

TEMA 6

Mejora Genética clásica en la producción de nuevas variedades

LA MEJORA GENÉTICA

- En este tema, se describen los principios generales de la evolución de las plantas y cómo el hombre ha emulado a la naturaleza, canalizando el río evolutivo hacia su propio molino.
- En los genomas se producen de modo continuo variaciones sobre las que luego actúa la selección, siendo variación y selección los motores de la evolución, y los procesos que debemos analizar para entender cómo el hombre trata de imitar a la naturaleza.
- La evolución de los seres vivos ocurre con el concurso de cinco procesos básicos:
 - **Alteración génica o mutaciones**
 - **Recombinación génica**
 - **Selección natural**
 - **Aislamiento reproductivo**
 - **Fijación de variantes génicas al azar**

1. Alteraciones génicas: mutaciones

- El mecanismo replicativo del ADN es muy preciso y está sometido a “corrección de pruebas”, sin embargo ocurren alteraciones, si bien con muy baja frecuencia.
 - Cambio puntual de una base por otra
 - Inserción o Eliminación de varios elementos
 - Duplicación de genes
 - Duplicación de un genoma completo por fallos en la distribución de copias



VARIABILIDAD

Nota. Una fracción muy pequeña da lugar a nuevas propiedades de la proteína mutada que son potencialmente útiles para los retos que ha de afrontar el individuo mutado o su descendencia.

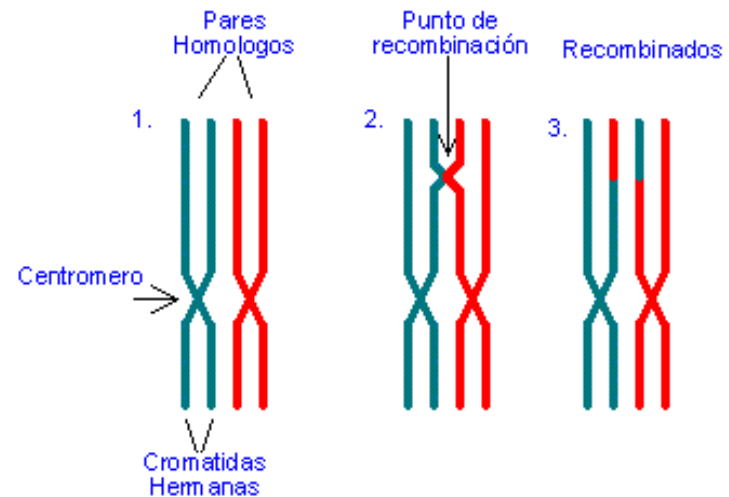
-Los efectos de las mutaciones no sólo dependen de cómo afectan a la capacidad funcional de una determinada proteína sino también de cómo inciden sobre la capacidad de ésta de coordinarse con el resto.

2. Recombinación génica

- El cruzamiento entre individuos sexualmente compatibles permite la recombinación de la información genética que portaban, de modo que en la descendencia se pueden producir nuevos genotipos en los que las variantes aparecen en combinaciones distintas de las originales.
- La recombinación amplifica la variabilidad generada por el proceso de mutación, al permitir que se forme un número elevado de nuevos genotipos, de nuevas combinaciones entre los genes presentes en los progenitores.



VARIABILIDAD



CANALIZACIÓN DEL PROCESO EVOLUTIVO

■ 3. LA SELECCIÓN NATURAL

- Responsable de que la mayoría de la variabilidad generada no perdure en la descendencia.

Viabilidad y fecundidad dependen de:

- Vigor germinativo
- Mecanismos de dispersión de semillas
- Defensa frente a patógenos

■ 4. EL AISLAMIENTO REPRODUCTIVO

- Una mutación que retrase el momento de floración determinaría el aislamiento reproductivo de las plantas que la portan, dando la oportunidad a dos o más poblaciones de evolucionar de forma divergente y de explotar un mismo hábitat de formas distintas

■ 5. EL AZAR

- Opiniones encontradas.
- El color de ojos de los habitantes de una isla puede ser una mera consecuencia del de los primeros náufragos que llegaron a ella, y carecer por tanto de valor adaptativo

EL HOMBRE IMITA A LA NATURALEZA

- El hombre, en su progresiva manipulación de las especies vegetales que ha puesto a su servicio, no ha hecho más que emular a la naturaleza, actuando artificialmente sobre algunos de los procesos básicos de la evolución.
- **La revolución neolítica. Domesticación: paso de silvestre a cultivada**



Siembra de
granos cosechados

Cosecha



Este proceso ocurre sin que el recolector-cazador tenga conciencia de hacerlo.

-Selección automática-

El descubrimiento hecho en la «Cueva de los murciélagos» de México donde se encontraron restos de mazorcas de maíz correspondientes a estratos geológicos sucesivos que mostraban un aumento gradual de tamaño correlativo con la sucesión cronológica, revela que el hombre del Neolítico, haciendo uso de su inteligencia racional, aplicaba ya un proceso de selección en el maíz que cultivaba.

EL HOMBRE IMITA A LA NATURALEZA

- En la 2ª revolución verde, los *métodos* de la Mejora han sido los *cruzamientos* y la *selección*, complementados en ocasiones con *técnicas citogenéticas* y de *mutagénesis artificial*.

- El mejorador no sólo actúa sobre el proceso selectivo, sino que aplica también métodos de mutación y de hibridación artificiales, imitando y acelerando el proceso natural de creación de variabilidad, aumentando la eficacia de la manipulación genética.

- Introduce además la idea de diseño genético, al combinar las técnicas de selección, que afectan simultáneamente a muchos genes, con la introducción selectiva de genes individuales, en sentido mendeliano, para conferir a las plantas propiedades estructurales o fisiológicas específicas

Mazorca de maíz primitivo (2000 a.C.) en comparación con una mazorca de maíz híbrido obtenido por técnicas de mejora genética (Fuente: P.C. Mangelsdorf. 1950. Scientific American)



EL HOMBRE IMITA A LA NATURALEZA

- En la 3ª revolución verde, la ingeniería genética permite el aislamiento de un gen, la caracterización y el manejo en el tubo de ensayo, así como su introducción en el genoma de un ser vivo. Existe diseño “a priori”.



Se han producido y se están evaluando actualmente bananas transgénicas que contienen virus inactivados causantes del cólera, la hepatitis B y la diarrea.

El mejor contenido nutricional y la maduración tardía son características transgénicas de interés en los tomates.

Mediante la inserción de dos genes del narciso y un gen de una especie bacteriana en plantas de arroz, investigadores suizos han producido arroz capaz de sintetizar betacaroteno, el precursor de la vitamina A.



FASES HISTÓRICAS DE LA MEJORA

MEJORA INTUITIVA (desde el origen de la agricultura (10.000 años) hasta el siglo XVIII)

- Consiste en la **selección masal**, esto es, la elección por el agricultor de los mejores individuos para sembrar o plantar el año siguiente.
- No se individualizan los reproductores sino que se mezclan para producir la nueva generación parental.

FUENTE DE VARIABILIDAD. ESPONTÁNEOS MUTACIÓN Y CRUZAMIENTOS

MEJORA CIENTÍFICA

- La demostración de que las plantas tienen sexo, utiliza el cruzamiento dirigido para la producción de nuevas formas, ya sea para ser utilizadas directamente o para incrementar la variabilidad del material a seleccionar. A partir del siglo XIX, el cruzamiento está inseparablemente unido a la selección.

FUENTE DE VARIABILIDAD. CON EL CRUZAMIENTO DIRIGIDO SE ACCEDE AL FONDO GENÉTICO DE OTRAS VARIEDADES Y ESPECIES

MEJORA GENÉTICA

- Surge con el redescubrimiento de las leyes de Mendel. Se maneja de forma más precisa la técnica combinada de selección y cruzamiento, pues se conoce la información hereditaria que se quiere modificar y se le puede seguir la pista al proceso.

FUENTE DE VARIABILIDAD. MUTAGÉNESIS INDUCIDA Y POLIPLOIDÍA QUE SE AÑADEN A LA SELECCIÓN Y CRUZAMIENTO ANTERIORES

Ejemplo. Triticale: cruzamiento interespecífico + poliploidía

TIPOS BASICOS DE VARIEDADES

■ **Variedades o razas locales**

- Son el fruto de la domesticación y de la selección continua (masal) durante milenios por parte de los agricultores de todo el mundo
- Presentan una homogeneidad fenotípica que esconde una gran variación genética
- Son una fuente actual muy valiosa de genes de interés agronómico para cualquier especie
- Nunca antes seleccionadas por mejoradores profesionales

■ **Variedades-población**

- Obtenidas por el trabajo profesional de mejora
- Se utilizan en ambientes poco favorables, compitiendo ventajosamente con las mejores variedades híbridas
- Tienen mayor producción que las anteriores pero menor riqueza genética

■ **Líneas puras**

- Conjunto de individuos obtenidos por vía sexual, genéticamente idénticos, homocigóticos para todos los caracteres y fenotípicamente homogéneos

TIPOS BASICOS DE VARIEDADES

- **Clones**

- Descendencia por vía asexual de un individuo, genotípica y fenotípicamente idéntica

- **Mezclas**

- Conjunto heterogéneo de semillas, por ejemplo, que el agricultor aprovecha para disponer de una fuente continua de alimento, y el mejorador como auténtica reserva de genes
- Agricultura de subsistencia o paso intermedio en un programa de mejora

- **Híbridos comerciales**

- Resultado directo de 2, 3 o más líneas puras, y que representa el máximo potencial genético
- No utilizar las semillas porque segregan. Se deben comprar regularmente.

OPERACIONES BÁSICAS EN MEJORA

- **Selección masal**
 - Método milenario y único hasta el s. XVIII.
 - Se eligen los mejores individuos y se mezclan para constituir la generación del año siguiente.
- **Cruzamiento artificial o dirigido (s. XVIII)**
 - Combinar en una misma variedad caracteres de varios orígenes, incluso otras especies (rescate de embriones)
 - **Retrocruzamiento**: Se emplea para introducir uno o muy pocos genes cualitativos (genes mayores) en una variedad desde cualquier tipo de material vegetal
- **Mutación inducida**
 - Agentes físicos: rayos X, gamma y UV
 - Agentes químicos: EMS (etil-metanosulfonato...)
 - Se acompaña de mutaciones indeseables
 - Se recupera el gen deseable y se eliminan los no deseables por retrocruzamiento con una variedad de interés
 - No es dirigida

OPERACIONES BÁSICAS EN MEJORA

- **Manipulación cromosómica**
 - Poliploidización:
 - Obtención de variedades de una especie con distinto número de cromosomas
 - Obtención de nuevas especies, mediante la duplicación de los cromosomas de un híbrido interespecífico
- **Cultivo *in vitro***
 - Variación somaclonal
 - Cultivo de anteras (granos de polen y microsporas) como fuente de haploides y líneas puras
 - Fusión de protoplastos (híbridos somáticos)
 - Rescate de embriones en híbridos interespecíficos
 - Selección *in vitro*
- **Ingeniería genética**
 - Incorporación de caracteres fuera del ámbito de las plantas (ejemplo: resistencia a insectos dada por *Bacillus thuringiensis*)

OTROS MÉTODOS DE MEJORA

■ **Obtención de líneas puras**

- Se realizan autofecundaciones de forma natural o forzada, durante varias generaciones, a partir de una planta cualquiera, por heterozigota que sea. Se obtienen igual en líneas autógamas que alógamas, impidiendo en éstas la llegada de polen extraño a la propia plantas.

■ **Aprovechamiento del vigor híbrido**

- Lo anterior se dirige fundamentalmente a conseguir recombinarlas de tal forma que se obtengan genotipos que manifiesten **vigor híbrido o heterosis**. En especies hortícolas (pimiento, tomate, calabacín, berengena...) se obtienen a mano. En gran cultivo y autógamas, se transforman en alógamas mediante la androesterilidad, anulando la fertilidad del polen de una de las líneas parentales, que hará de hembra en el cruce y que producirá la semilla híbrida comercial al ser polinizada con el polen de otro parental.

OTROS MÉTODOS DE MEJORA

■ Casos especiales

- **Poliploides.** En estas plantas la selección y el cruzamiento se llevan a cabo en haploides de tetraploides o dihaploides, obtenidos por cultivo de anteras; una vez transferidos los caracteres de interés se duplica el número de cromosomas con colchicina.
- **Plantas de reproducción vegetativa.** Apomícticas. Tienen abortado el proceso de reproducción sexual aunque tengan órganos sexuales.
 - Selección clonal
 - Inducción de variación por mutagénesis artificial
 - Inducción artificial de reproducción sexual (si se puede)
 - Una vez dado con el ejemplar adecuado se multiplica asexualmente para su comercialización
- **Plantas de multiplicación vegetativa.** Aquellas que se reproducen bien sexualmente pero que por conveniencia del hombre se propagan vegetativamente mediante propágulos diversos (estacas, rizomas, bulbos, etc.).
 - **Ciclo reproductivo corto.** Creación de variabilidad mediante cruzamiento dirigido y prop. Vegetativa.
 - **Ciclo reproductivo largo. (Frutales)** Mutación, selección clonal e ingeniería genética.
 - **Formas compuestas patrón-injerto.** El injerto según lo dicho anteriormente y con el patrón se utiliza la semilla de cruzamiento natural o dirigido, se selecciona un clón con características adecuadas sin que llegue a florecer.

CONSIDERACIONES FINALES

Selección automática



Selección masal



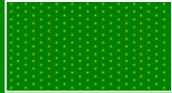
Cruzamiento

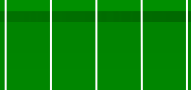


**Mutagénesis
Manejo cromosómico
y genómico
Biotecnología**

Selección en trigo

P1XP2
F1 | 1100 Cruzamientos

F2  2X10⁶ Plantas

F3  5x10⁴ Hileras de espigas

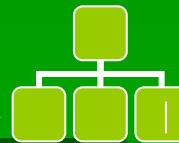
F4  3x10³ Familias

F5 1 Ensayo

F6 3 Ensayos

F7 3 Ensayos

F8 8 Ensayos



0.05 Ha

0.15 Ha

0.15 Ha

Semilla prebásica 3 Ha.

Semilla básica 80 Ha.

Conservación de existencias

Primera distribución T=12 año

Pruebas de rendimiento
Ensayos de molienda y
harina

F9 Líneas prometedoras
a la lista nacional

Ensayos recomendados
en la lista