

TEMA 11. VARIEDADES SINTÉTICAS

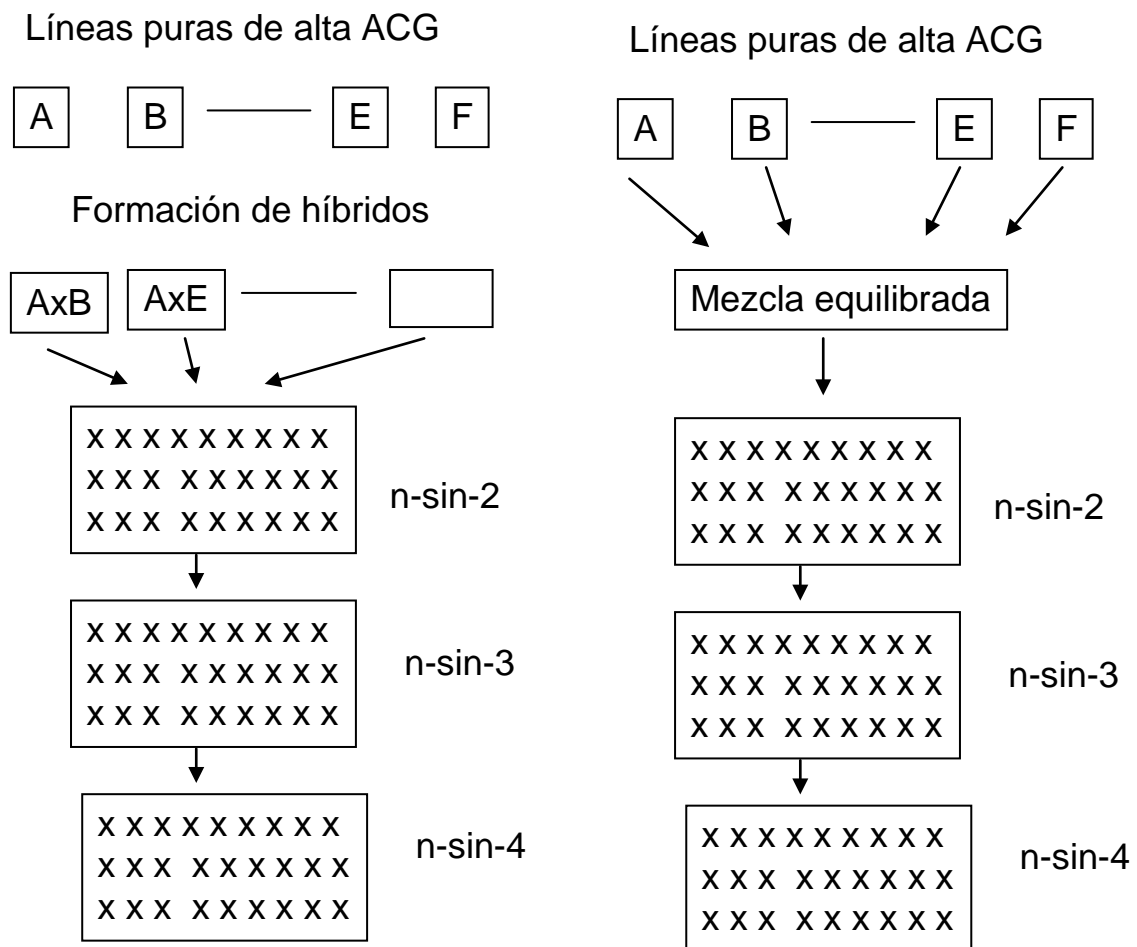
- 1. Las variedades sintéticas, alternativa a los híbridos.**
- 2. Definición y comportamiento.**
- 3. Estructura genética de las variedades sintéticas.**
- 4. Número óptimo de genotipos fundadores de las variedades sintéticas.**
- 5. Estructura genética de los genotipos fundadores de las variedades sintéticas.**
- 6. Utilización de las variedades obtenidas por selección masal y sintéticas.**

1. Las variedades sintéticas, alternativa a los híbridos

La mejora de plantas alógamas se basa principalmente en la utilización controlada de la heterosis que aparece en los híbridos entre ciertos genotipos. Sin embargo, en muchas especies alógamas no resulta practicable la producción anual de semilla híbrida de primera generación. La dificultad puede residir en la anatomía floral, en la existencia de alelos de autoincompatibilidad o en una demasiada baja tasa reproductiva para la obtención económica de semilla híbrida. En estos supuestos una alternativa a los híbridos la constituyen las variedades sintéticas. Especies pertenecientes a las gramíneas y leguminosas forrajeras (generos *Lolium*, *Dactylo*, *Fleo*; *Bromus*, *Festuca*, *Trifolium*, *Medicago*...) y otros cultivos (generos *Beta*, *Raphanus*, *Daucus*, *Allium*, *Brassica*) son aptos para este tipo de mejora que también aprovecha la heterosis.

2. Definición y comportamiento.

Las VS son poblaciones creadas artificialmente a partir de un cierto número de estructuras parentales (en principio líneas puras) elegidas de forma que tienen una buena aptitud combinatoria general. Se construyen mezclando equilibradamente las estructuras parentales, o las F₁ entre ellas, dejando que se interpolinicen libremente en aislamiento para evitar la llegada de polen extraño, y multiplicando las generaciones sucesivas asimismo en aislamiento.



Si el número de estructuras parentales implicadas en la variedad sintética es K, y todas ellas contribuyen de igual manera en la obtención de la generación K-syn-2, podemos estimar el comportamiento de la K-syn-2 en función del comportamiento medio de los parentales, P, de promedio de todos los híbridos F₁, \bar{F}_1 , y del número de líneas parentales, K. En efecto el cruzamiento al azar de las K líneas tendrá lugar de acuerdo con el siguiente esquema.

	1	2	3	K
1	1×1	1×2	1×3		1×K
2	2×1	2×2	2×3		2×K
3	3×1	3×2	3×3		3×K
.					
.					
K	K×1	K×2	K×3		K×K

De las K² combinaciones posibles K corresponden a las autofecundaciones entre los parentales y K²-K=K(K-1) a los cruzamientos directos y recíprocos entre ellos. Por tanto el valor medio resultante de la población obtenida según el esquema será:

$$K - syn - 2 = \frac{K}{K^2} \bar{P} + \frac{K^2 - K}{K^2} F_1 = \frac{\bar{P}}{K} + \frac{K-1}{K} F_1 = \bar{F}_1 - \frac{\bar{F}_1 - \bar{P}}{K}$$

\bar{F}_1 mide el vigor híbrido. Luego la disminución del vigor de la K-syn-2 equivale a la k-esima parte del exceso de vigor de los híbridos sobre sus estructuras parentales. De acuerdo con la ley de H-W la K-syn-2 es una población panmítica en equilibrio. Todas las generaciones siguientes serán idénticas a ella y en consecuencia no habrá más disminución del vigor, siempre y cuando los apareamientos sean al azar y no se produzca selección en ella.

3. Estructura genética de las V.S.

La estructura genética de una variedad V.S en principio es equivalente a la de una variedad obtenida por selección masal, ya que ambas poblaciones son panmíticas en equilibrio. El punto clave de la distinción entre variedades obtenidas por selección masal y una V.S está en la manera en que se escogen los genotipos constitutivos. Una V.S se sintetiza con genotipos cuya aptitud combinatoria ha sido ensayada. Sólo los genotipos que combinan bien entre sí, en todas las combinaciones, entran en la variedad sintética. Este ensayo previo del comportamiento de los híbridos distingue una variedad sintética de una

variedad obtenida por una simple selección masal. Esta última está formada por genotipos agrupados sin un ensayo previo del comportamiento de la descendencia o de las combinaciones híbridas.

Así pues las variedades sintéticas tratan de aprovechar el vigor híbrido más eficazmente que las poblaciones mejoradas por selección masal. Además, la variedad sintética, si degenera, puede ser reproducida por el obtentor cuantas veces quiera, ya que en su partida se utilizan siempre los mismos genotipos con los que se formuló. Una variedad O.P obtenida por selección masal debe mantenerse mediante mejora conservadora, pues si degenera ya no se puede recuperar.

Por otra parte, con respecto a los híbridos el vigor híbrido es menor y son menos homogéneas, pues en definitiva son variedades O.P. Sin embargo, tienen una mayor flexibilidad genética que los híbridos, ya que al ser una población panmíctica se puede reproducir a sí misma por polinización abierta, siempre que se tomen las medidas adecuadas para que no degeneren. Esto quiere decir que el agricultor puede reproducirla por sí mismo durante unos cuantos años.

4. Número óptimo de estructuras parentales de las V.S.

Según la expresión general del comportamiento de una V.S.:

Este comportamiento depende de:

$$K - syn - 2 = \bar{F}_1 - \frac{\bar{F}_1 - \bar{P}}{K}$$

- Número de líneas genitoras
- Del comportamiento de esas líneas
- Del comportamiento medio de los cruzamientos entre las líneas

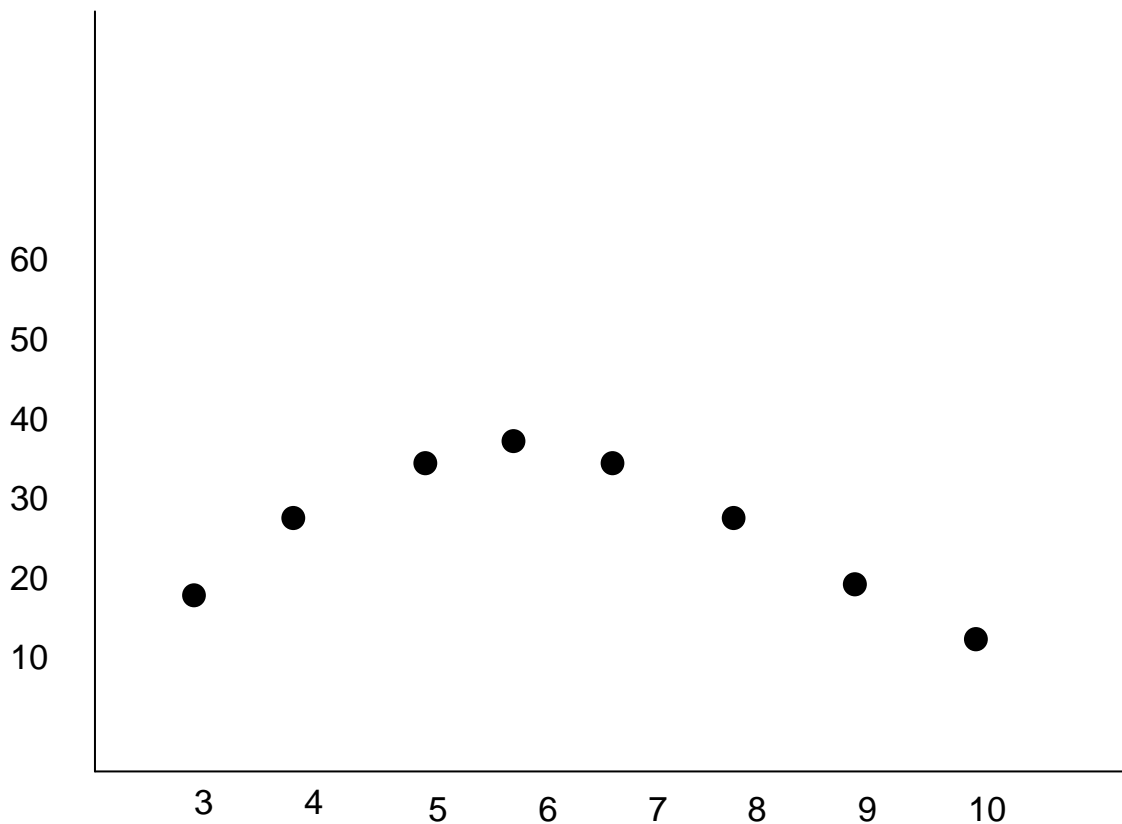
Aumentando el número de genotipos selectos teóricamente se mejora el valor de la variedad sintética. Ahora bien, a medida que aumentamos el valor de K iremos introduciendo líneas con menores valores de A.C.G., es decir vamos rebajando el valor de \bar{F}_1 . Lo que ocurre en realidad es que a medida que aumentamos K aumenta el valor de la variedad sintética hasta un óptimo, a partir del cual incluso pueden disminuir, debido a la dificultad de encontrar nuevos genotipos que combinen bien con los seleccionados para poder mantener elevada la expresión del carácter en los F_1 .

La manera de operar para optimizar el número (K) de genotipos selectos es el siguiente:

- 1) Se eligen, por sus características agronómicas (rendimiento, resistencia a enfermedades, adaptación a condiciones desfavorables (frío, sequía, salinidad, etc.) calidad nutritiva, porte de la planta, etc.
- 2) Se estima la A.C.G. de las líneas elegidas, que puede hacerse mediante un top-cross o un policruzamiento.
- 3) Se obtienen todos los híbridos simples F_1 entre las líneas puras anteriores. Esto es ya una limitación al número de líneas manejables.
- 4) Se valora el comportamiento de las líneas puras y de sus híbridos en las mismas condiciones ambientales.
- 5) Se aplica la fórmula de Wright para estimar el valor (rendimiento) de la $K-syn-2$. Para ello se ordenan las líneas puras por sus valores de A.C.G. de mayor a menor y se calcula el valor teórico, según la

fórmula de Wright, de la variedad sintética formada por las tres primeras líneas puras, luego cuatro primeras y así sucesivamente.

- 6) Se representan en una gráfica los valores obtenidos. En dicha gráfica observaremos normalmente un crecimiento de los valores a medida que aumenta K; esos valores se estabilizan (dentro de unos ciertos límites) para un intervalo de número de líneas parentales, decreciendo a continuación.
- 7) Si el valor máximo se tiene en una meseta para valores de K de 4 a 6, por ejemplo, la variedad sintética la formaremos con los 4, los 5 o las 6 primeras líneas puras.
- 8) Una vez formulada se multiplica y se vende.



Si el punto 3 es imposible en la práctica no queda más remedio que calcular valores reales en lugar de los teóricos del punto 5. Es decir, ordenamos las líneas puras por su A.C.G. y formamos diversas variedades sintéticas con 3, 4, o más parentales y los sometemos a ensayos durante un cierto número de años, comercializando el producto más conveniente.

5. Estructura genética de los genotipos fundadores.

Una manera de hacer máximo el valor de la V.S. según la fórmula de Wright es conseguir que el valor ($\bar{F}_1 - P$) sea mínimo, lo cual ocurrirá si el valor P es alto. Esto ocurrirá en líneas altamente consanguíneas de especies fuertemente alógamas cuando se está en las primeras generaciones de

autofecundación (S_1 , S_2). Por ello se ha recurrido con frecuencia a utilizar dichas líneas incompletamente puras. Aunque con estas modificaciones la fórmula de Wright no es aplicable, los resultados han sido buenos. El inconveniente es que cada vez que se repite el proceso de multiplicación no podemos garantizar completamente que la V.S. obtenida tenga los caracteres de la V.S. obtenida en procesos anteriores. Al iniciar cada año el proceso comercial, mezclando líneas con una generación de autofecundación (S_1) partiendo de plantas madre S_0 , nunca estaremos seguros de que las S_1 de años sucesivos tenga exactamente la misma constitución genética.

Una forma de eludir totalmente la autofecundación es utilizar clones en lugar de líneas puras. Esto es posible, obviamente, en especies que pueden multiplicarse clonalmente.

Los pasos pueden resumirse así:

- 1) Se constituye un campo de policruzamiento con los distintos clones. Al ser perenne la planta la dificultad inicial de su diseño se compensa con creces por su larga duración.
- 2) Se calculan las A.C.G., y al mismo tiempo se evalúan por resistencias, calidades y defectos, no sólo los clones propiamente dichos sino las descendencias procedentes de la autofecundación (si la especie lo permite) de alguna rama o tallo de cada clon.
- 3) Se diseña la variedad sintética; los clones fundadores se repican a una parcela aislada.
- 4) La semilla obtenida en esa parcela sirve de generación inicial de la variedad sintética; se multiplica como ya se ha explicado. Cada año se obtiene la semilla inicial en dicha parcela.

Cuando utilizamos clones estamos fundando la V.S. con líneas S_0 , esto es, sin ninguna autofecundación, pero les hemos medido su A.C.G. y hemos formulado en consecuencia una V.S. Si simplificamos y nos limitamos a formar la VS con los mejores clones (por rendimiento, resistencias, calidad, etc.) estaríamos en el caso de selección masal con separación de generaciones: puede verse lo sutil de la separación entre variedades población y variedades sintéticas.

Si la estimación de la ACG es difícil, las líneas, o simplemente las variedades o clones de interés, se ordenan por sus meros rendimientos y se ensayan en diversas combinaciones hasta conseguir una válida comercialmente. Esto es una variedad sintética por mezcla, pero no una variedad sintética en sentido estricto, que precisa para ello de la estimación de la ACG; como se ve, aquella es perfectamente reproducible año tras año sin más que realizar la mezcla conveniente cada vez. No se tiene, sin embargo, la ventaja de aprovechar de forma más completa el vigor híbrido que si se tiene en la auténtica variedad sintética, puesto que para formar ésta, pero no la derivada de simple mezcla, hemos elegido las líneas o variedades de mejor ACG, es decir aquellas que forman de manera general los mejores híbridos.

Un producto de gran interés (en realidad, un auténtico «subproducto») es la población resultante de un programa de selección recurrente por ACG; recuérdese que dicho programa está diseñado para conseguir una nueva población cuyos individuos tengan altas ACG, con el objetivo inicial de obtener nuevas líneas puras utilizables en variedades sintéticas e híbridos comerciales. Pues bien, teniendo en cuenta que, con dicho procedimiento, la ACG se eleva en todos los individuos de la población, ésta se convierte en un conjunto de

genotipos de alta ACG, lo que por definición es una auténtica variedad sintética. Hay una diferencia, sin embargo, entre esta población variedad sintética y la variedad sintética en sentido estricto: ésta es perfectamente reproducible cada año por el productor de semilla, sin más que mezclar los genotipos (líneas puras, clones) elegidos tras el proceso descrito más arriba, pero aquélla no lo es: es una población derivada de un cierto proceso de selección, pero nadie se atrevería a asegurar que la puede reproducir cada año. El problema no es importante más que a nivel conceptual, pues dado que estamos en especies alógamas, la población variedad sintética mantiene su contenido genético (y, por tanto, todas sus características) durante largo tiempo, más largo seguramente que la propia vida de la variedad

6. Utilización de las variedades obtenidas por selección masal y sintéticas

Queda claro que, desde la variedad población derivada del más simple de los métodos de selección masal hay un camino continuo hasta llegar a las auténticas variedades sintéticas que utilizan líneas puras (esto es, altamente homocigóticas). Ese camino pasa por las variedades población obtenidas por métodos más refinados de selección masal (evaluación de descendencia, etc.), por las conseguidas con los métodos recurrentes simples (con separación de generaciones de selección y recombinación), por las que hemos llamado «sintéticas por mezcla», las poblaciones VS procedentes de selección recurrente por ACG, las «sintéticas con plantas S_0 ». A lo largo de dicho camino se incrementa el vigor híbrido y, por tanto, la respuesta en forma de rendimiento.

No hay entre dichos tipos de variedades límites precisos que, por otro lado, pueden parecer no necesarios si el producto obtenido es bueno. Además, todas las variedades obtenidas pueden ser reproducidas por el agricultor, ya que son poblaciones de polinización abierta, sin más que reservar una porción de la semilla para utilizarla como semilla de siembra el año siguiente. No debe hacerlo así indefinidamente porque con sus medios no puede evitar el bastardeo de la variedad a lo largo del tiempo: mutaciones espontáneas, migrantes de otras variedades de peor calidad, problemas de consanguinidad si reserva un número de semillas muy pequeño, etc., etc. Por tanto, cada 3 ó 4 años como máximo (y esto si es cuidadoso) debe volver a adquirir semilla original, sobre todo si se trata de una variedad sintética auténtica, con la ventaja adicional de que el semillista puede haber introducido en su formulación una línea pura mejorada.

A pesar de la dificultad en la separación entre diferentes tipos de variedades, hay que señalar algunas diferencias a favor de las variedades sintéticas auténticas, es decir, formadas por líneas puras altamente consanguíneas o clones, *pero siempre con estimación previa de sus ACG*. No sólo se hace así el máximo uso de la heterosis sino que es la única forma de garantizar la oferta del mismo producto año tras año, puesto que dichas líneas (y no las de escasas generaciones de autofecundación) y clones son siempre idénticos a sí mismos, las primeras al ser homocigóticas, los segundos por poder reproducirse vegetativamente. Además, puede sustituirse con facilidad alguno de los componentes, sin más que cambiarlo en la formulación (esta ventaja, pero ninguna más, también la muestran las «sintéticas por mezcla»).

Así pues, las variedades sintéticas en sentido estricto son las únicas que deberían recibir tal nombre, lo que no sucede en la práctica comercial, pues son un producto inferior tan solo a las auténticas variedades híbridas comercial.

ordenación según vigor híbrido creciente.

- OP. Selección masal simple.
- OP. Selección masal con evaluación de la descendencia.
- OP. Selección recurrente simple.
- OP. Sintética por mezcla.
- OP. Población variedad sintética
- OP. Sintética S_0 (clon o variedad)
- OP. Sintética auténtica