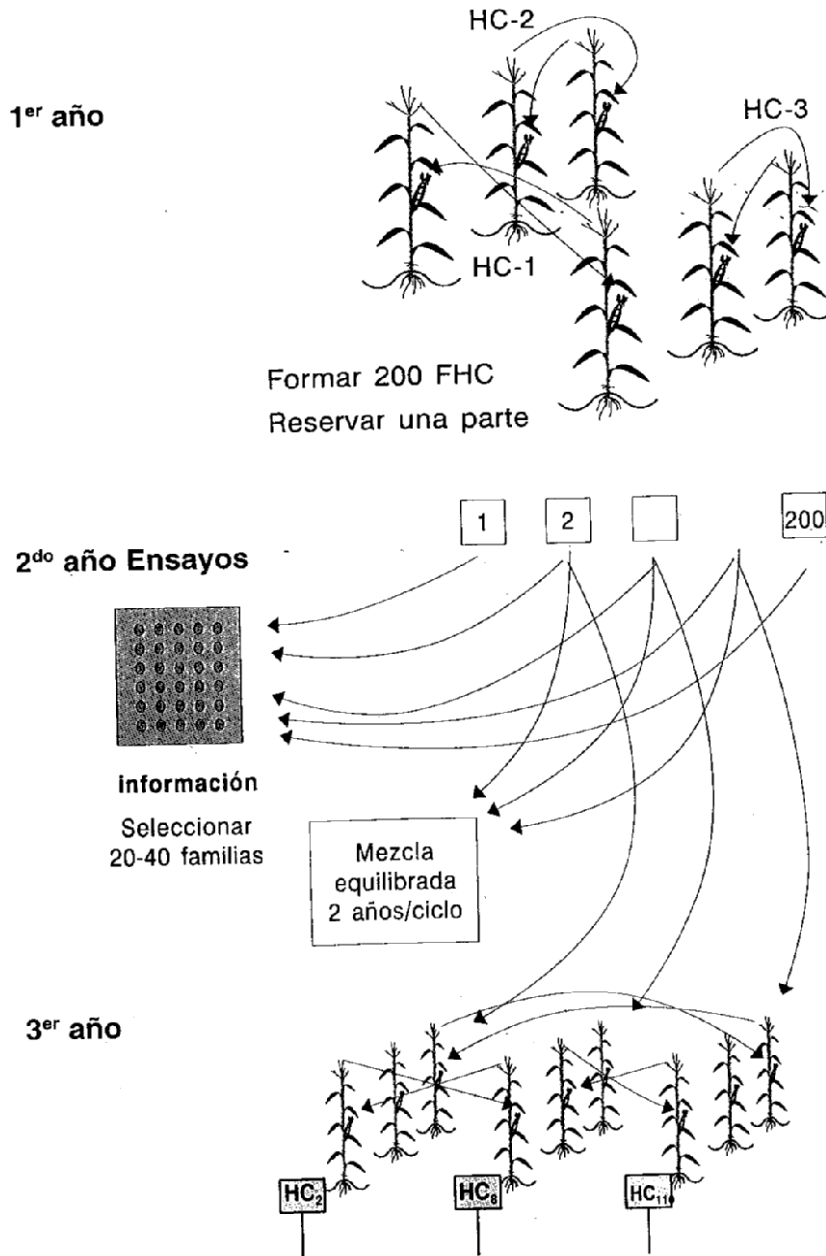
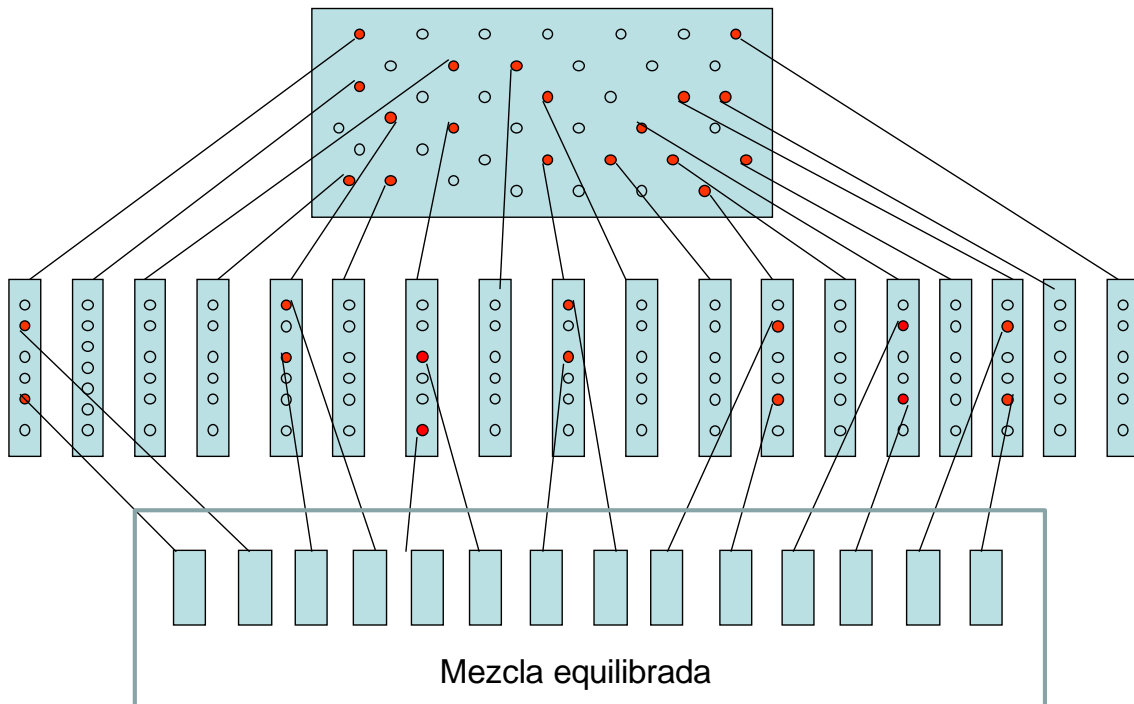


Fig. 7.3. Selección familiar de hermanos completos.

6.7.- Selección combinada.

Se hace simultáneamente selección entre familias y dentro de familias. Por ejemplo, en la selección familiar de medios hermanos (6.3.) de las mejores familias seleccionadas no

cosecharíamos las semillas de todos los individuos, sino únicamente de aquellos de fenotipo superior dentro de la familia seleccionada.



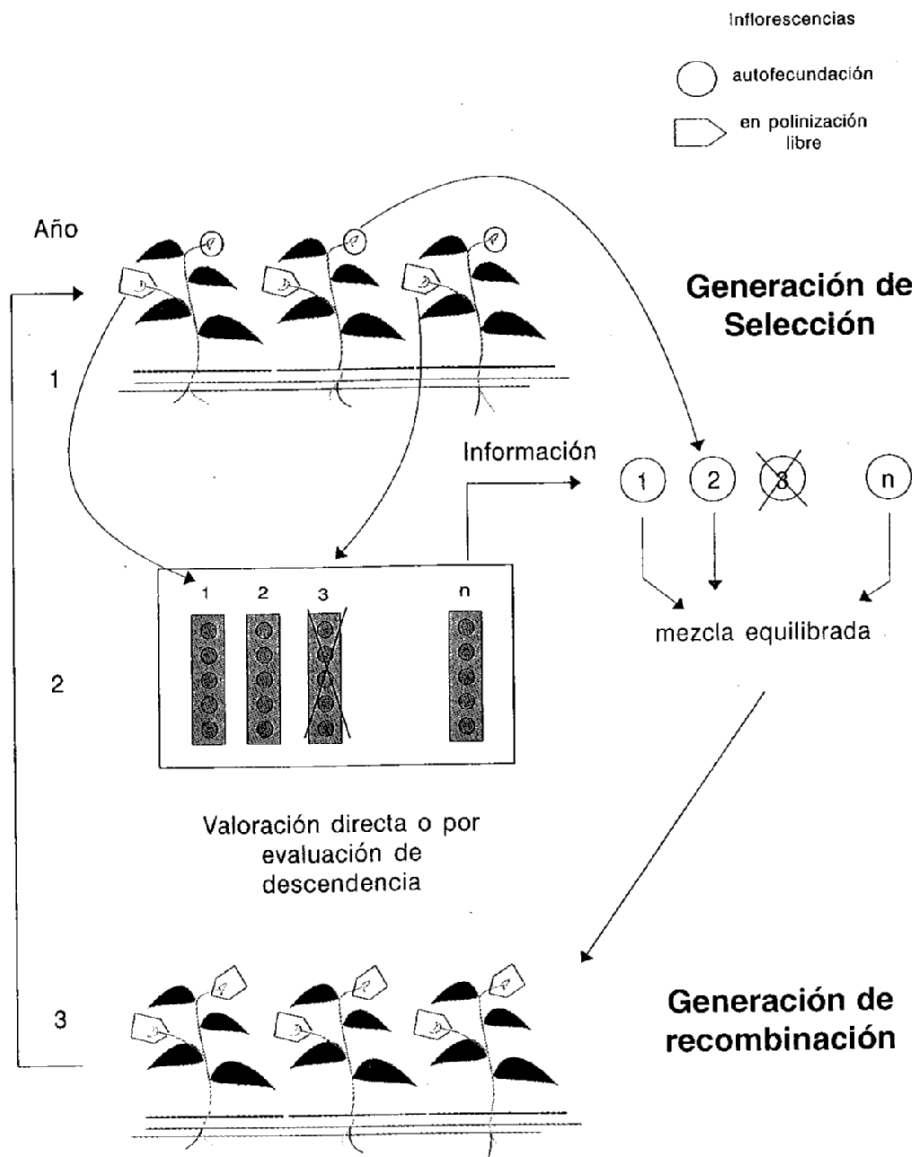
6.8.- Selección recurrente

Hasta ahora, hemos visto métodos en los que se ha practicado la selección de semillas en la misma generación en la que tiene lugar la polinización. La recombinación genética producida por el cruzamiento entre las plantas y la selección de las mejores plantas tienen lugar en la misma generación aunque la decisión sobre las plantas elegidas pueda retrasarse, en los casos de la selección con evaluación de la descendencia, un año para operar con datos fiables. No ocurre así en los métodos de selección recurrente. En éstos, se da una separación entre ambas generaciones, produciéndose en una la selección de los mejores individuos y en otra la recombinación (por fecundación cruzada entre las plantas de la población). Para ello utilizaremos descendencias autofecundadas una o dos veces. La autofecundación aquí es un elemento esencial y no meramente auxiliar. En efecto, **otra de las circunstancias que restan eficacia a la selección masal es la polinización no controlada**, de tal forma que las plantas seleccionadas pueden ser polinizadas tanto por un polen superior como por uno inferior. La autofecundación que lleva asociada la selección recurrente evita esta deficiencia. Hay varias modalidades de selección recurrente. El valor de k en la expresión $R = k h^2 S$ depende de la modalidad seguida, pero se suele usar $k=2$ como valor de uso práctico. En lugar de autofecundación, se puede usar propagación vegetativa con los mismos efectos en la respuesta o ganancia genética.

En su forma más ortodoxa se siguen los siguientes pasos:

- 1) En una población se seleccionan las plantas que muestren las características requeridas y se autofecundan (o se propagan vegetativamente). Al autofecundarlas (o propagar vegetativamente) impedimos que las plantas se polinicen con otro polen que no sea el propio. Es precisamente esta semilla procedente de la autopolinización la que utilizaremos luego para reconstituir la población e iniciar un nuevo ciclo.

- 2) Las plantas seleccionadas pueden ser sometidas de nuevo a evaluación mediante evaluación de la descendencia.
- 3) La semilla de autofecundación (o los propágulos vegetativos) de todas las plantas definitivamente seleccionadas se mezcla de forma equilibrada para constituir la generación siguiente que se llama generación de recombinación o de entrecruzamiento. En ella permitimos la interpolinización libre de las plantas (polinización abierta), pero no se efectúa selección alguna. Con ello estamos dando más oportunidades a la recombinación, que combinada con la selección del siguiente ciclo favorece la formación de combinaciones superiores de genes. Estamos permitiendo, pues, la polinización abierta entre plantas que tienen una generación de autofecundación. Con la semilla recogida en las plantas de la generación de recombinación se inicia un nuevo ciclo.



Tal como se ha descrito el método, se ha intercalado una generación de autofecundación. Los mejoradores de maíz la denominan selección S1. Una modificación frecuente consiste en realizar dos autofecundaciones sucesivas (selección S2). También pueden efectuarse dos generaciones de entrecruzamientos sucesivos y, por supuesto, todas las combinaciones posibles. La respuesta teórica es mayor, pero puede

no compensar la longitud del ciclo, a menos que se tenga la posibilidad de conseguir alguna de dichas generaciones fuera de estación.

7.- El punto de partida en la selección masal de alógamas.

Los procesos de selección que acabamos de exponer suponen que el punto de partida es una variedad local o una variedad población preexistente. El producto finalmente obtenido es una variedad población. No obstante, será interesante muchas veces el partir de una población artificial, como por ejemplo una mezcla de semilla procedente del cruzamiento entre plantas de dos variedades que se supone complementarias en sus dotaciones génicas.

8.- Especies parcialmente alógamas

Algunas especies (algodón, habas, tabaco, sorgo, pimiento, berenjena, apio, girasol, melón, pepino, sandía, calabaza, calabacín y alguna más) pueden reproducirse en parte por alogamia y en parte por autofecundación. En estas especies las tasas de alogamia pueden ser muy variables por lo que no es útil dar cifras. Incluso en especies tenidas y manejadas como totalmente autógamas o alógamas, pueden darse casos en que la tasa de alogamia aumente, en las primeras, o disminuya, en las segundas, lo suficiente como para que el mejorador deba tenerlo en cuenta, aunque no sea más que para evitar el **bastardeo** o la deriva genética respectivamente. En todo caso, un material vegetal con entre al menos un 10% y un 70% de alogamia debe considerarse parcialmente alógamo, evitando la tentadora identificación práctica con autógamas o alógamas estrictas, identificación que permitiría un trabajo tan fácil como incorrecto.

Solo se deben utilizar los métodos de selección individual propios de la mejora de autógamas (como por ejemplo el genealógico) si la tasa de alogamia es baja (<20%) y es factible evitar el bastardeo mediante autofecundaciones artificiales o mediante aislamientos físicos o espaciales de las familias. Si la tasa de alogamia es baja pero no es factible evitar el bastardeo, da buen resultado la selección masal con evaluación de la descendencia. Para tasas de alogamia más altas también la selección masal con evaluación de la descendencia es más aconsejable y más aún cualquier método de selección recurrente. De particular importancia es en estas poblaciones el carácter de la autofertilidad. Aquí el término autofertilidad no quiere decir ni autogamia, ni autocompatibilidad. Por autofertilidad se está indicando aquí la capacidad de una planta para producir semilla en ausencia de insectos polinizadores, esto es para producir semilla de autofecundación si no están presentes los agentes polinizadores. Las plantas que son completamente autofértiles se comportan como si fueran autógamas, pero sin serlo, pues admiten perfectamente el cruzamiento si se da la ocasión. Por un la autofertilidad garantiza la producción en ausencia de insectos polinizadores. Por otro lado facilita mucho la ejecución de la selección recurrente, alternando generaciones de autofecundación (en jaulones a prueba de insectos) y de polinización libre en campo abierto en condiciones en las que se favorezca la presencia de insectos polinizadores.

Después de varios ciclos de selección masal con evaluación de la descendencia o de selección recurrente, o en ausencia de los mismos, en las parcialmente alógamas con alta tasa de alogamia también se puede intentar obtener líneas puras mediante autofecundaciones sucesivas. Si estas son suficientemente autofértiles y soportan bien la consanguinidad se les podrá aplicar una selección individual. Si no fuera así se podrán estudiar las aptitudes combinatorias para el desarrollo de variedades sintéticas o de

híbridos, que son métodos que explotan la heterosis y que se estudiarán en los temas siguientes.