



# *El caso del “Humato Original”*

Estos materiales didácticos son para uso docente y de investigación.  
Queda prohibida su comercialización o modificación.



# Humato

¡Déjate llevar por su poder antioxidante!

¿Es esto  
cierto?

**Anti-envejecimiento**  
**Anti-cancerígeno**



# ¿Qué son y cómo funcionan los antioxidantes?

Algunos **pigmentos** presentes en determinados alimentos pueden tener acción antioxidante.



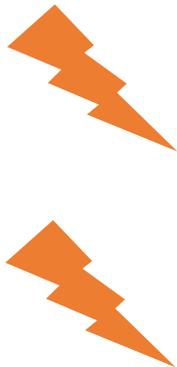
La ingesta de alimentos antioxidantes puede contrarrestar, en parte, el exceso de **especies reactivas de oxígeno**, abreviados **ROS**, que en exceso pueden tener efectos negativos sobre el organismo.

Los antioxidantes son moléculas complejas que tienen un gran **poder reductor**, es decir, pueden donar electrones a otras moléculas para llevarlas a su estado reducido.

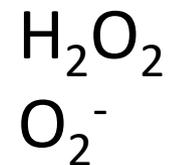
# ¿Qué son y cómo funcionan los antioxidantes?

## Estrés ambiental

- Falta de nutrientes
- Exceso de producción de energía
- Falta de hidratación
- Daños por radiación UV



ROS



## Efectos negativos (exceso de ROS)

- Proteínas LDL: favorecer la deposición de grasa en las arterias.
- Dañar el ADN i el ARN y provocar mutaciones → enfermedades, tumores o muerte celular.

## Efectos positivos

- Expresión de genes de defensa

# Antioxidantes

Vitamina C



Vitamina E



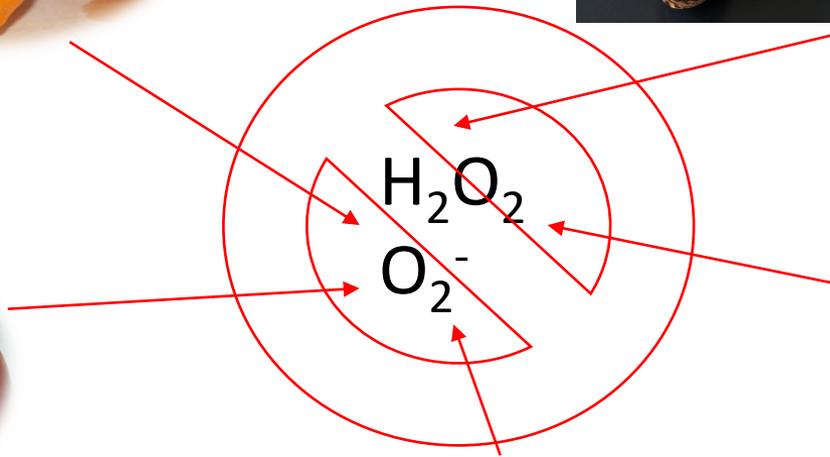
Licopeno



Carotenoides



Flavonoides (antocianinas)

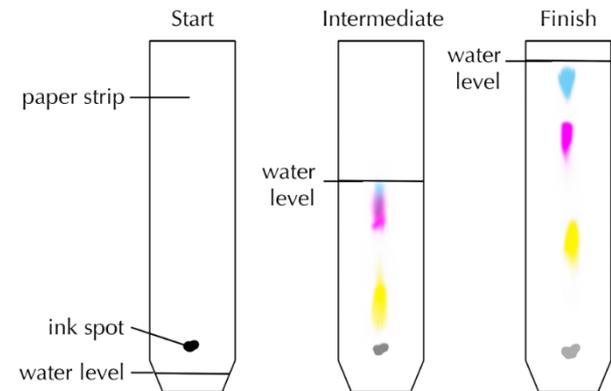
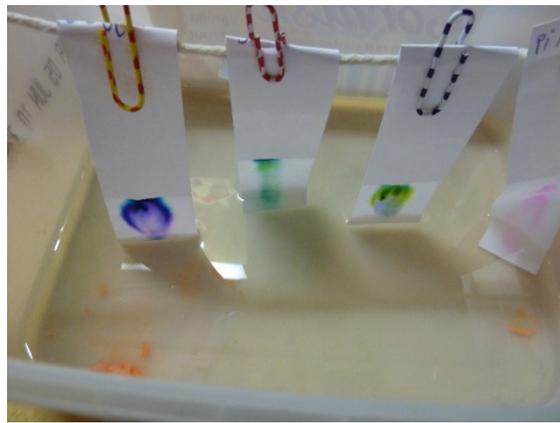
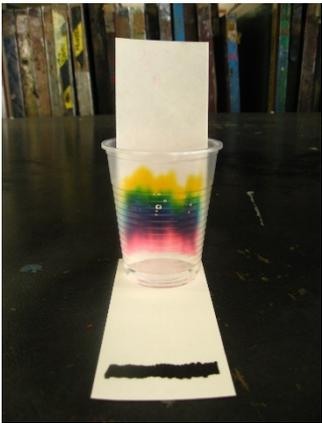


# ¿Cómo lo vamos a demostrar?

Los pigmentos, antioxidantes y otros como la clorofila, se encuentran **mezclados y dan color a distintos alimentos.**

Todas estas sustancias presentan un **peso o grado de solubilidad distinto**, que permite que sean separados a través de una **cromatografía.**

Este procedimiento analítico permite separar, a través de la **capilaridad** de un papel de fieltro, los distintos componentes de una mezcla.





¡Vamos al laboratorio!

# Humato

¡Déjate llevar por su poder antioxidante!

**Anti-envejecimiento**  
**Anti-cancerígeno**



¿Cómo conseguimos producir un  
“Humato”?



**La mejora vegetal**

## ¿Sabrías identificar estas plantas?



Foto: [https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Inside\\_a\\_wild-type\\_banana.jpg](https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Inside_a_wild-type_banana.jpg)



Foto: Xavier Aubriot  
<https://bsapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ajb2.1133>



Foto: High Ilis  
[https://elpais.com/elpais/2016/11/17/ciencia/1479379389\\_999864.html](https://elpais.com/elpais/2016/11/17/ciencia/1479379389_999864.html)

# ¿Sabrías identificar estas plantas?



Foto: [https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Inside\\_a\\_wild-type\\_banana.jpg](https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Inside_a_wild-type_banana.jpg)



Foto: Xavier Aubriot  
<https://bsapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ajb2.1133>



Foto: High Ilis  
[https://elpais.com/elpais/2016/11/17/ciencia/1479379389\\_999864.html](https://elpais.com/elpais/2016/11/17/ciencia/1479379389_999864.html)



Creat per **Carlos Mayobre Hermo**

# ¿Sabrías identificar estas plantas?



Foto: [https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Inside\\_a\\_wild-type\\_banana.jpg](https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Inside_a_wild-type_banana.jpg)



Foto: Xavier Aubriot  
<https://bsapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ajb2.1133>



Foto: High Ilis  
[https://elpais.com/elpais/2016/11/17/ciencia/1479379389\\_999864.html](https://elpais.com/elpais/2016/11/17/ciencia/1479379389_999864.html)



# ¿Sabrías identificar estas plantas?



Foto: [https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Inside\\_a\\_wild-type\\_banana.jpg](https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Inside_a_wild-type_banana.jpg)



Foto: Xavier Aubriot  
<https://bsapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ajb2.1133>



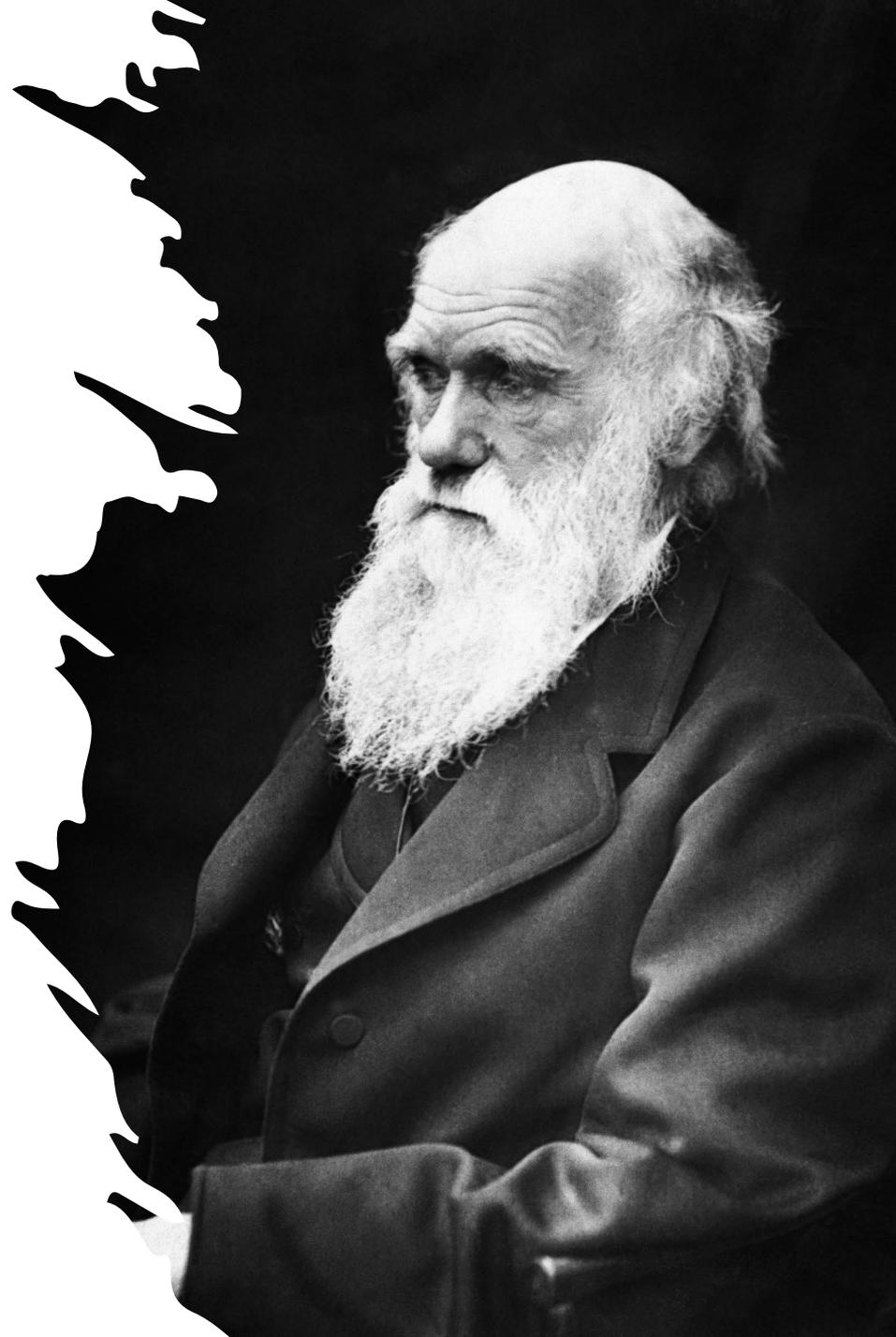
Foto: High Ilis  
[https://elpais.com/elpais/2016/11/17/ciencia/1479379389\\_999864.html](https://elpais.com/elpais/2016/11/17/ciencia/1479379389_999864.html)



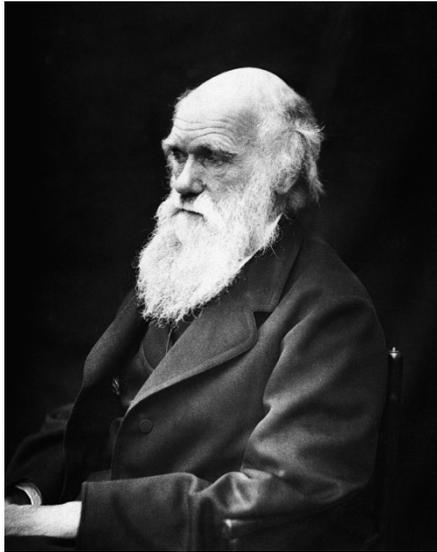
Creat per Carlos Mayobre Hermo



¿Cómo han  
evolucionado?



# ¿Cómo han evolucionado?

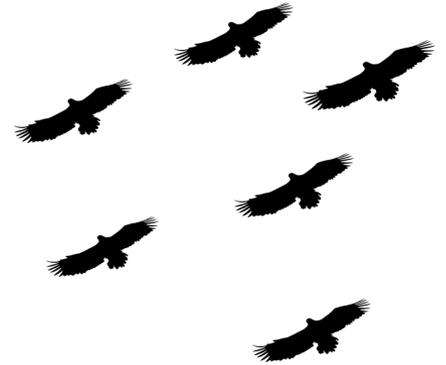


Charles Darwin

**Variabilidad genética**



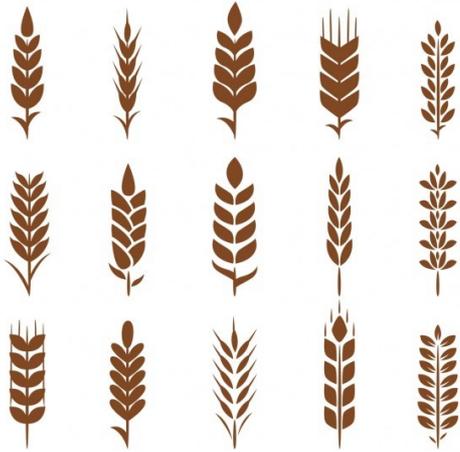
**Selección natural**



**Cambios en el ambiente**  
*Millones de años*

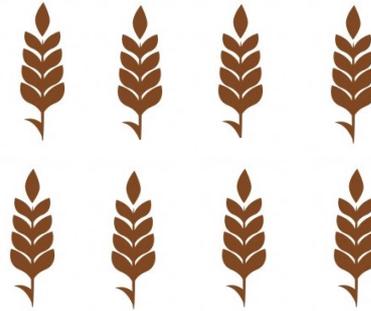
# ¿Cómo han evolucionado?

Variabilidad genética



~~Selección natural~~

ARTIFICIAL / HUMANA



[https://www.freepik.es/vector-gratis/coleccion-siluetas-trigo\\_1564633.htm](https://www.freepik.es/vector-gratis/coleccion-siluetas-trigo_1564633.htm)

~~Cambios en el ambiente~~  
~~Millones de años~~

Cientos / Miles de años



# ¿Qué características hemos ido seleccionando?

---



# ¿Qué características hemos ido seleccionando?

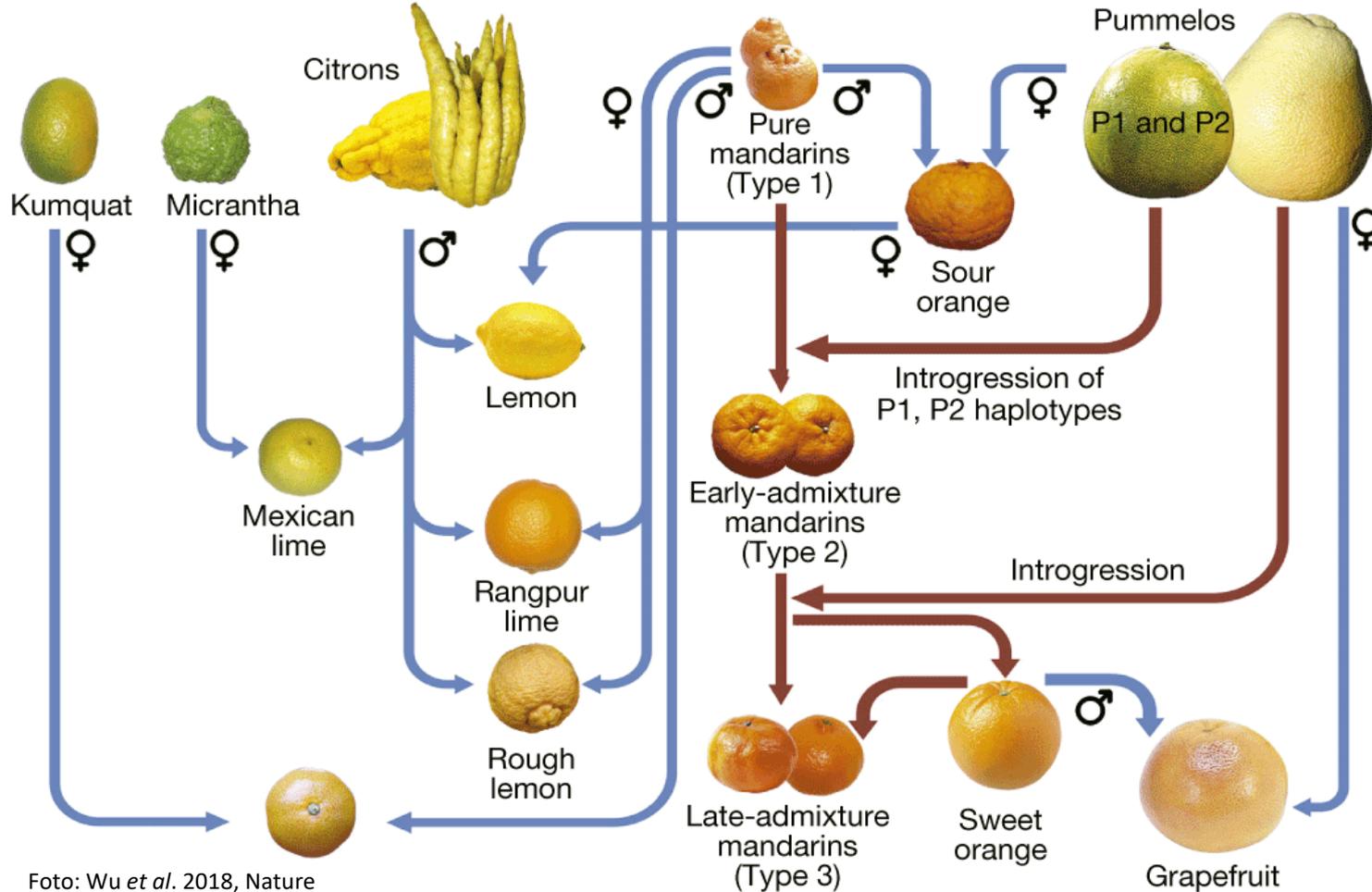
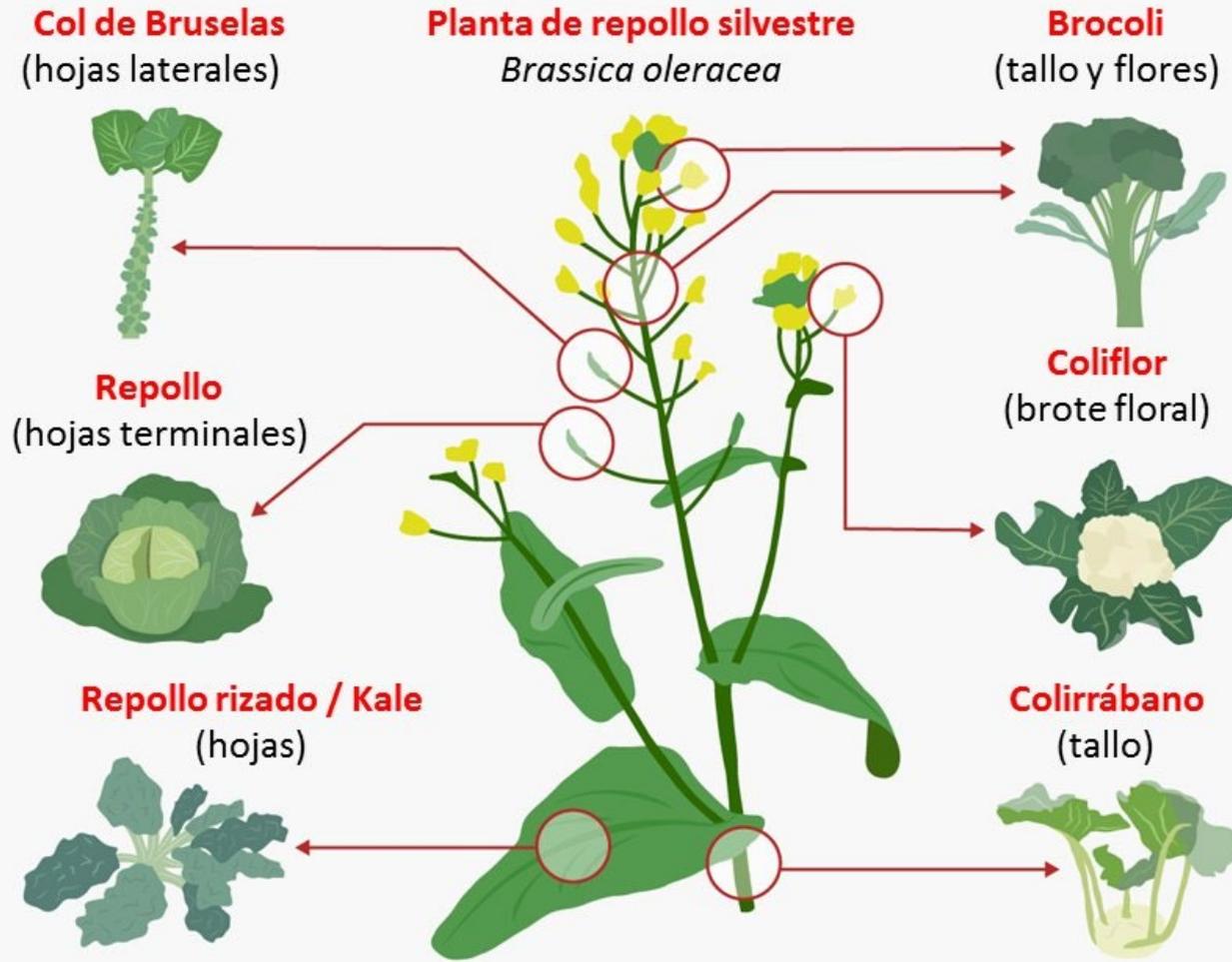


Foto: Wu *et al.* 2018, Nature

La familia de los cítricos viene de múltiples cruces entre variedades antiguas

# ¿Qué características hemos ido seleccionando?

## 6 VERDURAS POPULARES QUE SE DOMESTICARON DESDE LA MISMA PLANTA SILVESTRE



# La mejora tradicional

---

- Sin conocimientos de genética
- Se evalúan características comerciales → productividad, tamaño, conservación...
- Es larga y tediosa (décadas a milenios)
- Se basa en cruzamientos y mutaciones espontáneas





# La revolución del ADN y la genética

# El descubrimiento del ADN

---

**Gen** → controla una **característica**

**Alelo** → cada **versión** de un gen, la **diferencia** entre variedades

**Gen**

Promotor

Región codificante (da lugar a una proteína)

# El descubrimiento del ADN

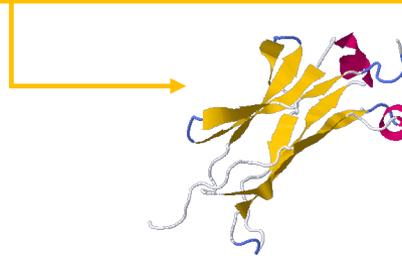
**Gen** → controla una **característica**

**Alelo** → cada **versión** de un gen, la **diferencia** entre variedades

**Alelo 1**

Promotor

Región codificante (da lugar a una proteína)



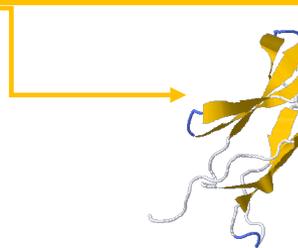
(mutación natural)



**Alelo 2**

Promotor

Región codificante (da lugar a una proteína)



La proteína cambia

# El descubrimiento del ADN

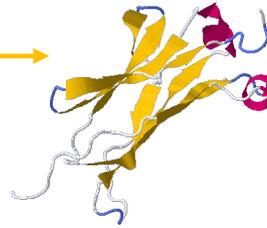
**Gen** → controla una **característica**

**Alelo** → cada **versión** de un gen, la **diferencia** entre variedades

**Alelo 1**

Promotor

Región codificante (da lugar a una proteína)

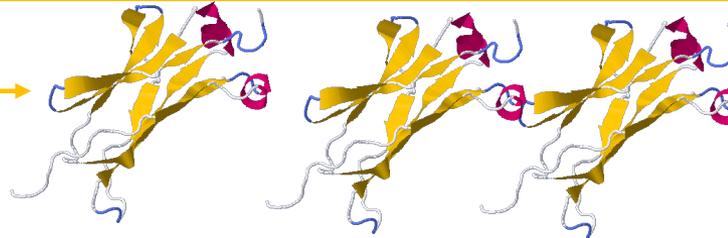


(mutación natural)

**Alelo 3**

Promotor

Región codificante (da lugar a una proteína)



La cantidad de proteína varía

# El descubrimiento del ADN

**Gen** → controla una **característica**

**Alelo** → cada **versión** de un gen, la **diferencia** entre variedades



Podemos diferenciar variedades por



PCR

Secuenciación

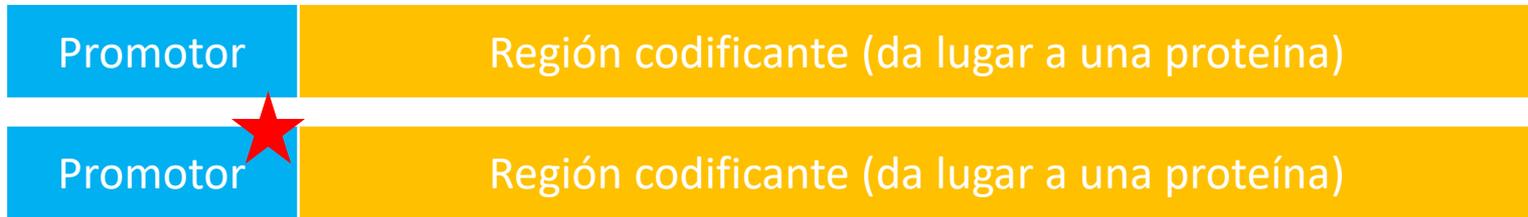


ACTGACTGGGTCATGCTAC**G**TAGCGGGATCGG**ATAT**CGA Variedad 1

ACTGACTGGGTCATGCTAC**A**TAGCGGGATCGG**ATAT**CGA Variedad 2

ACTGACTGGGTCATGCTAC**G**TAGCGGGATCGG**ATATATATAT**CGA Variedad 3

# La mejora asistida por marcadores

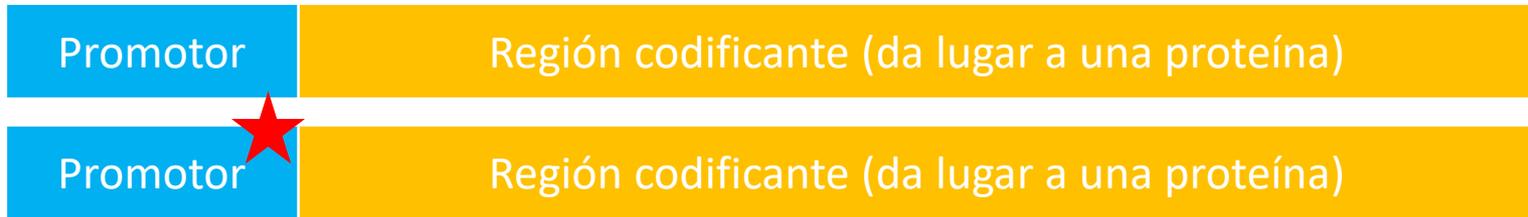


## ¿Qué es un marcador?

ACTGACTGGGTCATGCTAC <b>G</b> TAGCGGGATCGG <b>ATAT</b> CGA	Variedad 1
ACTGACTGGGTCATGCTAC <b>A</b> TAGCGGGATCGG <b>ATAT</b> CGA	Variedad 2
ACTGACTGGGTCATGCTAC <b>G</b> TAGCGGGATCGG <b>ATATATATAT</b> CGA	Variedad 3

**Mutación** en el ADN que nos ayuda a **diferenciar 2 o más variedades**

# La mejora asistida por marcadores



## ¿Qué es un marcador?

ACTGACTGGGTCATGCTAC <b>G</b> TAGCGGGATCGG <b>ATAT</b> CGA	Variedad 1	
ACTGACTGGGTCATGCTAC <b>A</b> TAGCGGGATCGG <b>ATAT</b> CGA	Variedad 2	
ACTGACTGGGTCATGCTAC <b>G</b> TAGCGGGATCGG <b>ATATATATAT</b> CGA	Variedad 3	

**Mutación** en el ADN que nos ayuda a **diferenciar 2 o más variedades**

Algunos marcadores los podemos relacionar con fenotipos (características visibles)

# La mejora asistida por marcadores

Imaginemos...



**ATAT**

Forma redonda

TGAT**A**TT

Color amarillo

TTTAGG**TT**

**Muy dulce**



**Forma aplanada**

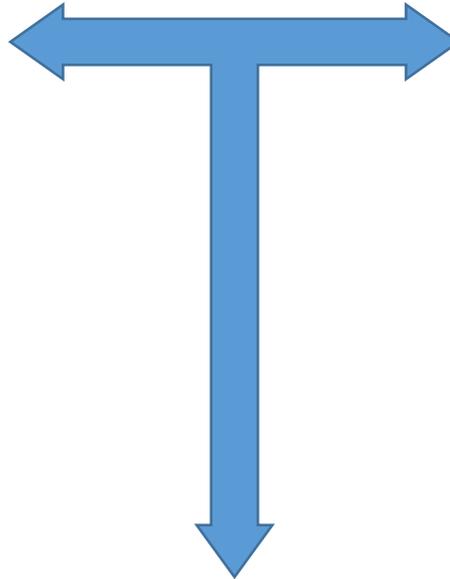
**ATATATATAT**

**Color rojo**

TGAT**G**TT

Poco dulce

TTTAGG**CT**



# La mejora asistida por marcadores

Imaginemos...



**ATAT**

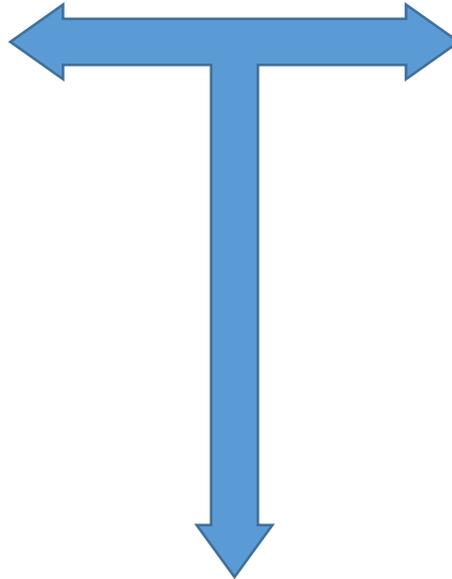
Forma redonda

TGAT**A**TT

Color amarillo

TTTAGG**TT**

**Muy dulce**



**Forma aplanada**

**ATATATATAT**

**Color rojo**

TGAT**G**TT

Poco dulce

TTTAGG**CT**



**Forma aplanada**

**ATATATATAT**

**Color rojo**

TGAT**G**TT

**Muy dulce**

TTTAGG**TT**

# La mejora asistida por marcadores

---

Imaginemos...



X



## Antes

Sembrar 2.000 semillas

**Plantar 2.000 árboles**

**Esperar 5 años** a que tengan fruto

Escoger los buenos

## Ahora

Sembrar 2.000 semillas

**Genotipar 2.000 plantas**

Plantar solo los árboles que hayan **heredado los alelos deseados** de cada marcador

¿Cómo se heredan los alelos?



Foto: Newton's Apple

<https://genoma.com/blog/es/de-mendel-a-la-medicina-predictiva/>

# La herencia de caracteres

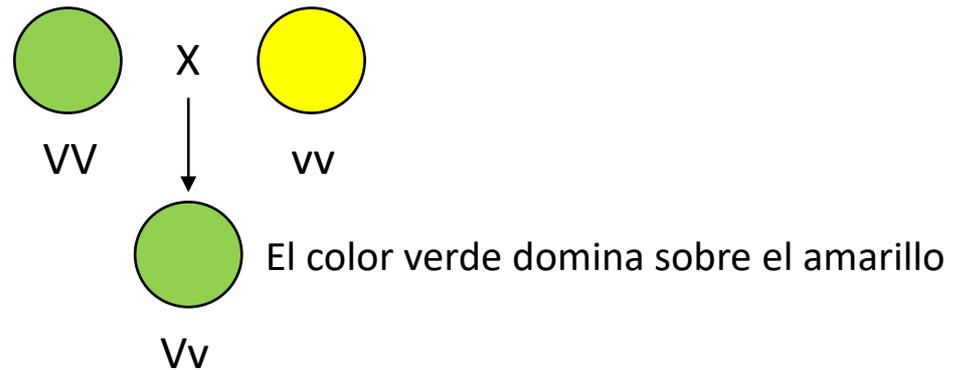


Foto: Newton's Apple

<https://genoma.com/blog/es/de-mendel-a-la-medicina-predictiva/>

Gregor Mendel

- Dominancia - recesividad



- Codominancia

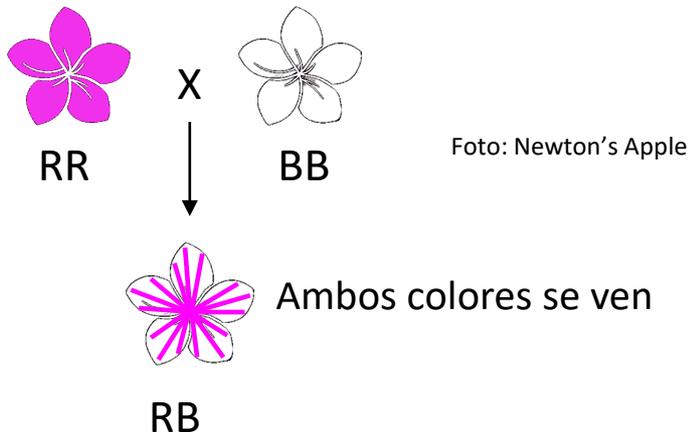
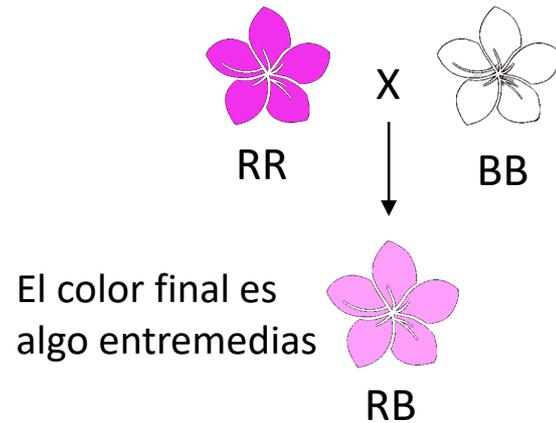
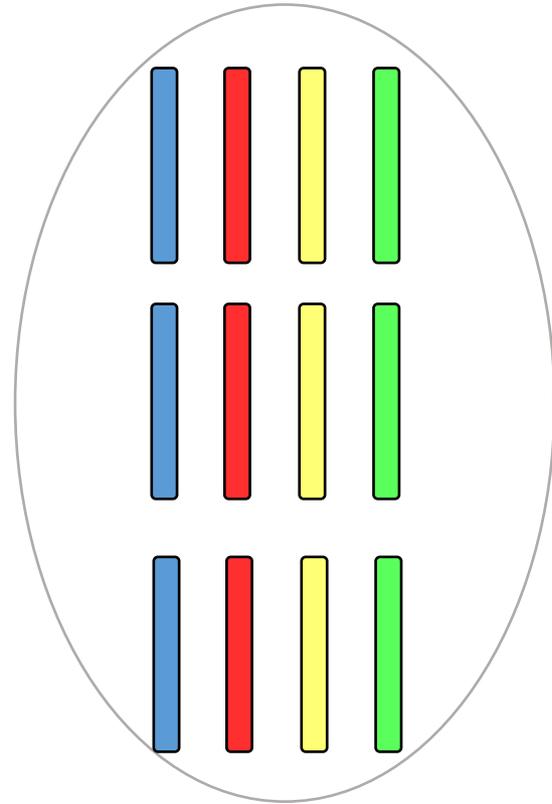


Foto: Newton's Apple

- Dominancia intermedia



# Las poliploidías

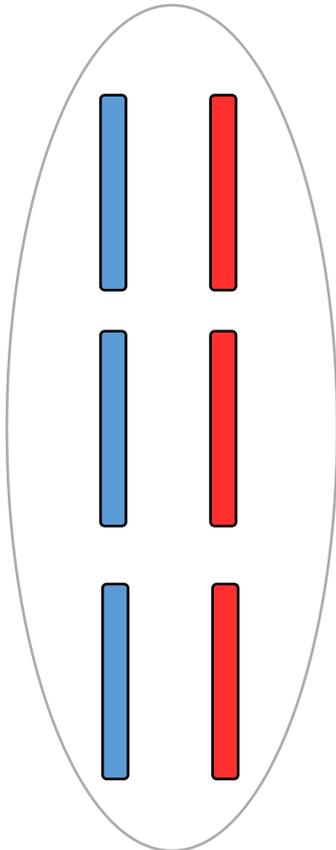


# Poliploidías

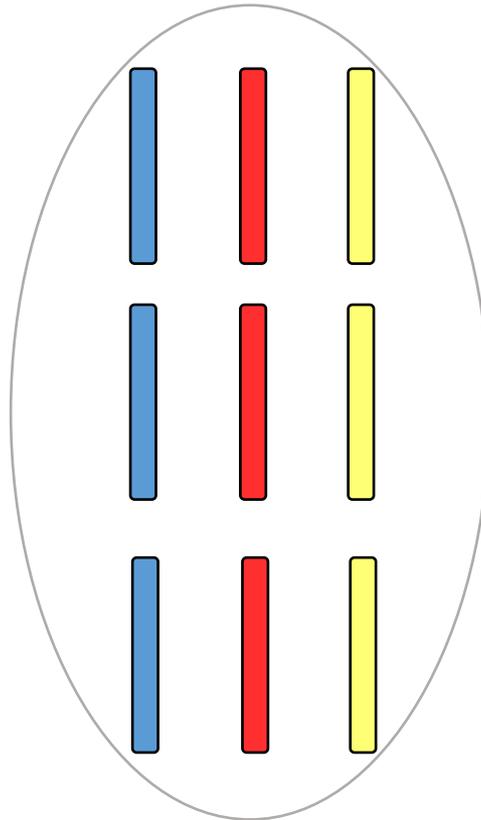
## ¿Qué son?

Cambios en el número de cromosomas total en cada célula

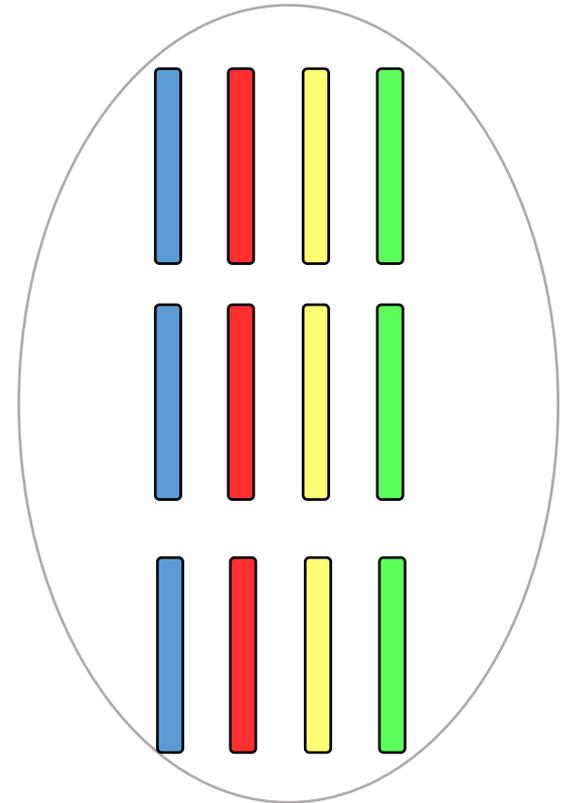
Diploide  
 $2n$



Triploide  
 $3n$

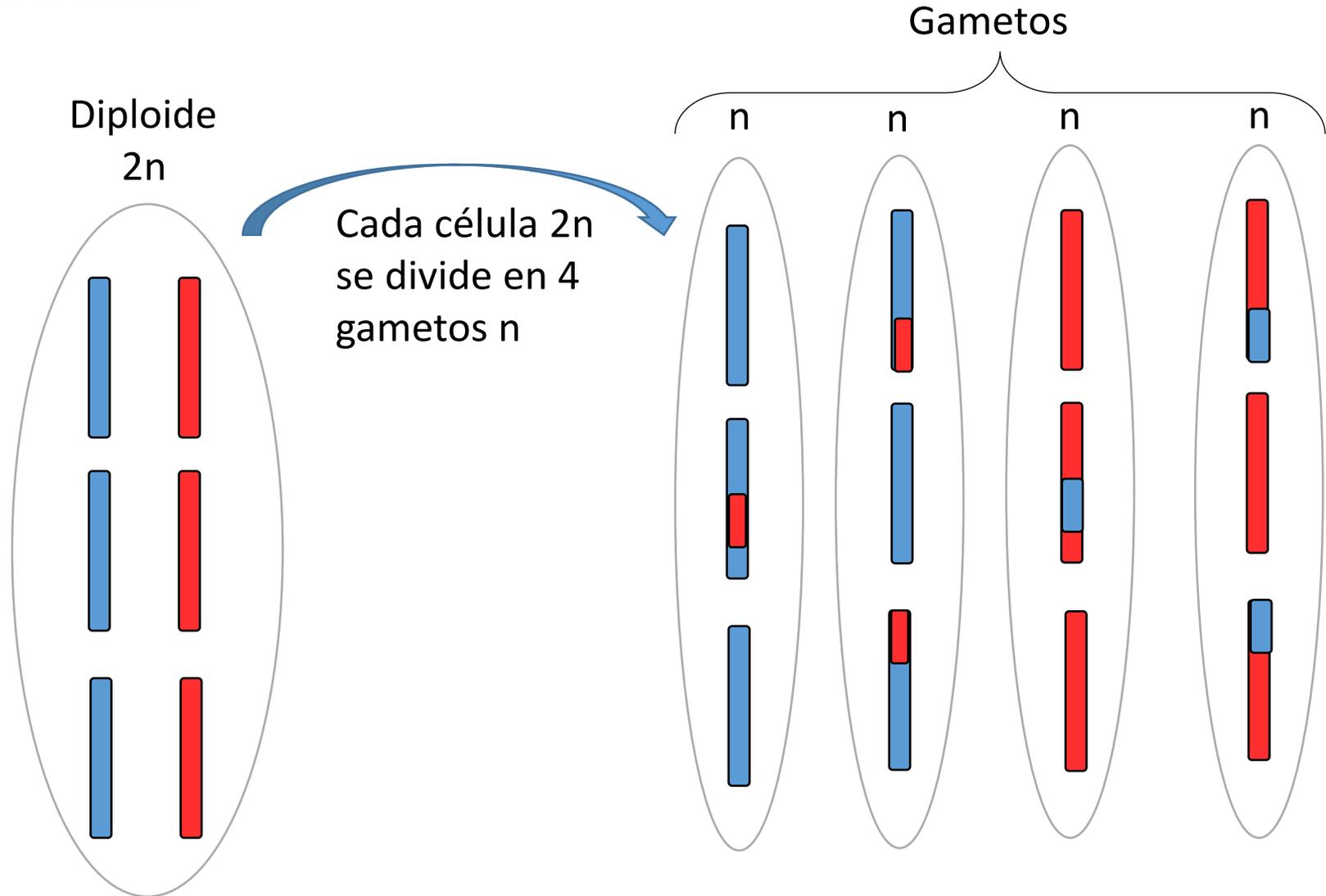


Tetraploide  
 $4n$

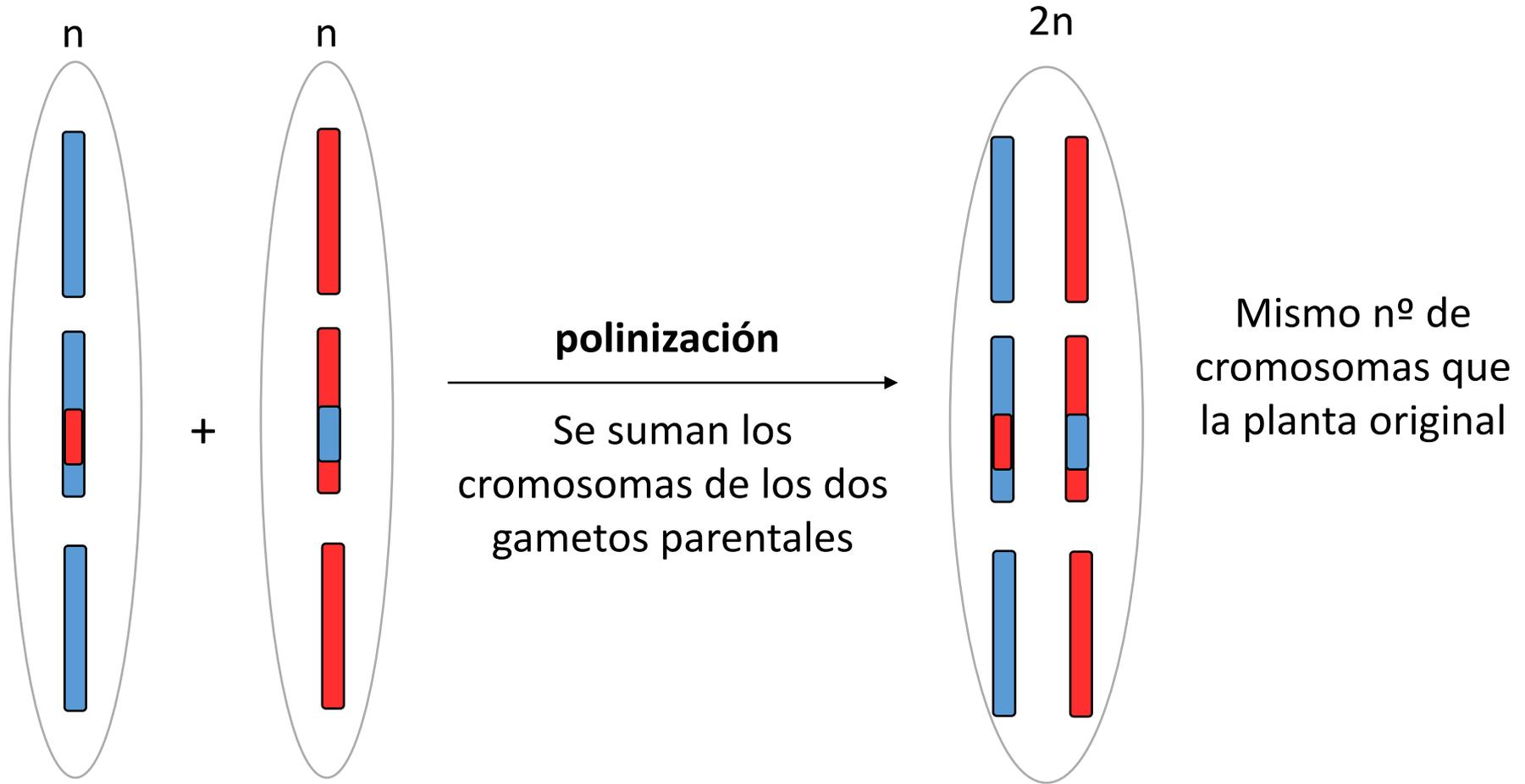


# Poliploidías

## La meiosis

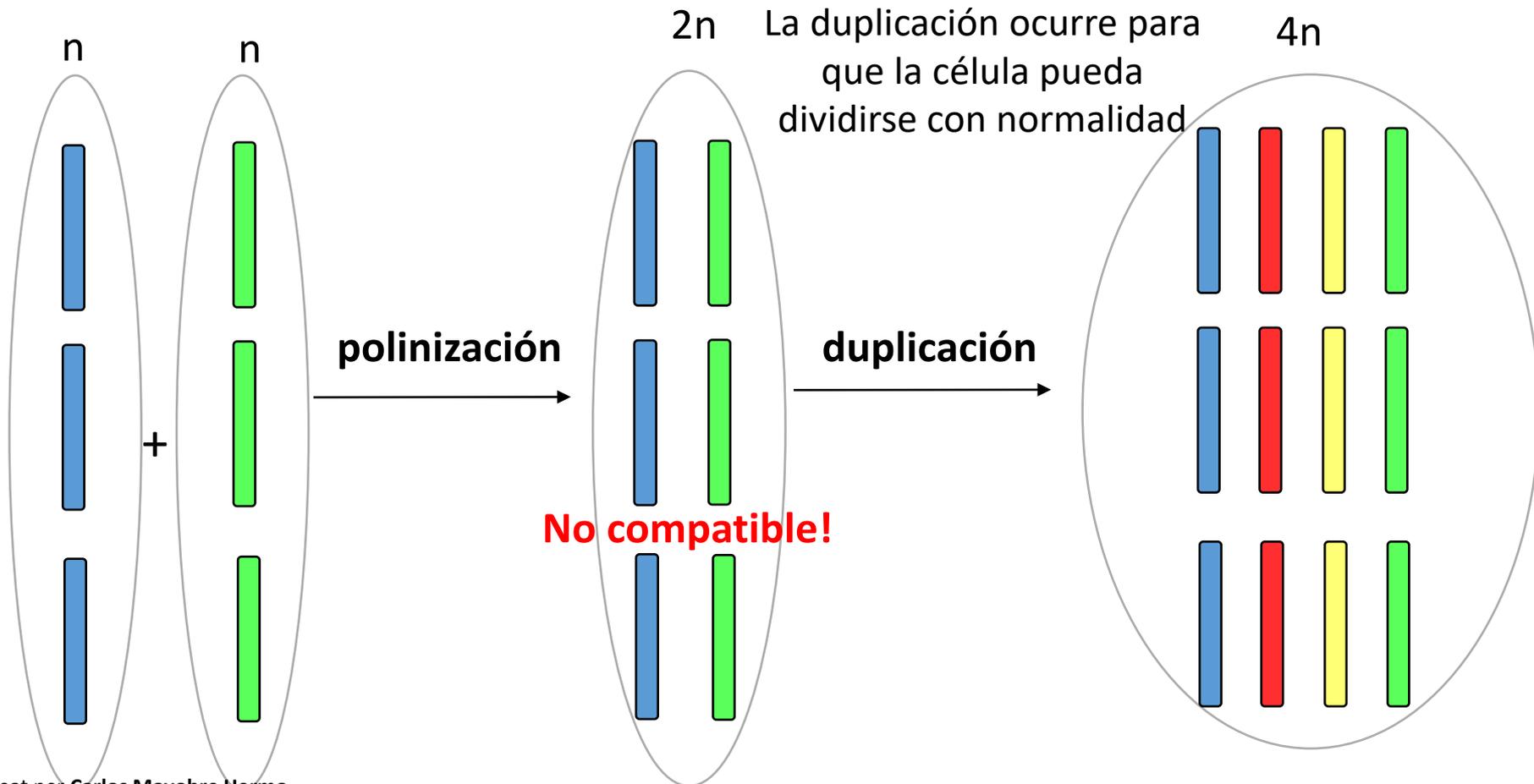


# Poliploidías



# Poliploidías

Si cruzamos **2 especies** cercanas pero diferentes, y la célula no reconoce que hay parejas de cromosomas, a veces ocurre una **duplicación**, y aparecerá una planta **poliploide**



# Poliploidías

## La meiosis

## Gametos

Tetraploide  
 $4n$

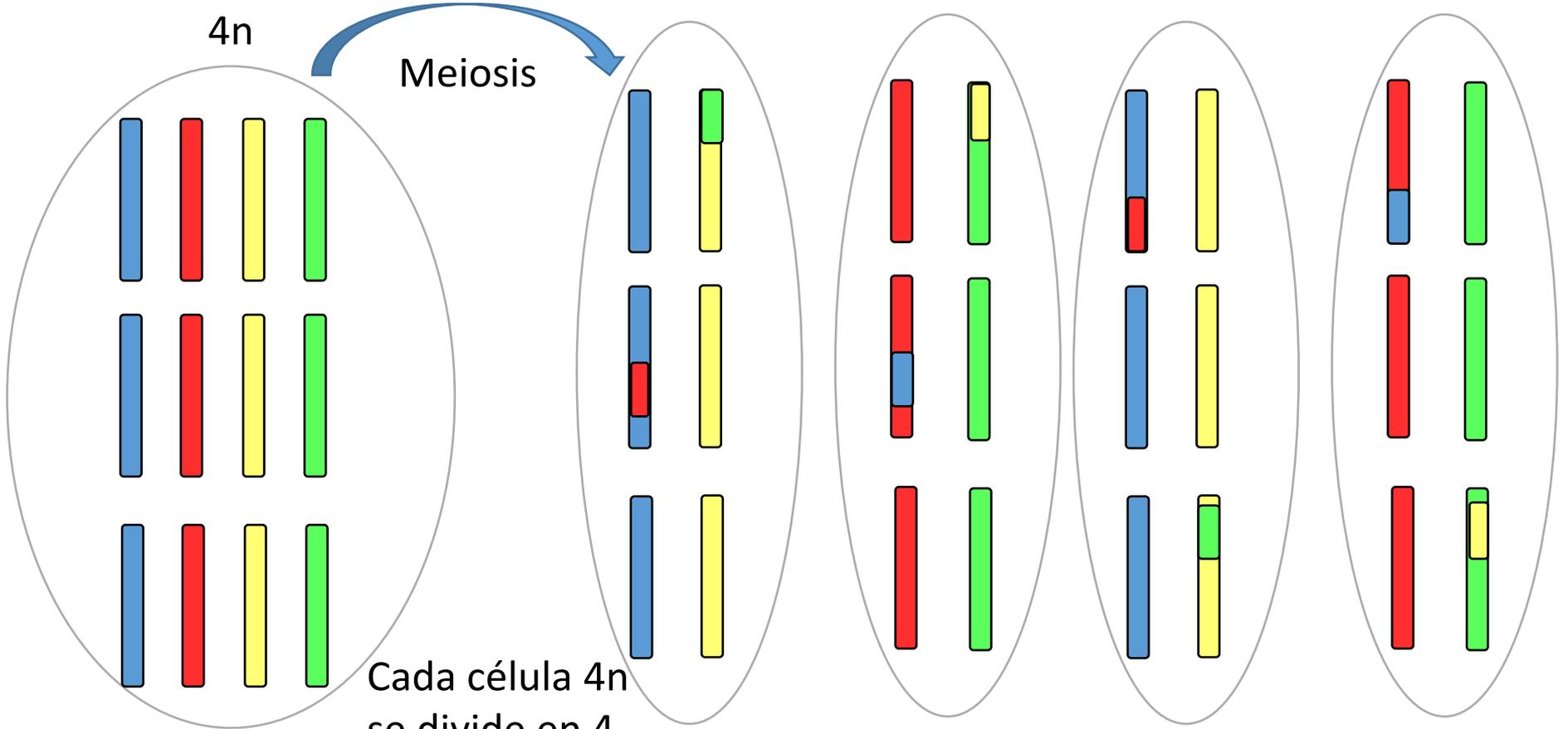
Meiosis

$2n$

$2n$

$2n$

$2n$



Cada célula  $4n$   
se divide en 4  
gametos  $2n$

# Poliploidías

---

¿Por qué son interesantes?

Diploide  
 $2n$



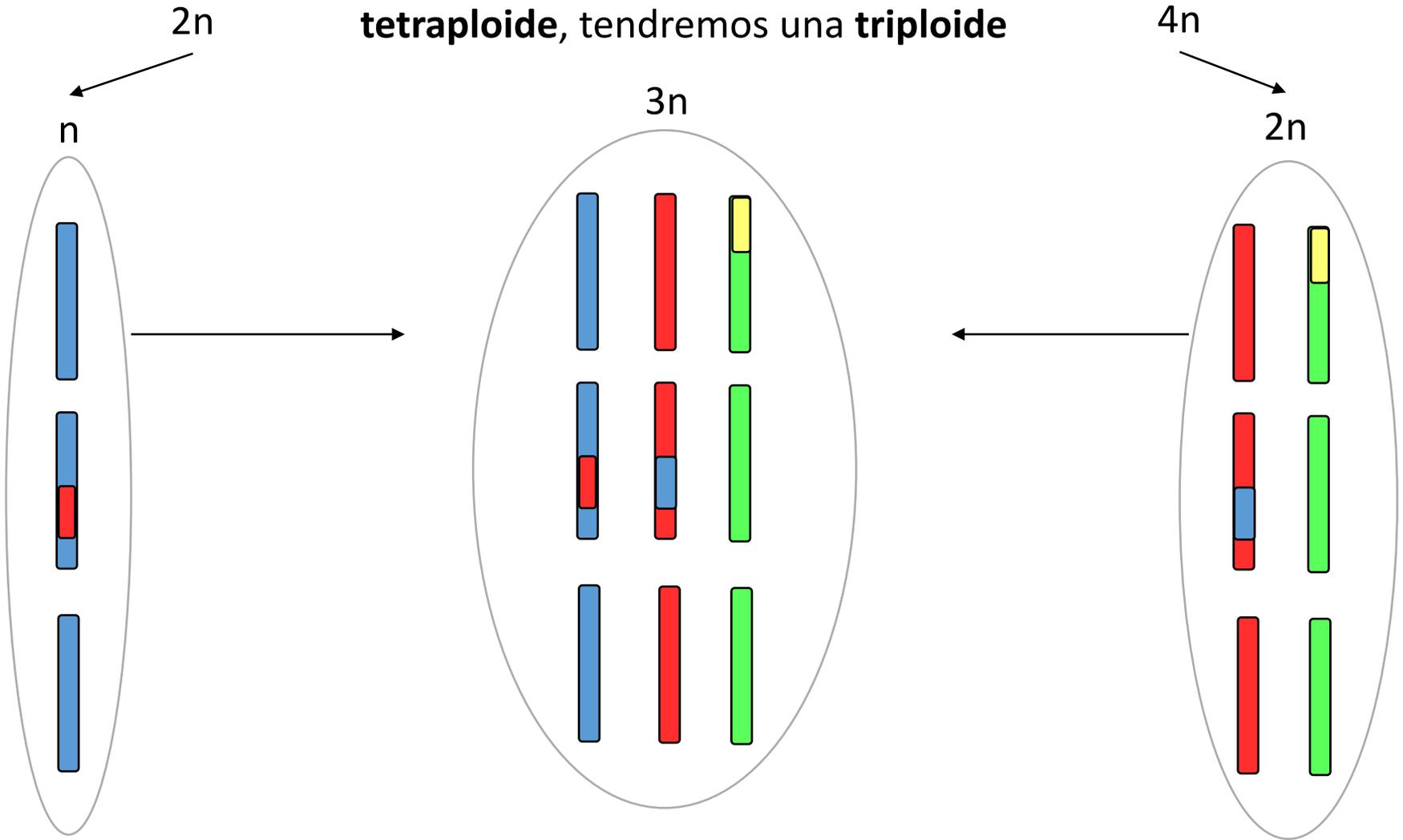
Octoploide  
 $8n$



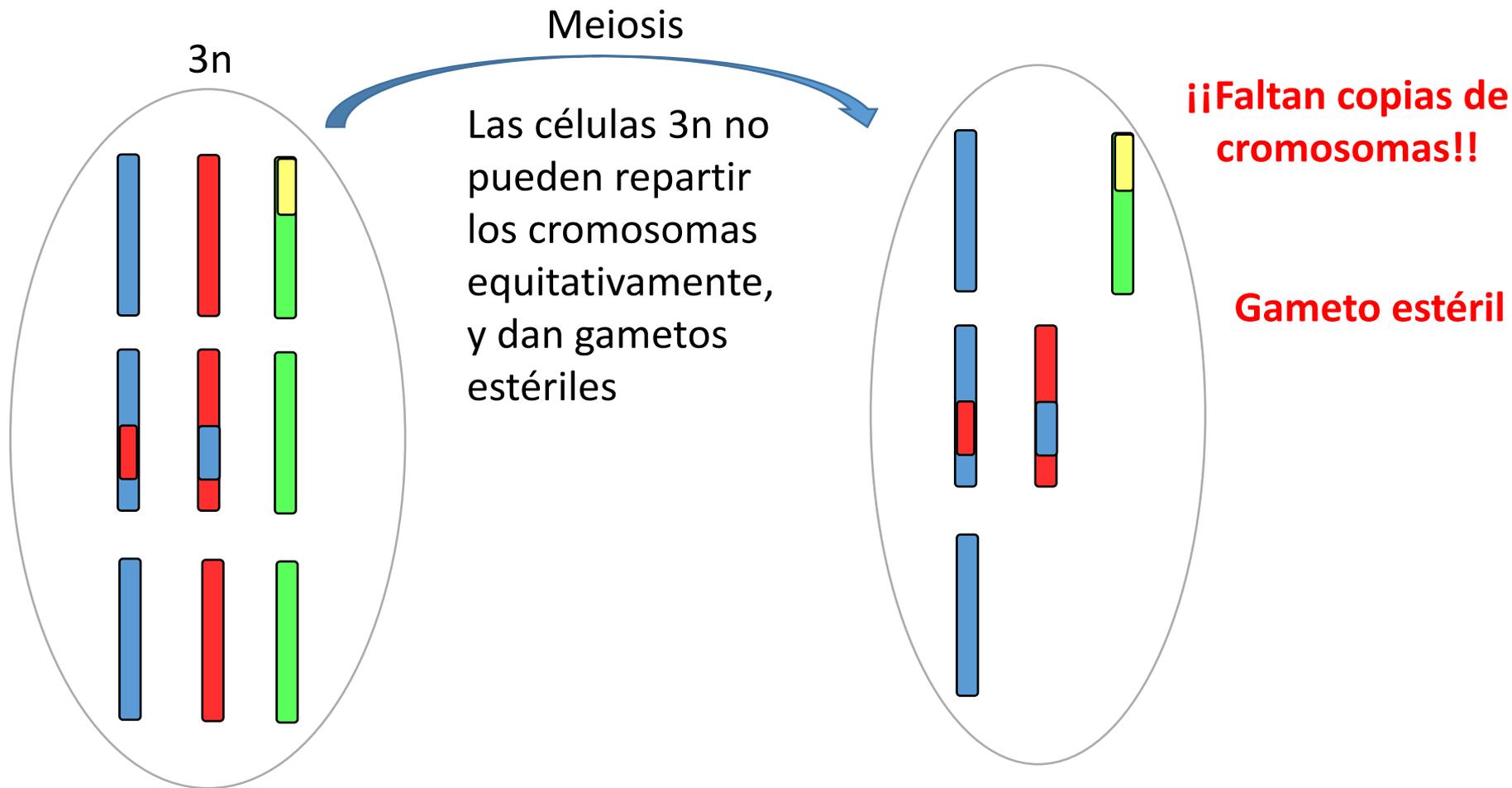
Las frutas poliploides pueden ser más grandes que las diploides

# Poliploidías

Si **cruzamos** una planta **diploide** y una **tetraploide**, tendremos una **triploide**



## Plantas triploides



# Poliploidías

## ¿Por qué son interesantes?

Diploide  
 $2n$



Foto:  
[https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archi vo:Inside\\_a\\_wild-type\\_banana.jpg](https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archi vo:Inside_a_wild-type_banana.jpg)

Si el polen y el óvulo son estériles, no se produce semilla



Triploide  
 $3n$



Organismos  
modificados  
genéticamente:

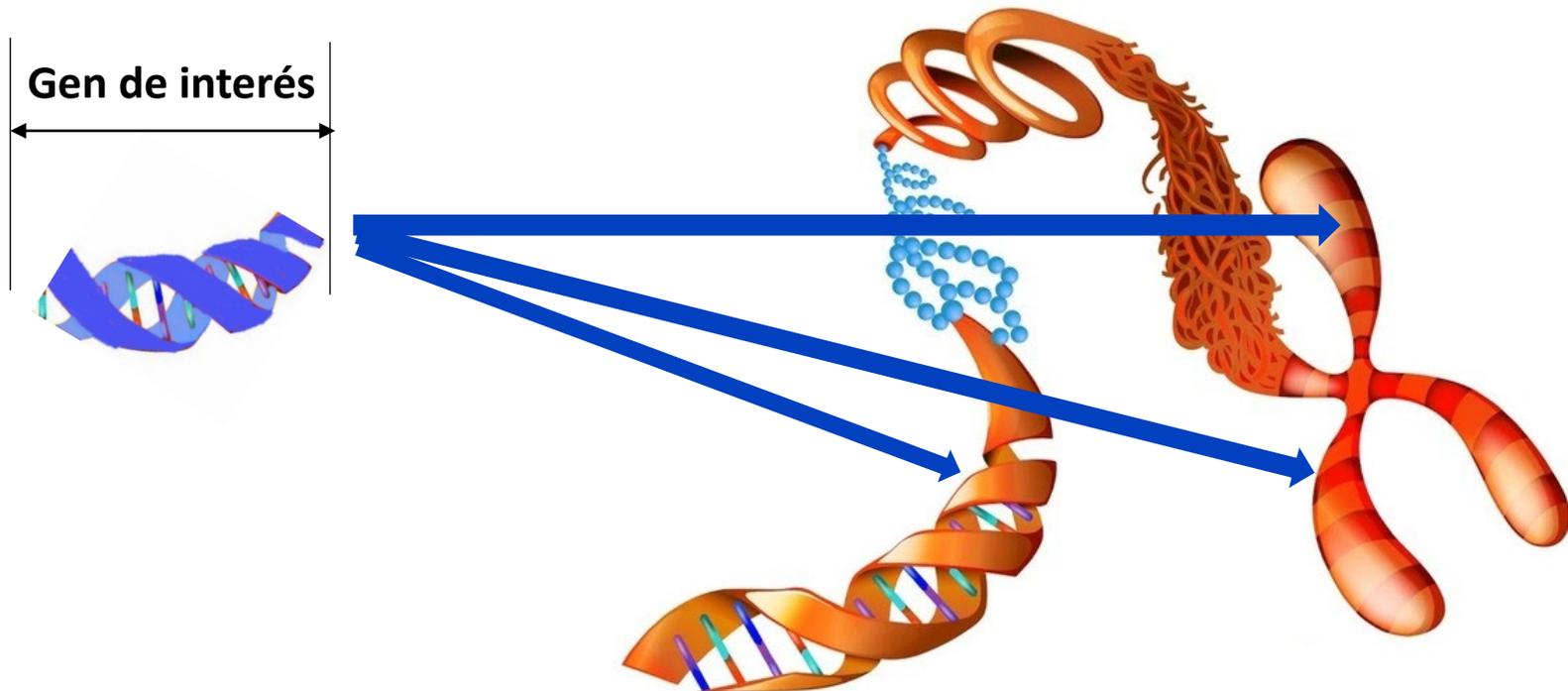
La transgénesis  
y la edición  
génica



## Transgénesis

Se inserta un **gen de otra especie** en la especie que se quiere estudiar o mejorar.

No sabemos dónde se insertará.



## Transgénesis



La **toxina Bt** de *Bacillus thuringiensis* se utilizaba como pesticida.

Ahora, el maíz transgénico produce la toxina, que **solo afecta a larvas de polillas que lo comen**. Además, el pesticida **no acaba en el suelo ni en el agua**.

## Transgénesis

**Enriquecer alimentos** con vitaminas y otros nutrientes puede ayudar a mejorar la **calidad de vida** de millones de personas.



El **arroz dorado**, con un gen de narciso y otro de la bacteria *Erwinia uredovora*, es capaz de producir **carotenoides**, que ayudarán a **combatir la ceguera infantil en el sudeste asiático**.

## Edición génica: CRISPR-CAS9

Se **corta el ADN** en un **sitio específico**, la célula lo **reparará** e introducirá algunos **errores** que podrán inactivar el gen, o bien podemos introducir la mutación que deseamos para conseguir una proteína modificada.



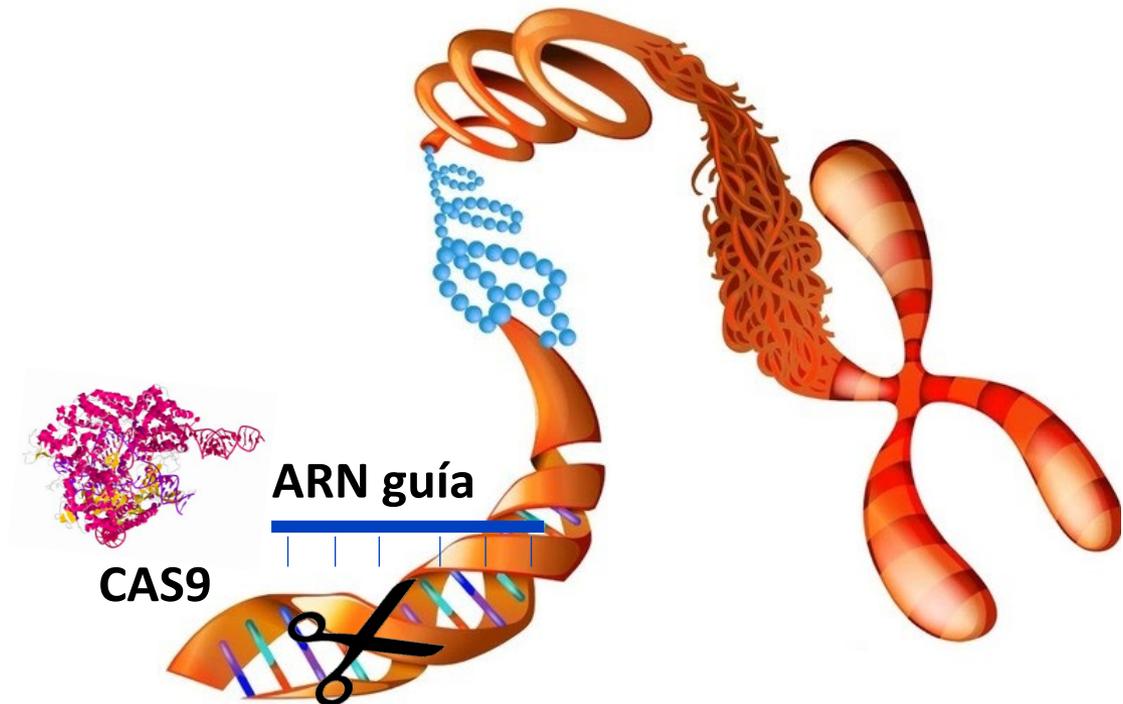
**CAS9**

**ARN guía**



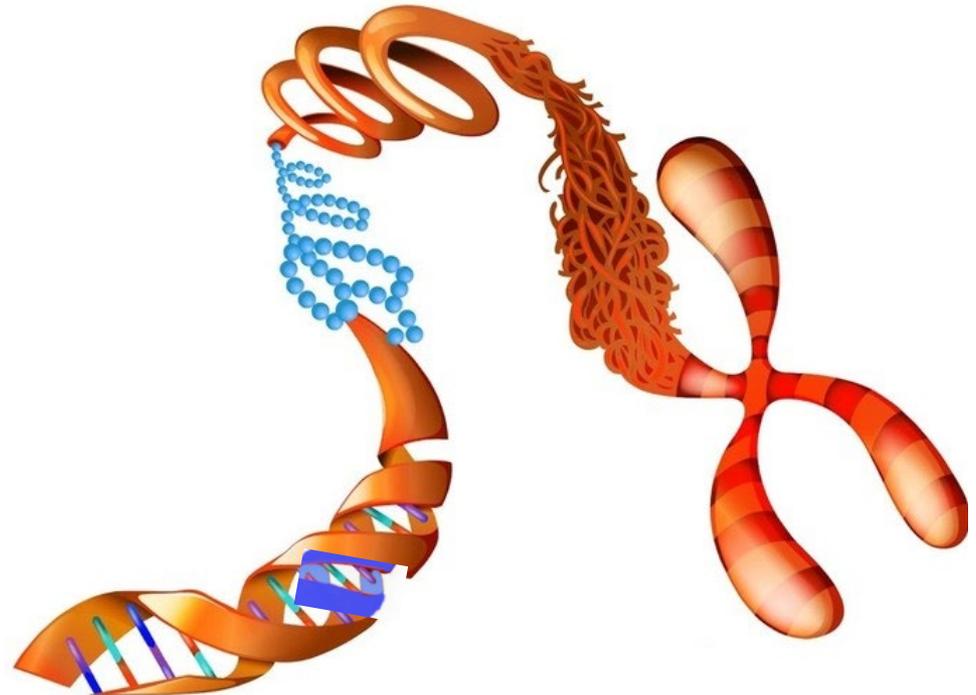
## Edición génica: CRISPR-CAS9

Se **corta el ADN** en un **sitio específico**, la célula lo **reparará** e introducirá algunos **errores** que podrán inactivar el gen, o bien podemos introducir la mutación que deseamos para conseguir una proteína modificada.



## Edición génica: CRISPR-CAS9

Se **corta el ADN** en un **sitio específico**, la célula lo **reparará** e introducirá algunos **errores** que podrán inactivar el gen, o bien podemos introducir la mutación que deseamos para conseguir una proteína modificada.



## Edición génica: CRISPR-CAS9

Trigo sin gluten apto para celíacos



Francisco Barro (CSIC, Córdoba)



Se evita que se formen las proteínas que dañan a los celíacos mediante **inactivación** de varios genes

# La transgénesis y la edición génica

Cada técnica se fue legislando conforme fueron apareciendo, pero aunque se obtienen resultados parecidos, su normativa es muy diferente en la UE

Técnica de mejora	¿Qué hace?	Legislación
Cruzamientos	<b>Selecciona</b> alelos en la especie que queremos mejorar	Debe ser no tóxica
Mutagénesis con rayos X	<b>Muta al azar</b> todo el genoma	“
Transgénesis	Añade un gen nuevo <b>de otra especie</b>	Debe ser no tóxica, mejor que la existente, se debe cultivar lejos de la variedad original, se puede prohibir su cultivo
Edición genética CRISPR-CAS9	Edita 1 gen <b>específico</b> o favorece que mute	“

**¿Estáis de acuerdo con estas diferencias a la hora de regular los alimentos?**

**¿Qué opináis de la mejora vegetal?**