

Mutaciones Cromosómicas en Mejora Vegetal

Genética, Genómica y Mejora Vegetal

Febrero de 2026

Máster en Genética y Evolución
(Especialidad Agroalimentaria)

PROGRAMAS DE MEJORA VEGETAL

La **existencia de variabilidad** (o la capacidad para crearla) es el primer requisito de todo **programa de mejora**.

La **capacidad de detectar dicha variabilidad**, o lo que es lo mismo, **la habilidad del mejorador** para observar las diferencias que puedan tener valor económico entre las plantas de la misma especie y/o la existencia de **técnicas** capaces de medirlas.

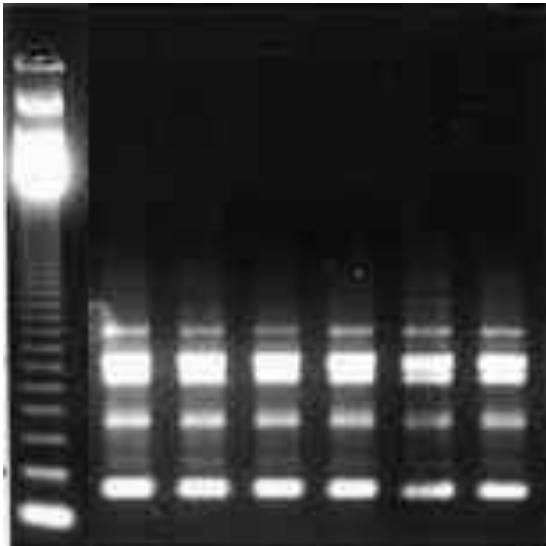
La capacidad de **manipular** dicha variación para producir un nuevo **cultivar estable**.



Analysis of genetic diversity in *Agave tequilana* var. Azul using RAPD markers

Katia Gil Vega¹, Mario González Chavira², Octavio Martínez de la Vega², June Simpson² & George Vandemark⁴

339



Las plantas pertenecientes a cultivares tendría una variabilidad genética muy baja en relación a las que se encuentran en las poblaciones naturales.

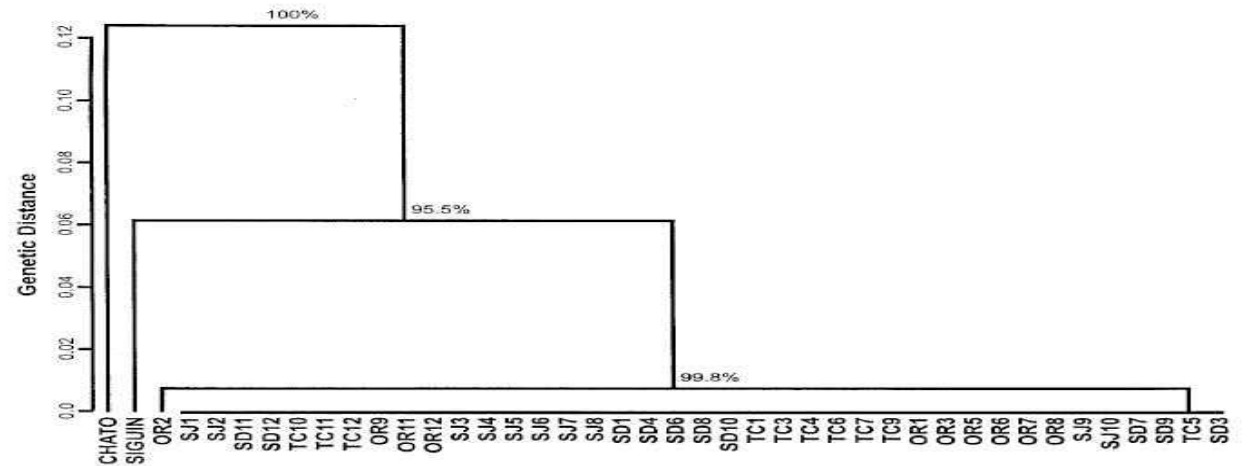


Figure 4. Dendrogram based on 130 RAPD markers using the genetic distance method of Skroch et al. (1992). Confidence limits noted on the dendrogram were based on the result of 1500 bootstrap replicates (Felsenstein 1985). Plants beginning with the letters "OR", "TC", "SD", and "SJ" were collected from fields Orendain, Tequila Cuervo, Santo Domingo, and San Juan, respectively.

Producción de variabilidad

La variación puede producirse artificialmente mediante:

- Hibridación
- Poliploidía
- Mutaciones inducidas

Hibridación interespecífica natural



Prunus fruticosa
 $2n=4x=32$
FFFF

Prunus avium
 $2n=2x=16$
AA



Prunus cerasus
 $2n=4x=32$
AAFF

Prunus x gondouinii
=*Prunus acida Dum*
 $2n=4x=32$
AAAF



The sour cherry is an allopolyploid species, probably as a result from a natural hybridization between ground cherry, *P. fruticosa*, and unreduced pollen of the sweet cherry, *P. avium*.

(Fuente: Hancock and Iezzoni 1988; Santi and Lemoine 1990; Schuster and Schreiber 2000)

Tipos de Mutaciones Cromosómicas

- **EUPLOIDÍA**

- (Dobles) haploides

- Autopoliploidía

- Aloploidía: *aloploidía segmental (AAAA)*, *auto-aloploidía (AAAABB)*

- **ANFIPLOIDÍA**

- **ANEUPLOIDÍA**

- **Hipoploidías (pérdida de cromosomas):**

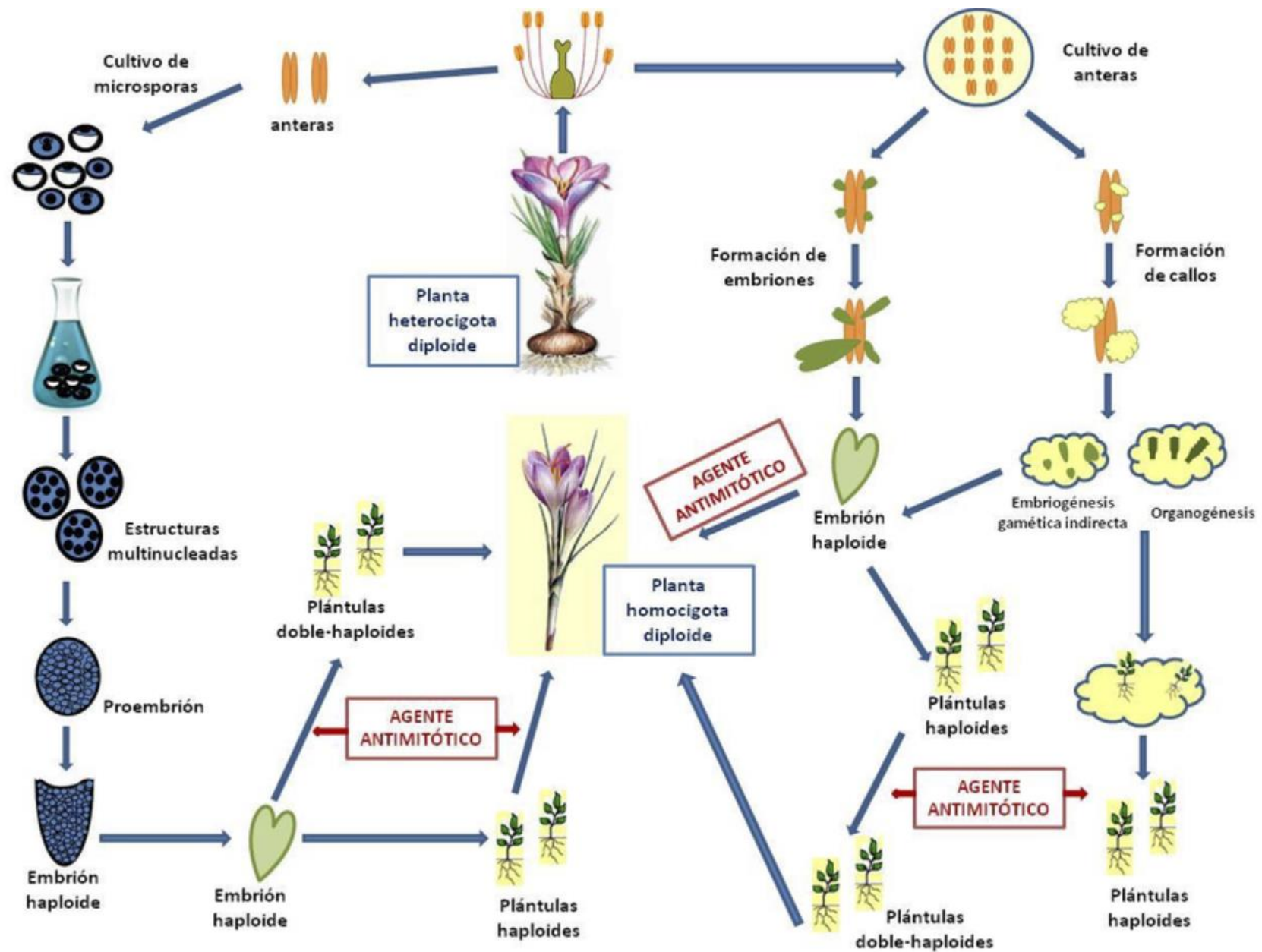
monosomía (2n-1), nulisomía (2n-2), doble monosomía (2n-1-1)

- **Hiperploidías (ganancia de cromosomas)**

trisomía (2n+1), tetrasomía (2n+2), doble trisomía (2n+1+1)

HAPLOIDÍA/MONOPLOIDÍA

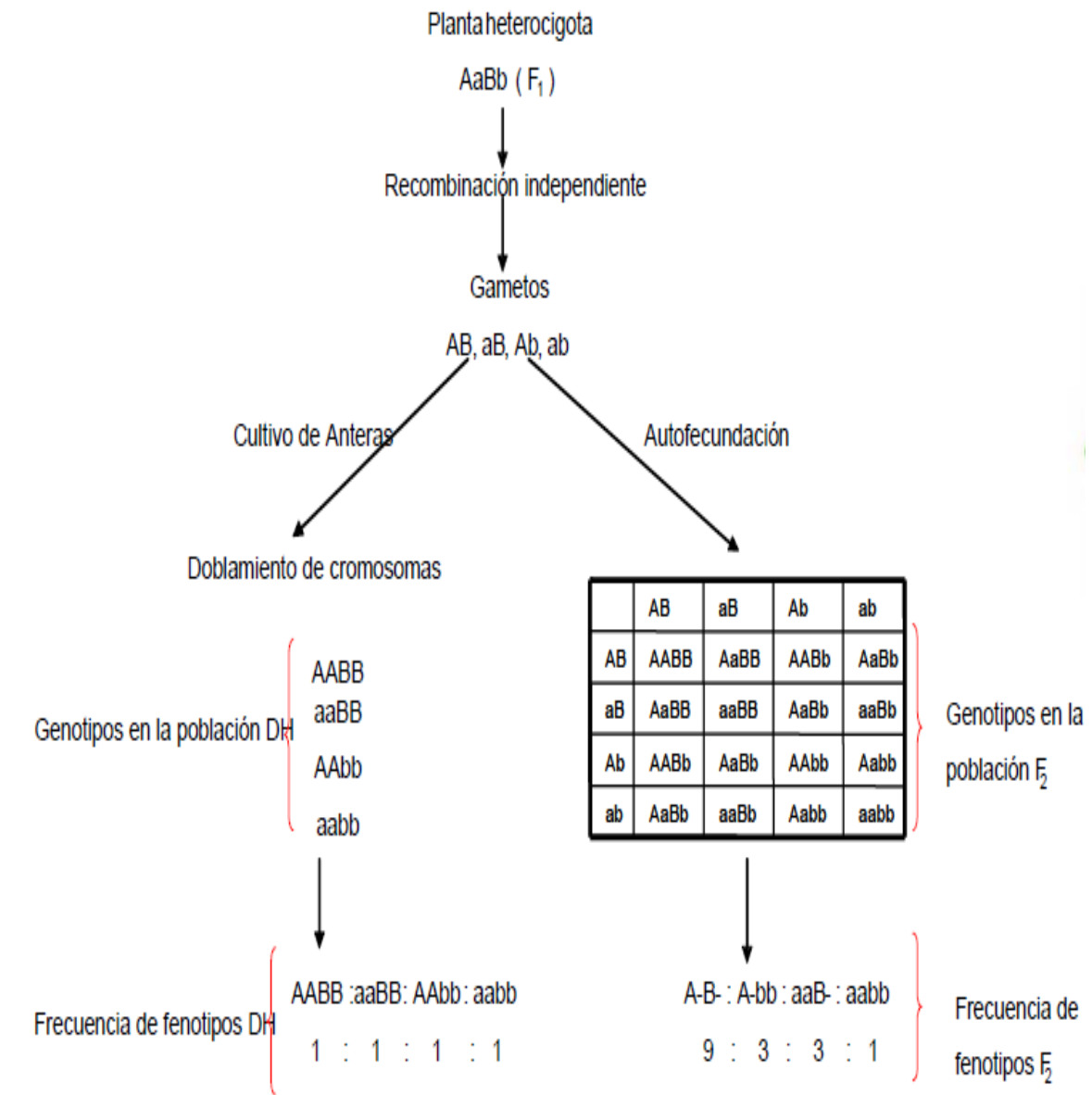
- Como condición normal
 - Fase gametofítica de plantas inferiores
 - Machos de organismos adaptados por evolución
- Como condición anormal
 - Suelen ser plantas pequeñas y poco vigorosas, pero de **gran utilidad para el mejorador**



Agentes antimitóticos en la obtención de plantas doble-haploides

Ventajas de la generación de dobles haploides:

- Mejora en la eficiencia de la selección de genotipos, tanto para características cuantitativas como cualitativas.
- Se acortan los plazos de obtención (por ejemplo, por autofecundación + pedigrí se necesitan 5 o 6 generaciones, mientras que en la generación de dobles haploides 1 sólo).
- Se requiere menor tamaño de población para la selección (150 vs 4000-5000 plantas).



Ejemplo efectividad: Si el carácter es recesivo CA se detectan (1/4); 1/16 en un F₂

Usos de la generación de dobles haploides:

- Obtención inmediata de **líneas puras** para características de interés (tolerancia al frío, resistencia a plagas,...).
- Obtención de **Híbridos F₁** a partir de líneas puras.
- Se simplifica el análisis de la **herencia poligénica**.
- **Aplicaciones** en edición (CRISPR) y mapeo genético (QTLs).

POLIPLOIDES

- Cambio en el **número cromosómico** que involucra dotaciones **completas** de cromosomas
- La **poliploidía** supone un incremento del número de cromosomas característico del complemento **diploide: $2n$ a $3n$, $4n$, $6n$, $8n$...**
- **Gran importancia básica y aplicada:**
 - Los poliploides permanecen aislados reproductivamente de la especie de origen
 - Se trata del mecanismo más rápido conocido de especiación
 - Usada en mejora genética: gran importancia **comercial**
 - De forma natural (y artificial)

POLIPLOIDIA en la Naturaleza

- **Ocurre en ambos reinos**
- **Más común en vegetales**
 - Talofitas y Pteridofitas
 - Gimnospermas 4,5% (sequoia – alerce – pino)
 - Angiospermas 35%

Poligonáceas – Rosáceas – Malváceas – Gramíneas – Iridáceas – Fagáceas – Moráceas – Cucurbitáceas – Salicáceas - Compuestas – Liliáceas – Ranunculáceas

- **Distribución según --- % de sps poliploides**

Herbáceas perennes

Herbáceas anuales

Leñosas

--- distribución geográfica

aumenta con la latitud

--- mayor en monocotiledóneas

POLIPLÓIDES: terminología

- **2n**: número cromosómico de las células somáticas
- **n**: número cromosómico de los gametos
- **x**: (número básico) número de set de cromosomas completo

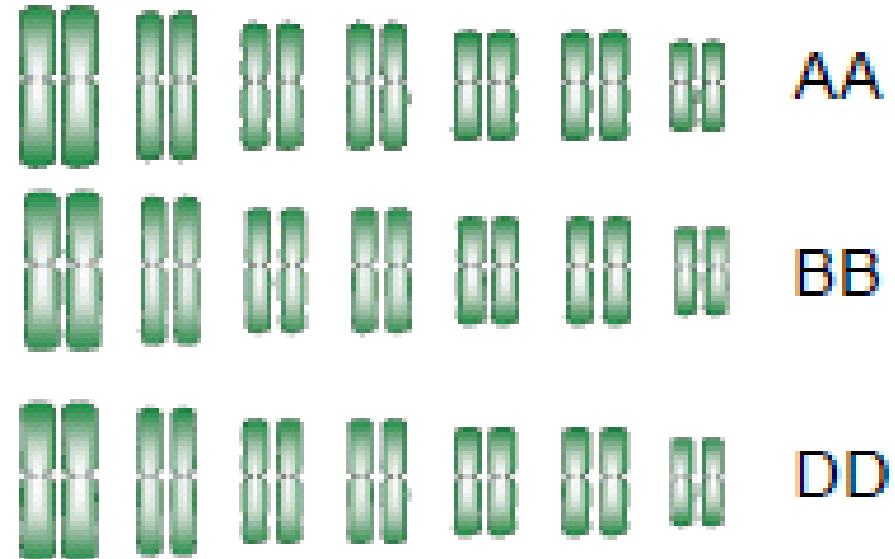
Ejemplos:

Triticum urartu: $2n = 2x = 14$ (AA)

Gametos: $n = x = 7$

Triticum aestivum: $2n = 6x = 42$ (AA BB DD)

Gametos: $n = 3x = 21$ (A B D)



Origen de la POLIPLOIDIA

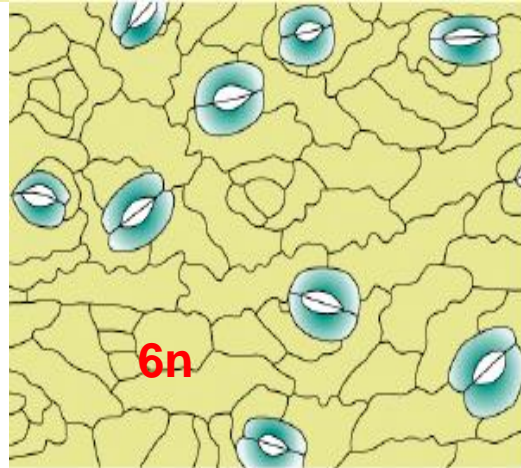
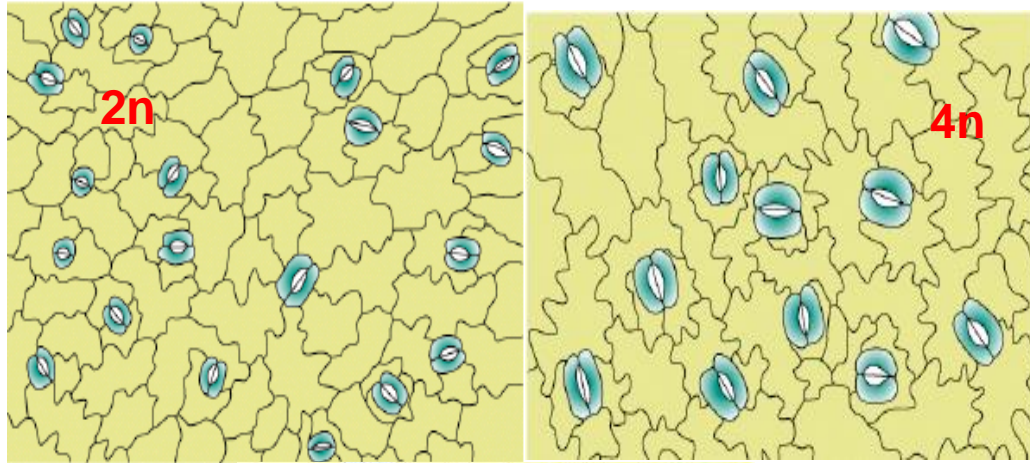
- **Espontánea** (baja frecuencia)
 - Gametos no reducidos (**no disyunción meiótica**)
 - **Fecundación simultánea** de gameto ♀ por dos gametos ♂
 - **Duplicación somática** y formación de quimeras
- **Inducida**
 - Inducción química (colchicina, óxido nitroso)
 - Inducción física (choque térmico, decapitación)
 - Inducción biotecnológica (fusión de protoplastos)

POLIPLOIDÍA ARTIFICIAL EN LA MEJORA DE PLANTAS

Reglas de oro para maximizar el éxito de la poliploidización

- **Número cromosómico bajo:** ya que existe un límite de cromosomas que la célula puede albergar.
- **Alogamia** como sistema reproductor: las combinaciones genéticas se multiplican y generan **vigor híbrido**.
- **Aprovechamiento vegetativo:** evitamos problemas de fertilidad (producción de semillas y frutos).

Efectos de la poliploidía



- Aumento del tamaño de órganos y aumento del tamaño celular.
- Ciclo de crecimiento más largo.
- Menor número de células y menor contenido de materia seca.
- Menor fertilidad.



Arabidopsis rosettes with increased ploidy levels. Variations in somatic ploidy levels are associated with increase in cell size and delayed development with an impact in biomass content (figure 1C in [Corneillie et al., 2018](#)).

EUPLOIDÍAS

- **(Dobles) haploides**
- **Autopoliploidía**
- **Alopoliploidía:** *alopoliploidía segmental (AAAA), auto-alopoliploidía (AAAABB)*

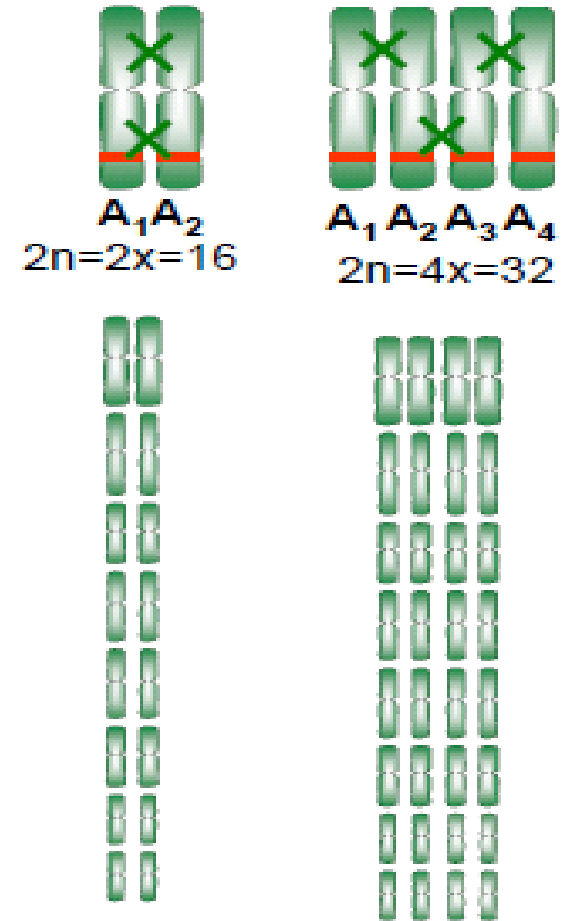
AUTOPOLIPLOIDÍA

Todos los cromosomas proceden de **una misma especie** (el diploide AA se convierte en un tetraploide AAAA). Cada set adicional de cromosomas es idéntico a la especie parental. Por lo tanto, **todos los cromosomas son homólogos**.

Ejemplos:

4x: patata, alfalfa, café, cacahuete

6x: batata



Tipos de POLIPLOIDIA

Triploidía

- Altamente estériles
- Plantas vigorosas, frutos de gran tamaño

EJ: té, mora, manzano, ornamentales, remolacha, banana, sandía, uva

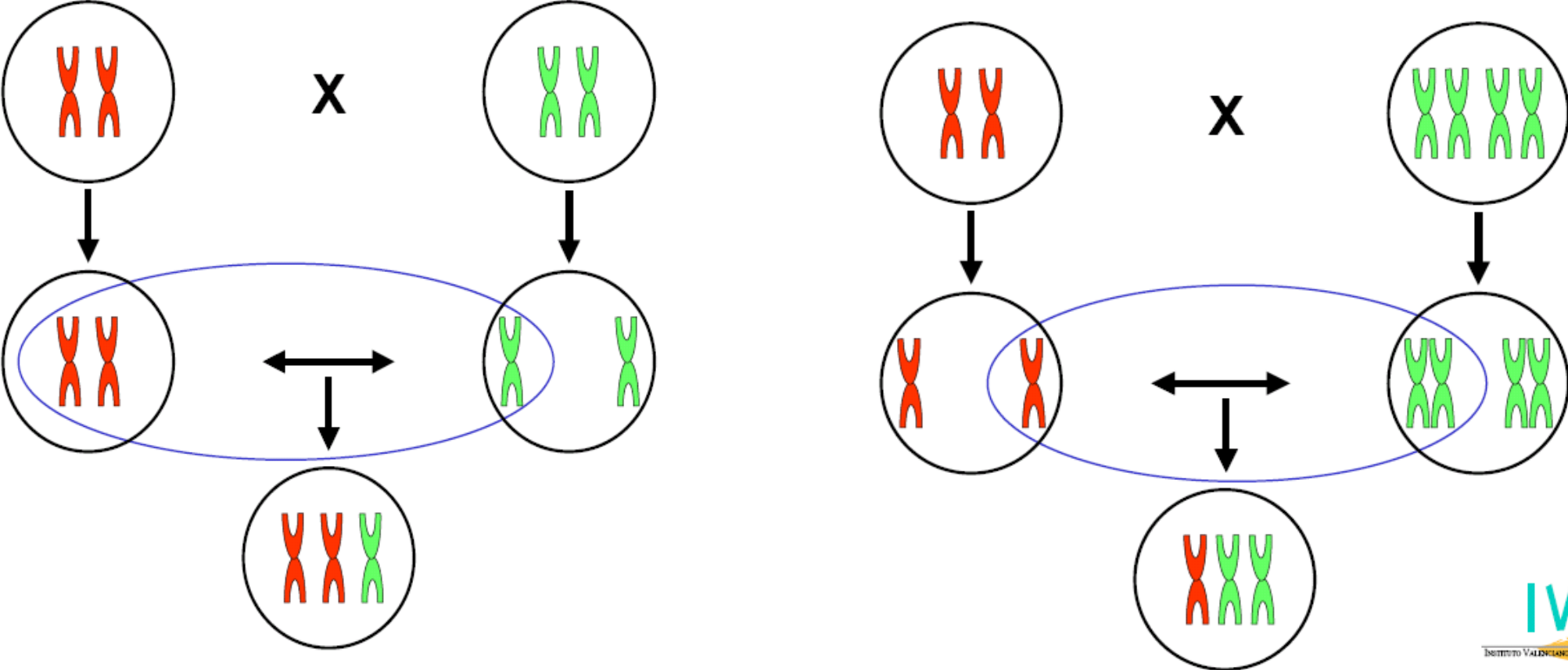


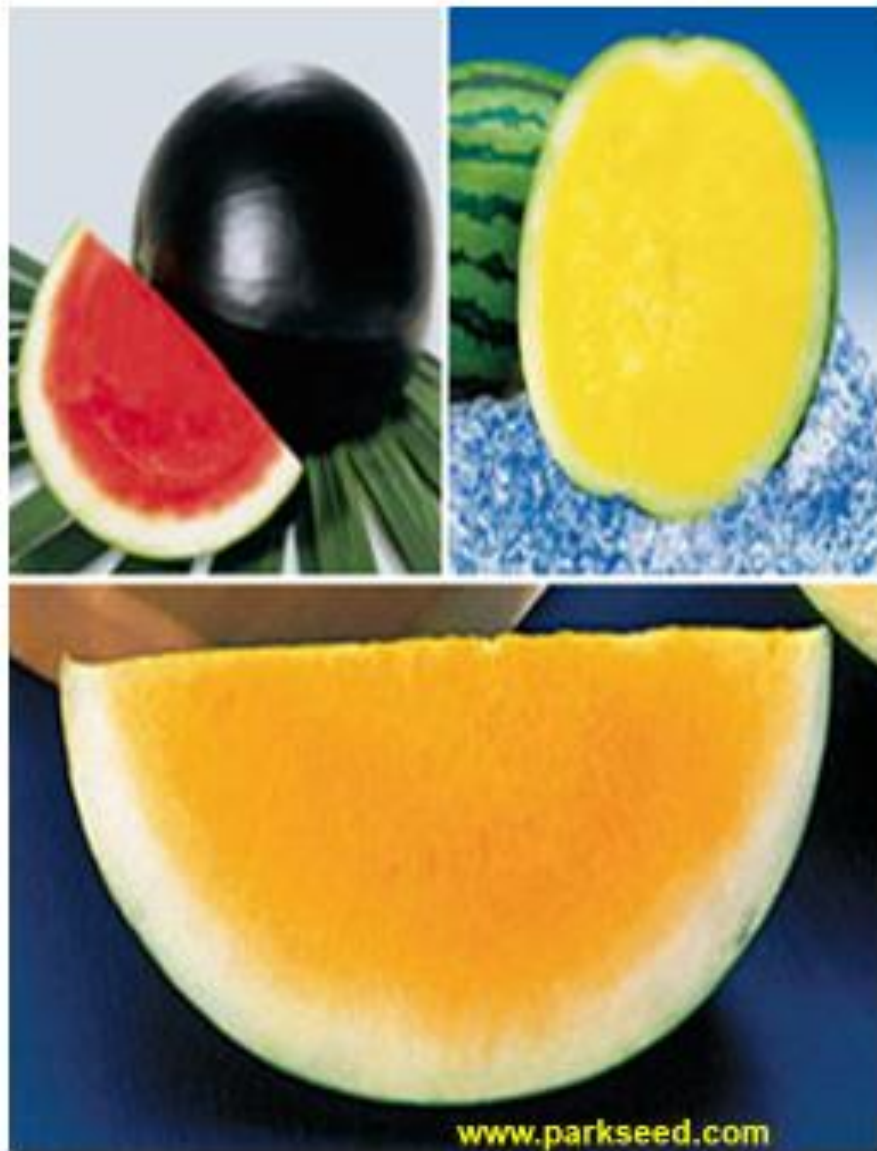
Tagete triploide
(Fuente: <https://www.fitoagricola.es/>)



(Fuente: Syngenta)

Obtención de Triploides





Making Watermelons Seedless

1. Induction of parthenocarp by auxin application
2. Use of Triploids (3X)



F1 (3X)

Seeds of seedless watermelon

Growers plant 3X seeds



Seedless Watermelon

Súper Polinizador

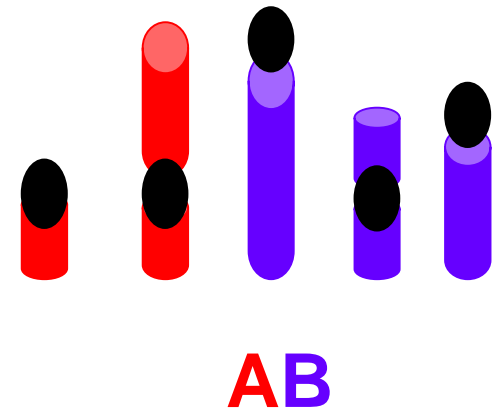
Polinizador desechable de sandía triploide que maximiza el espacio útil de producción. Presenta una gran floración principalmente de flores masculinas y una planta con estructura de tallos muy finos.

AUTOTETRAPLOIDES

- Especie cuyo aprovechamiento es la **semilla**
ej: centeno
- Especie cuyo aprovechamiento es el **fruto**
 - Comestibles
 - De uso industrial
ej: uvas, manazas
- Especies con aprovechamiento de **partes vegetales**
ej : forrajeras, brasicáceas

ALOPOLIPLOIDÍA

Los cromosomas provienen de la **hibridación de dos especies** diploides distintas seguida por una **posterior duplicación** del número de cromosomas. Los diferentes sets de cromosomas no se aparean entre sí (son **homeólogos**)

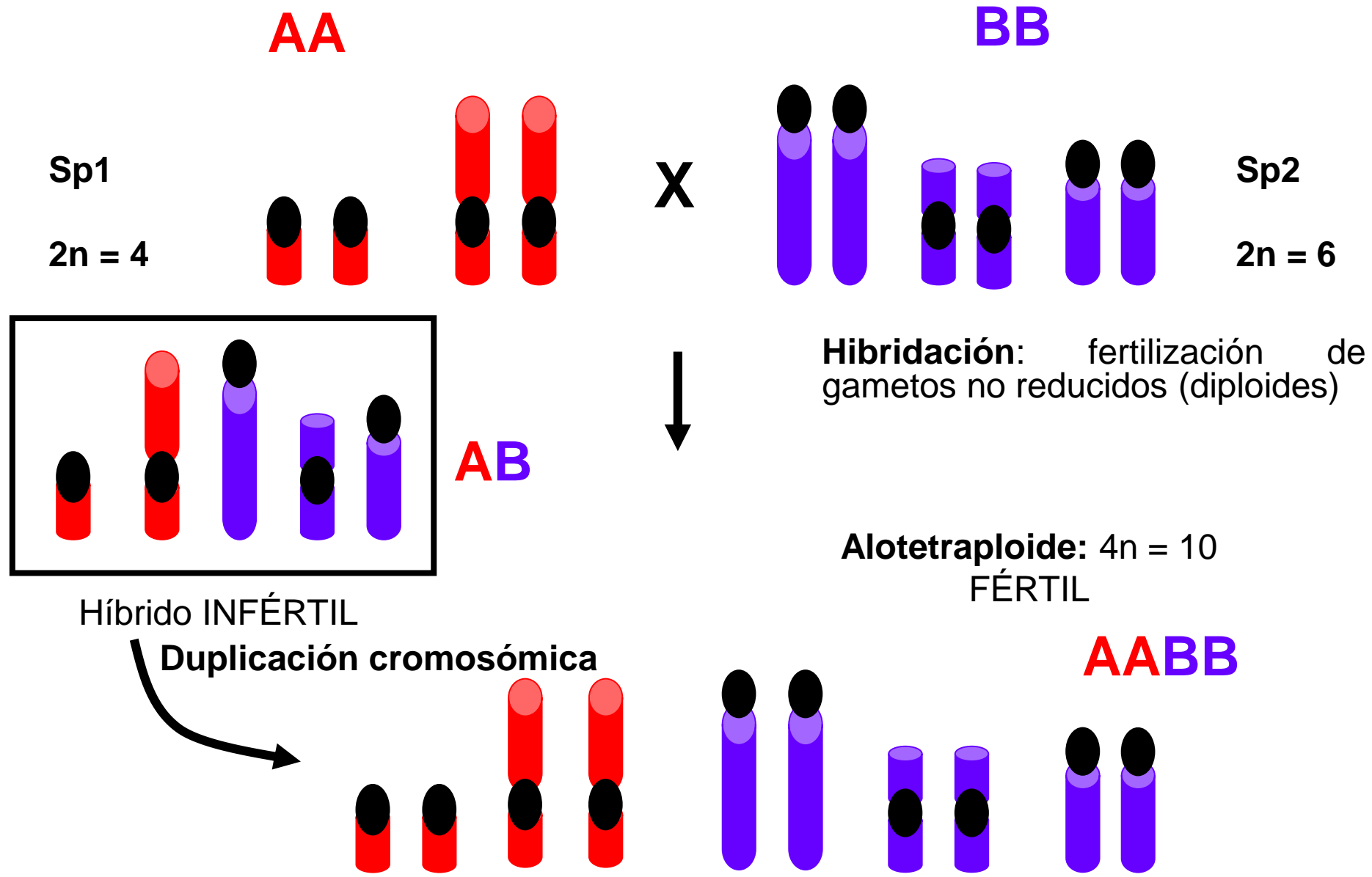


Ejemplos:

8x: fresón

6x: avena, ciruela, trigo harinero

4x: colza



$2n=18$

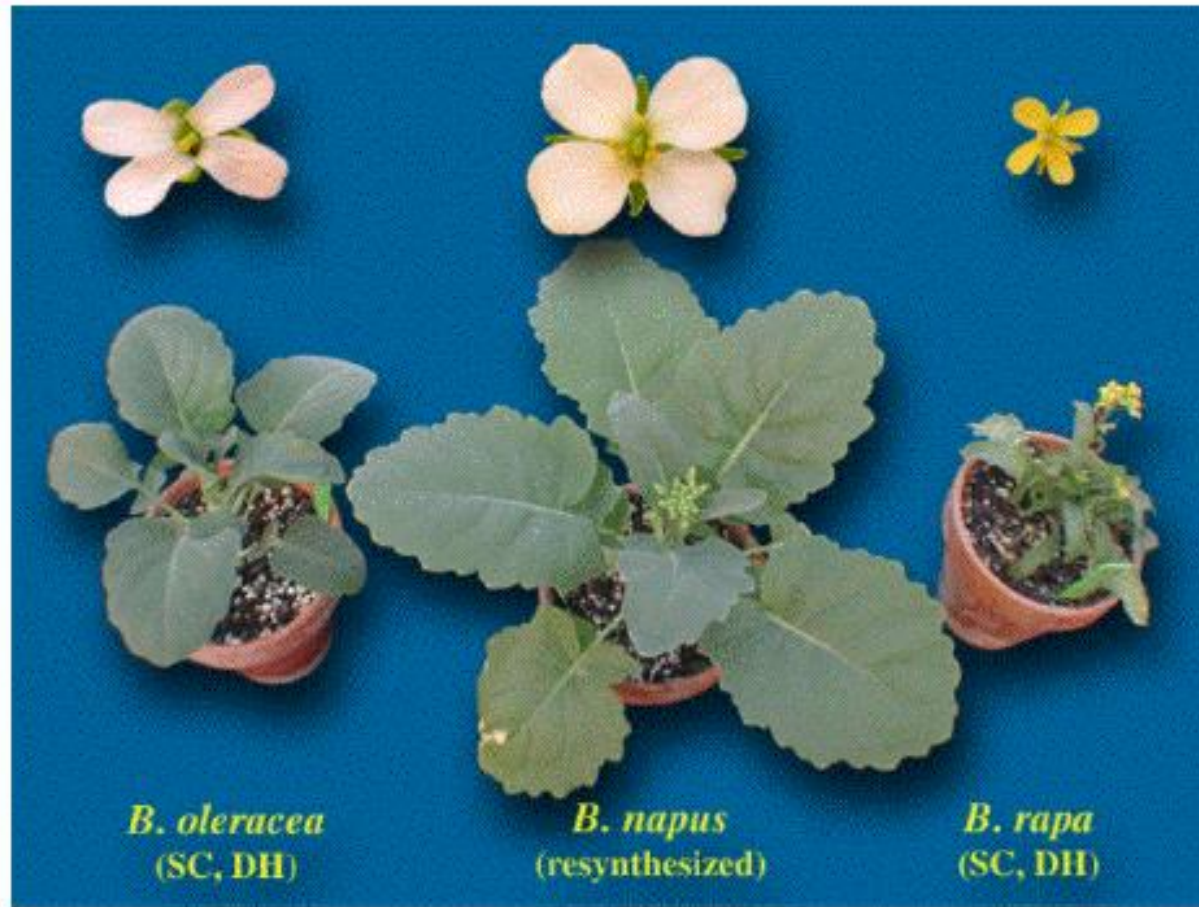
AA

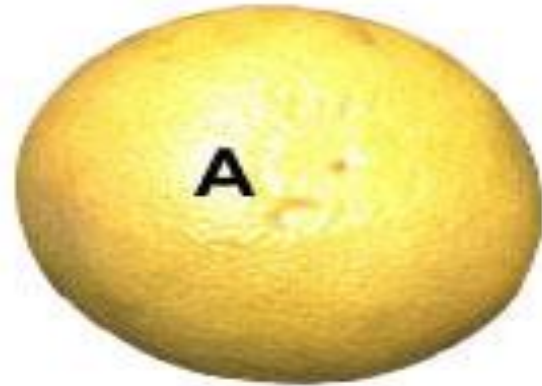
$2n=38$

AACC

$2n=20$

CC





Grapefruit
Pomelo

X



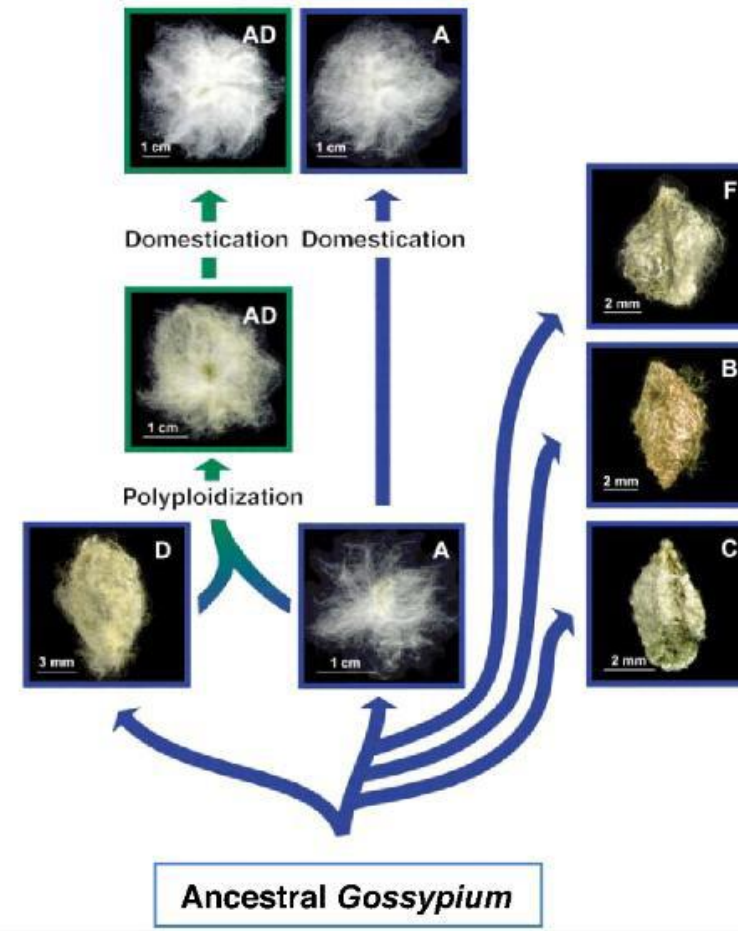
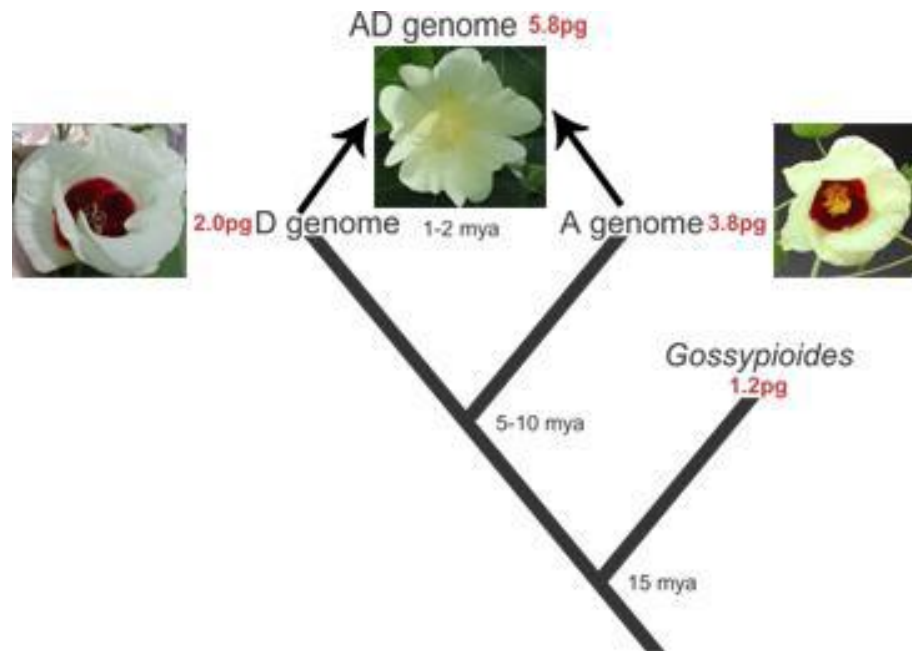
Tangerine
Mandarina



Tangelo

© W.P. Armstrong 2002

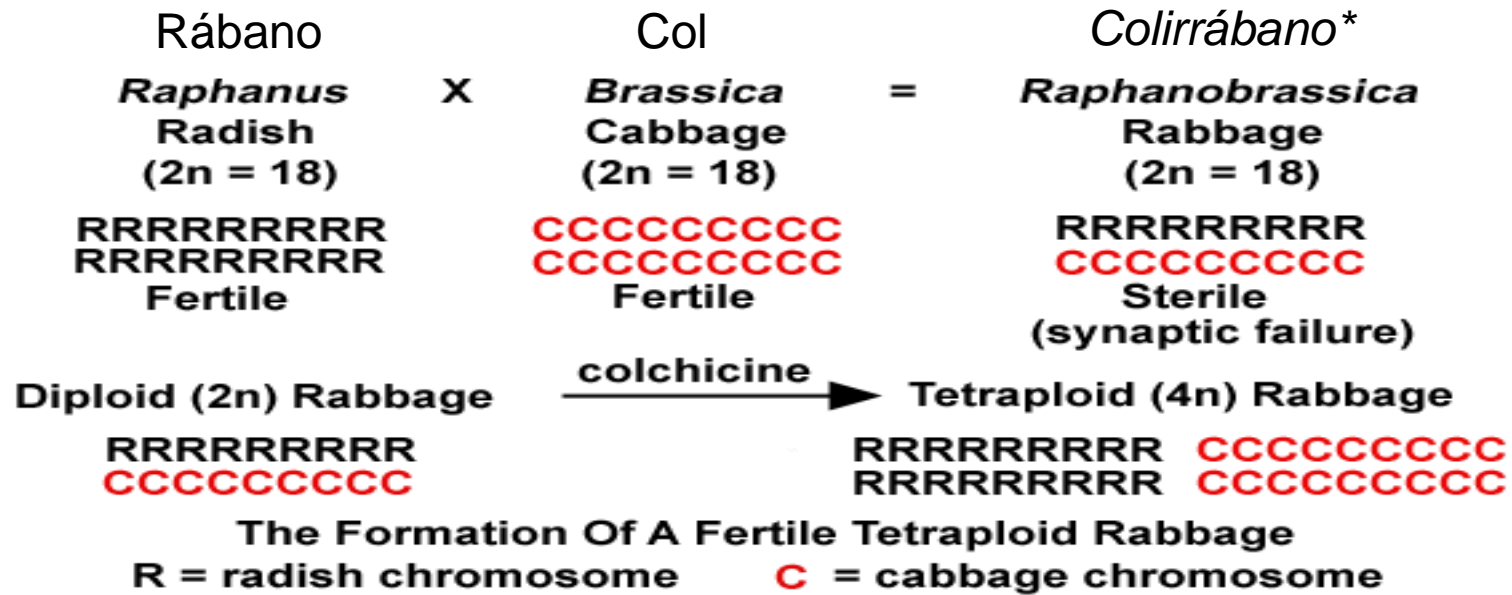
Un alopoliploide modelo: Algodón



ANFIPOIDES

- Solemos referirnos con este término a **alopoliploides artificiales**, cuyos parentales son conocidos.
- Se comportan a nivel meiótico como **diploides**.
- En algunos **anfidiploides**, existen genes particulares que controlan el apareamiento entre cromosomas homólogos y homeólogos.

Especies Aloploides artificiales



Especies Aloploides artificiales

Triticale: Trigo (*Triticum*) + Centeno (*Secale*).

Tritordeo: Trigo duro (*Triticum durum*) + Cebada silvestre chilena (*Hordeum chilense*).

Festulolium: Festuca (*Festuca*) + Raygrás (*Lolium*).

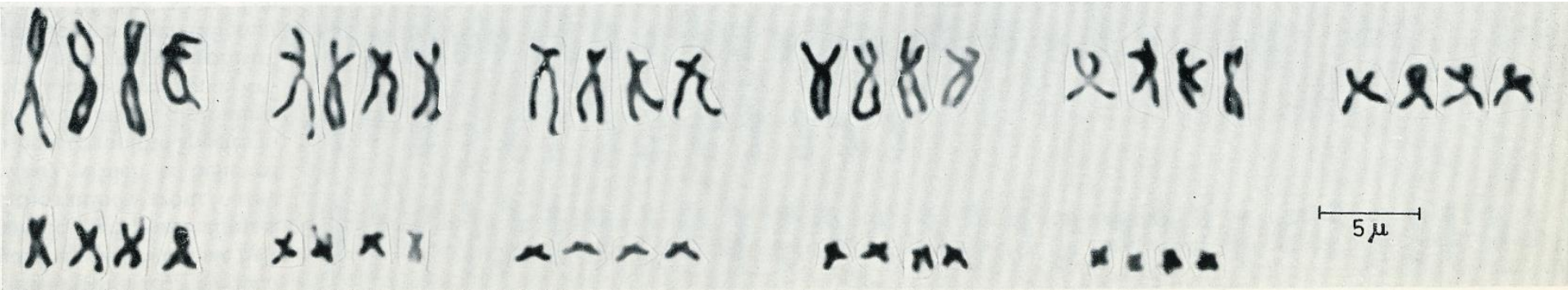
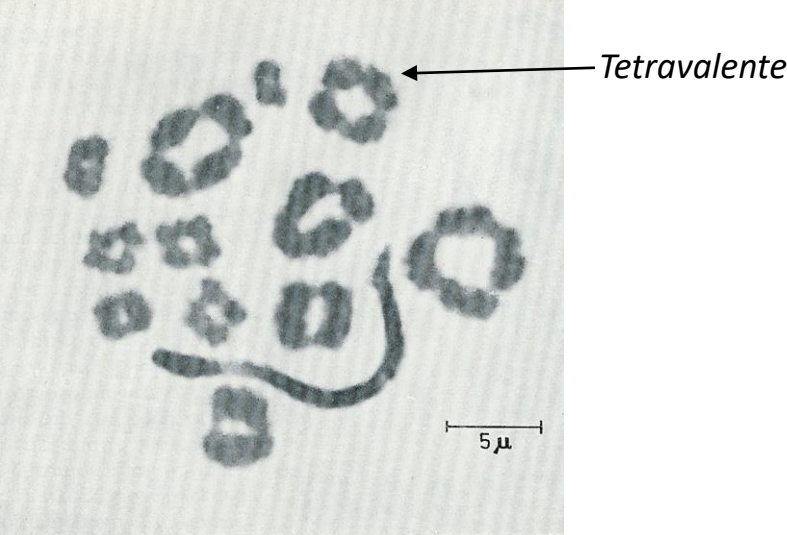


Poliploidía en Animales

Poco frecuente como consecuencia de la presencia de cromosomas sexuales. Duplicarlos produce un desequilibrio genético.

Además: la **diferenciación de tejidos es un proceso más complejo** en animales que en plantas, el desequilibrio genético generado puede afectar más a procesos de regulación.

**Cariotipo de la rana tetraploide *Odontophrynus americanus*
(4n = 44)**



Aplicaciones en conservación



Carpa china o carpa forrajera
(*Ctenopharyngodon idella*)

- Se usa para **controlar** el crecimiento de plantas no deseadas en instalaciones acuícolas y embalses.
- De forma natural, presenta **baja tasa de reproducción** en ambientes nuevos y, además, se han creado **líneas triploides (estériles)** artificiales.

Aneuploidías

- **Hipoploidías (pérdida de cromosomas):**

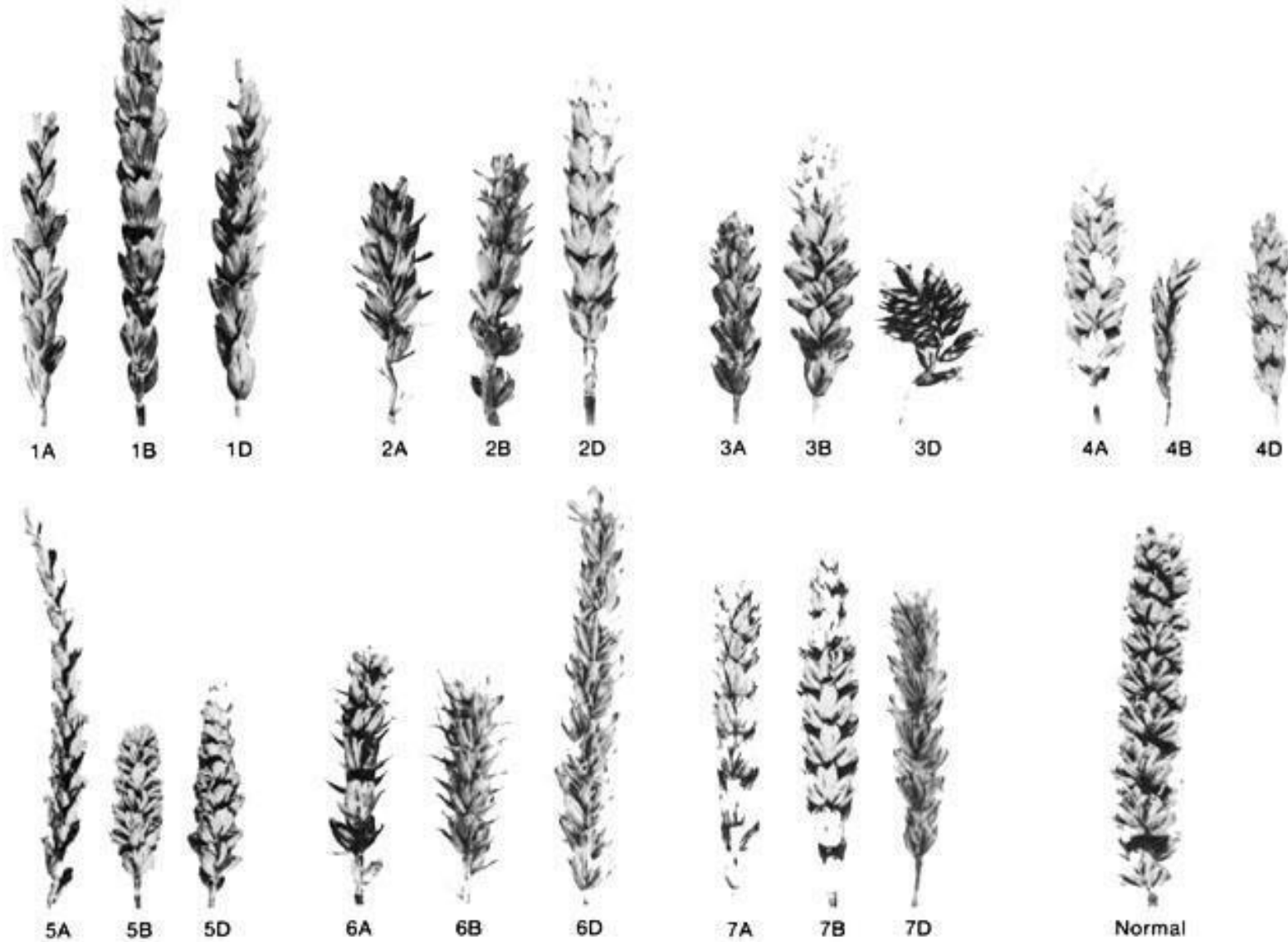
monosomía ($2n-1$), nulisomía ($2n-2$), doble monosomía ($2n-1-1$)

- **Hiperploidías (ganancia de cromosomas)**

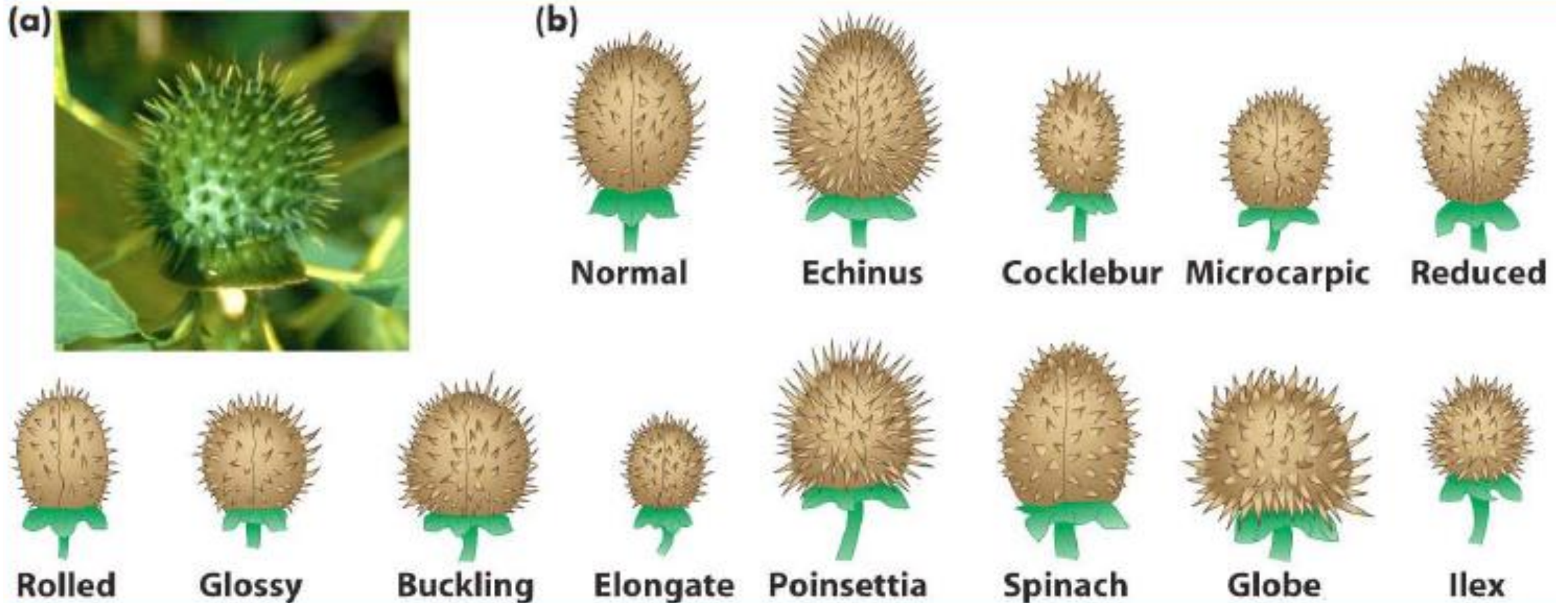
trisomía ($2n+1$), tetrasomía ($2n+2$), doble trisomía ($2n+1+1$)

Ejemplos: avena, tabaco, algodón, trigo, tomate, espinaca

Fenotipos asociados a la **Serie Nulisómica** de trigo | $2n = 6x - 2$



Fenotipos de la cápsula asociados a la Serie Trisómica de estramonio | $2n = 24 + 1$



Fenotipos asociados a la Serie Trisómica de tomate

$$2n = 24 + 1$$

