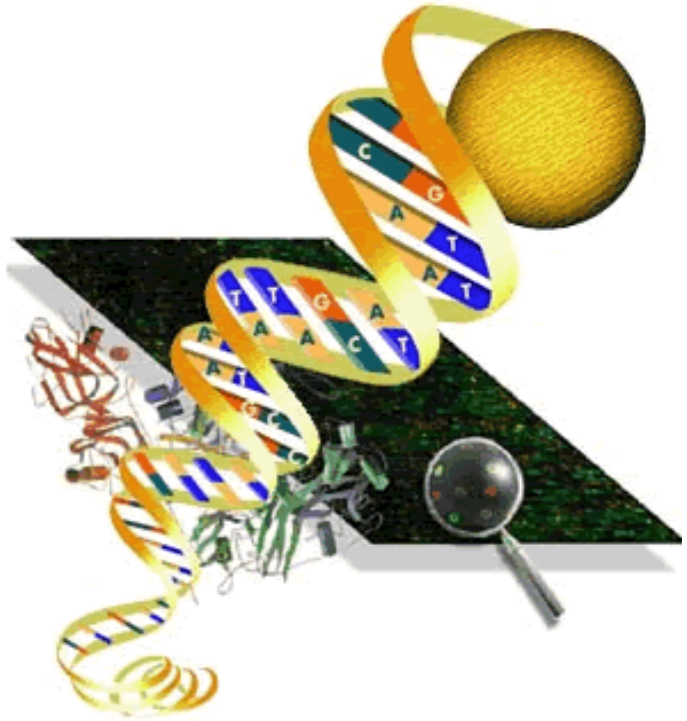
Reconstruyendo el genoma de Garnacha para entender sus características varietales





Pablo Carbonell-Bejerano

Olite, 5-5-2022

GRENACHES DU Monde

Reconstruyendo el genoma de Garnacha para entender sus características varietales

Reconstrucción/Ensamblaje del genoma de Garnacha

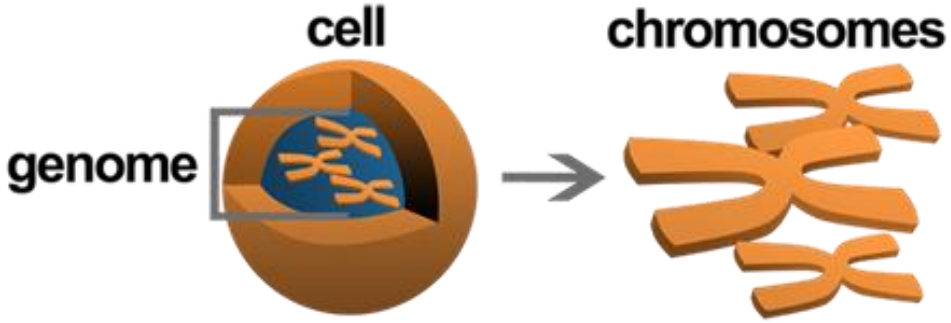
Pablo Carbonell-Bejerano

Olite, 5-5-2022

Reconstruyendo el genoma de Garnacha para entender sus características varietales

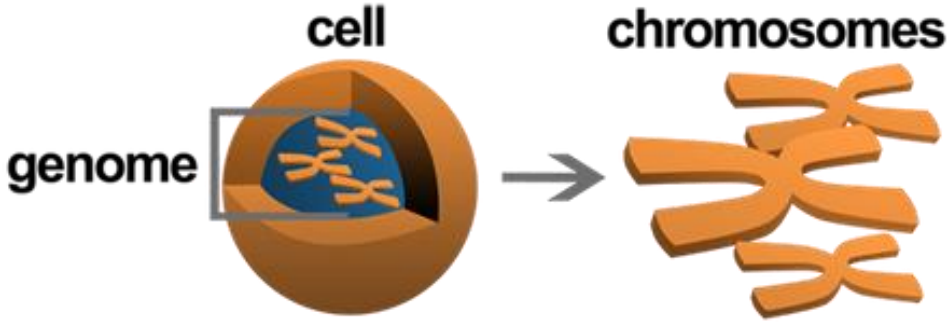
- El genoma
- El genoma de la vid
- Origen de Garnacha
- Reconstrucción del genoma de Garnacha
  - Comparación con otras variedadedes
  - Variación clonal en Garnacha y origen de Garnacha Blanca

¿Qué es el genoma?

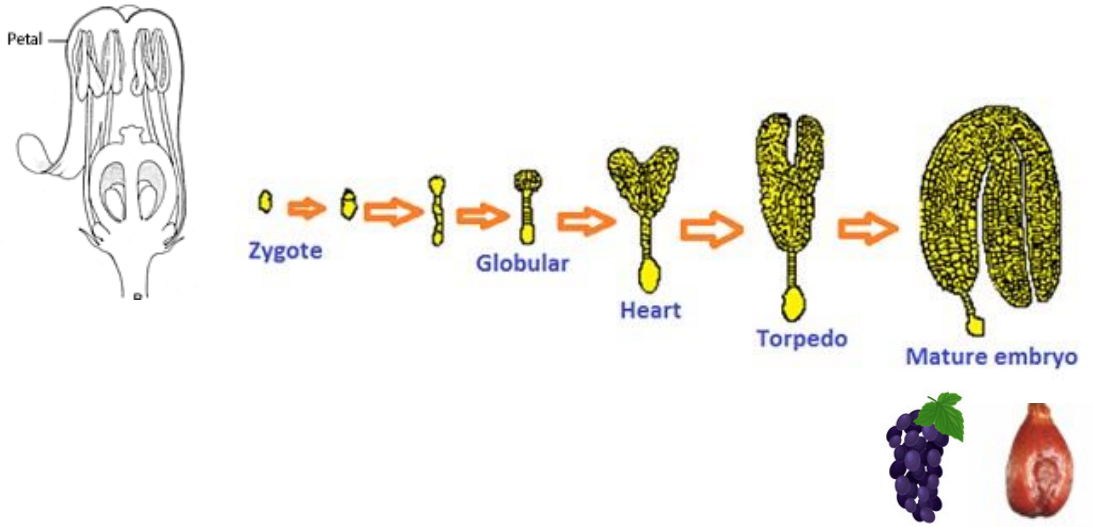


Genoma: Instrucciones de la célula para desarrollar un organismo

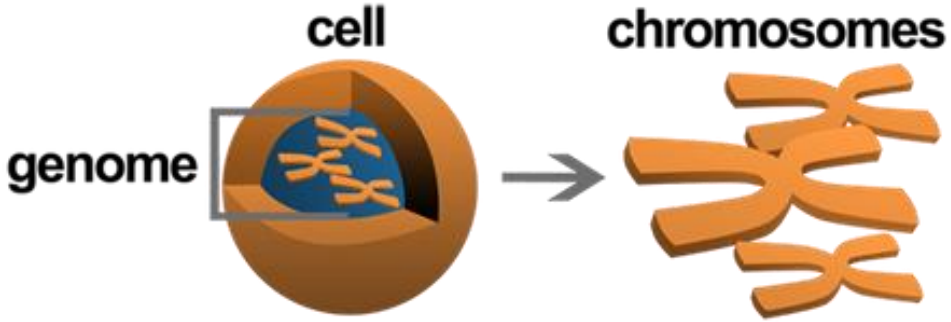
¿Qué es el genoma?



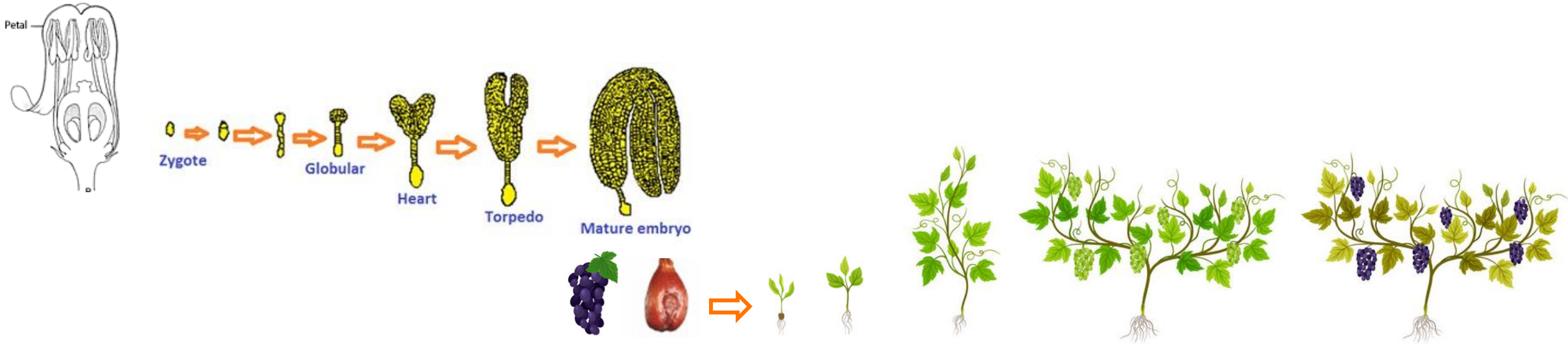
Genoma: Instrucciones de la célula para desarrollar un organismo



¿Qué es el genoma?

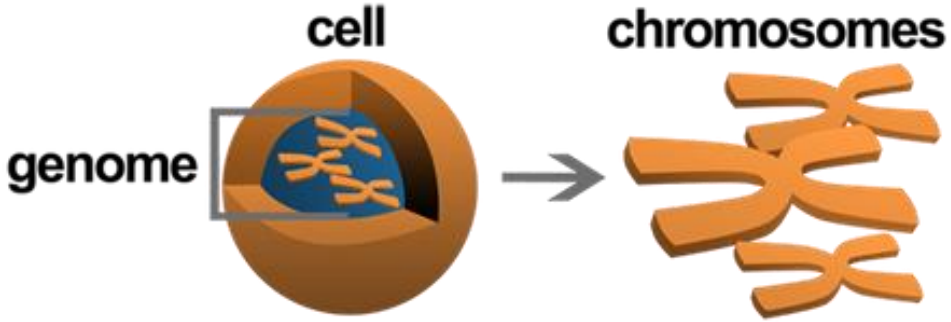


Genoma: Instrucciones de la célula para desarrollar un organismo

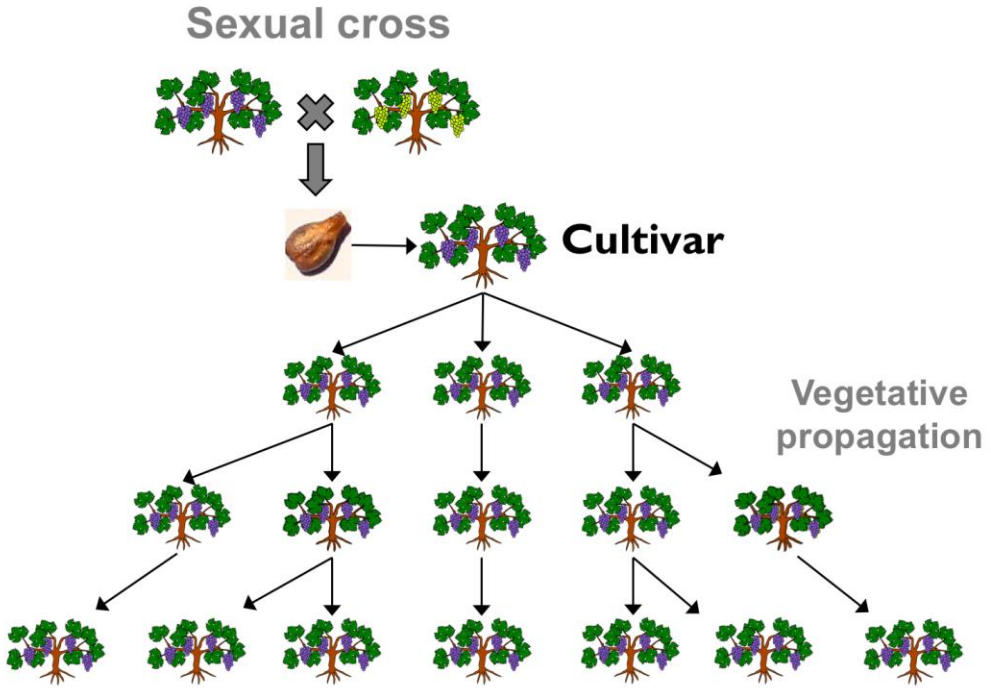


From: https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/grapes-growing-stages-from-sprout-to-veraison-vector-29249902

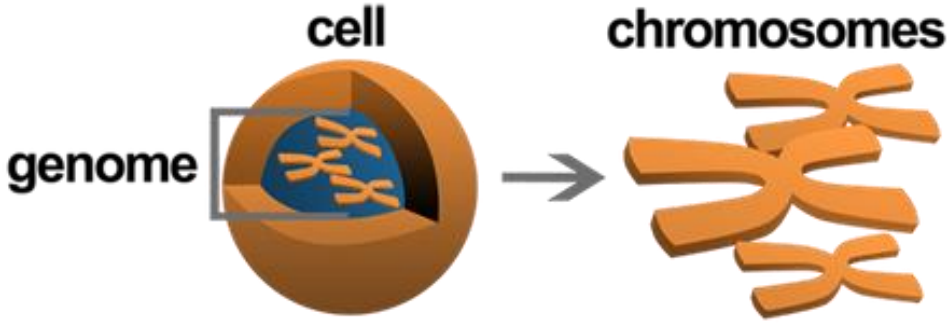
¿Qué es el genoma?



Genoma: Instrucciones de la célula para desarrollar un organismo

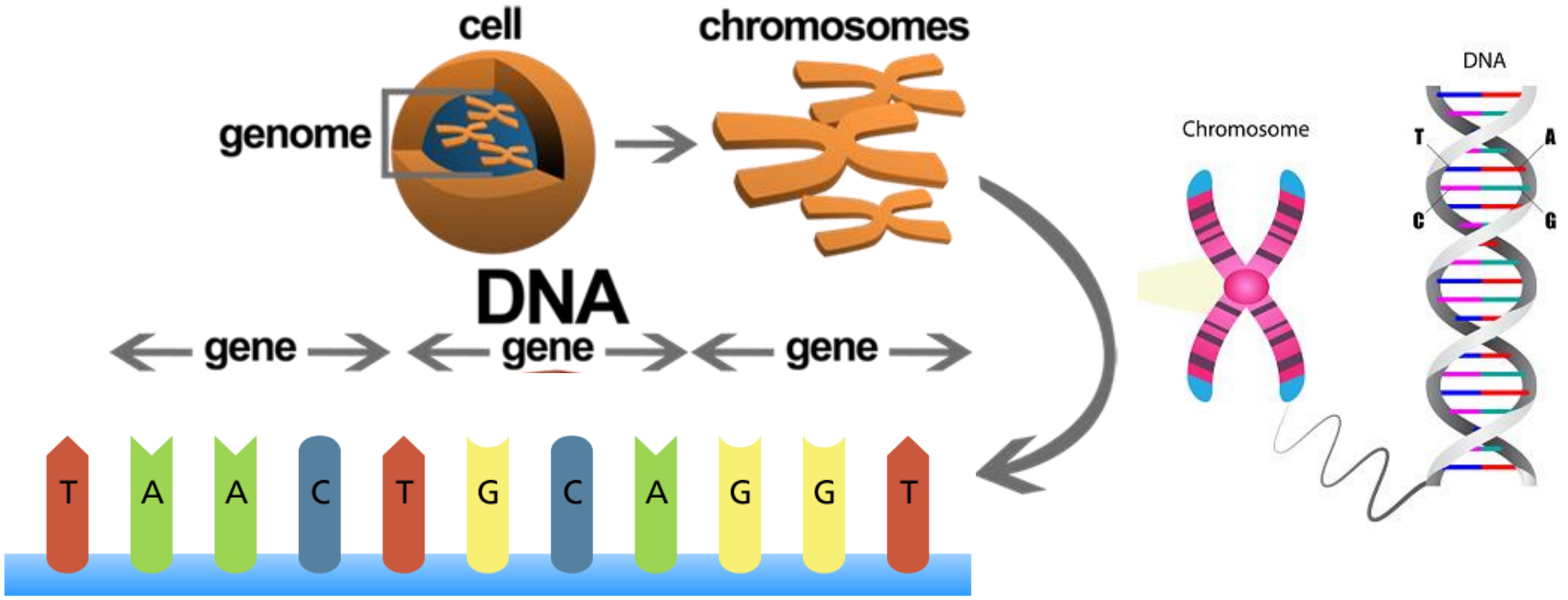


¿Cómo funciona el genoma?



Genoma: Instrucciones de la célula para desarrollar un organismo

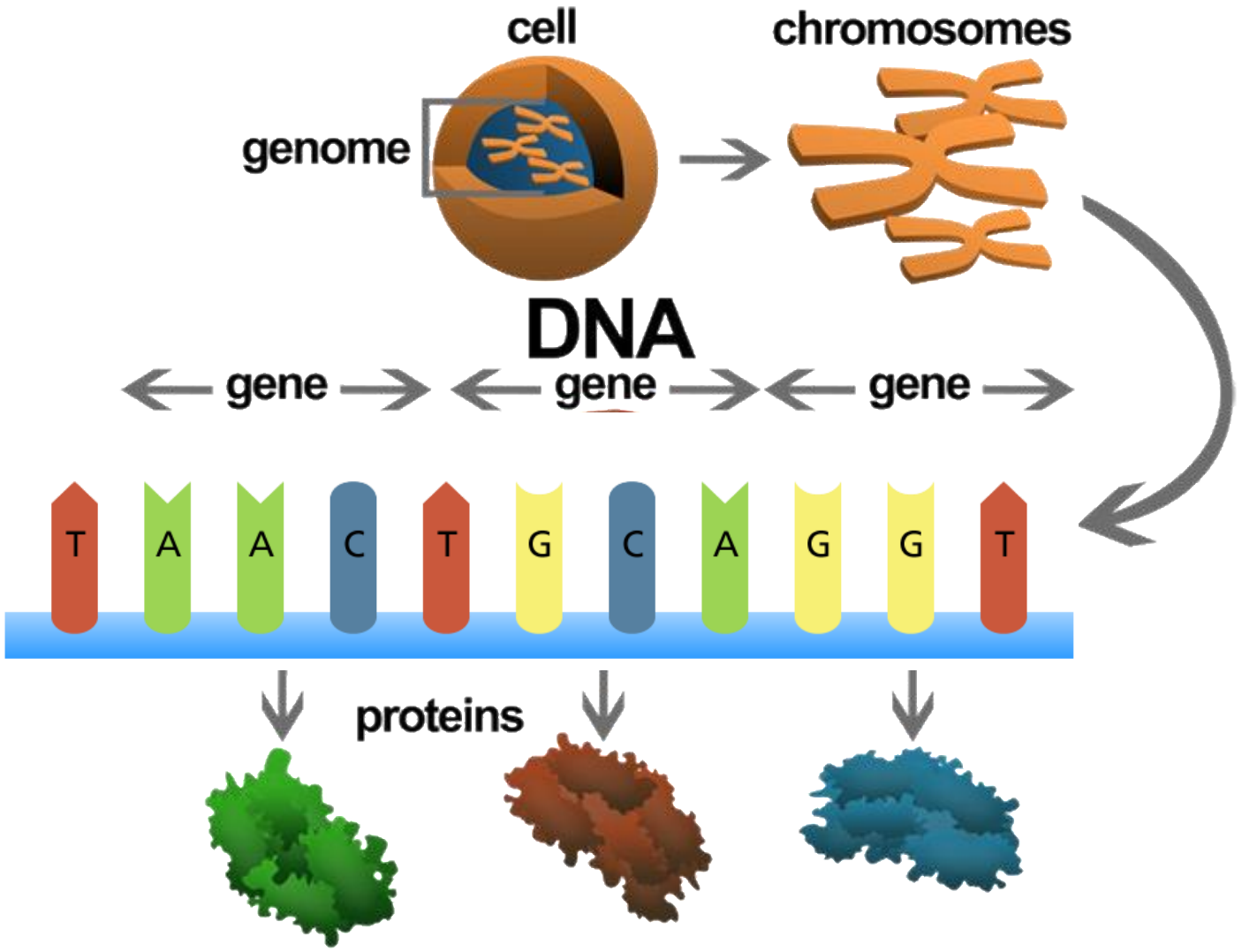
¿Cómo funciona el genoma?



ADN = Código genético: A, adenina; C, citosina; G, guanina; T, timina

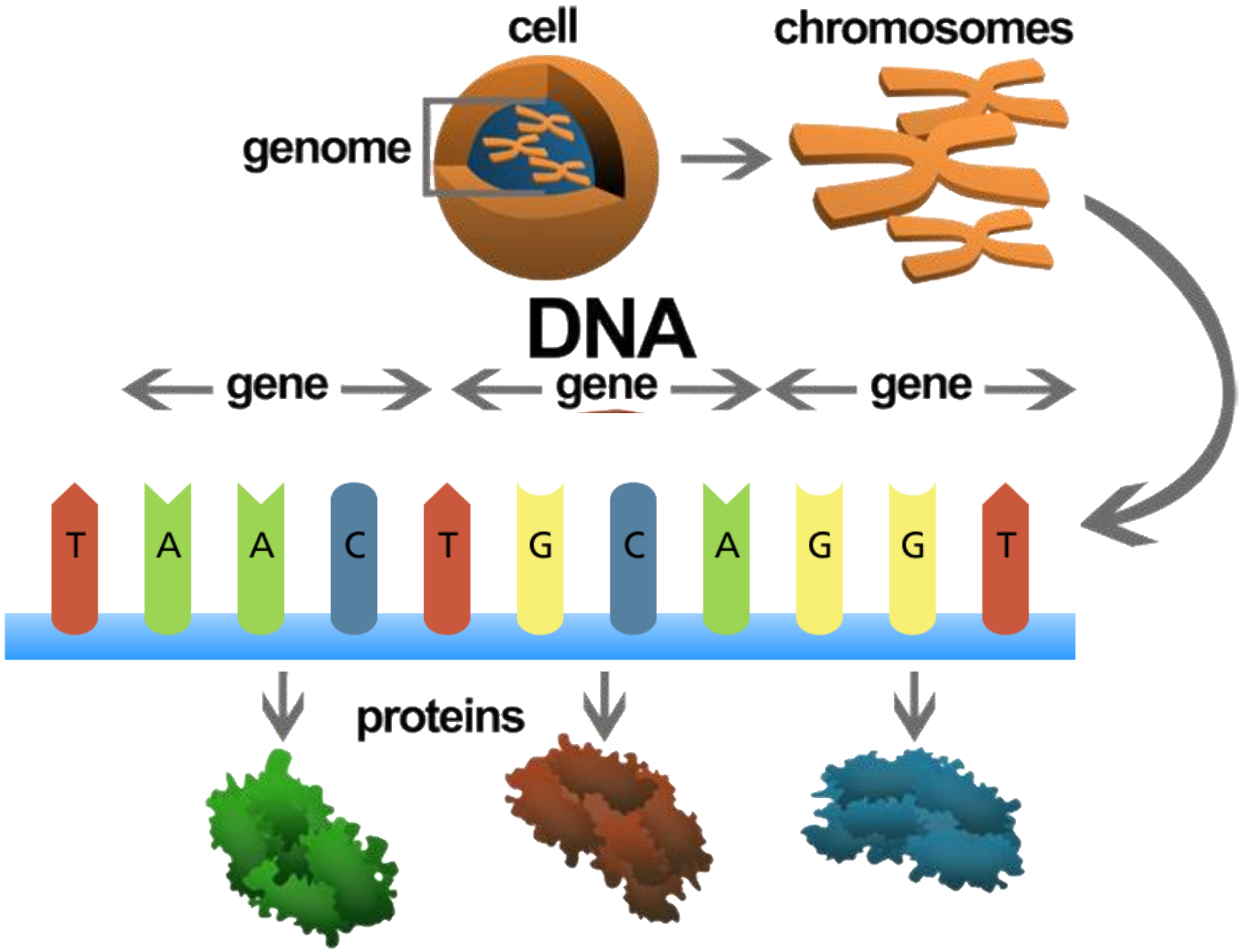
Gen = Unidad funcional del código

¿Cómo funciona el genoma?



Proteínas = producto funcional

¿Cómo funciona el genoma?

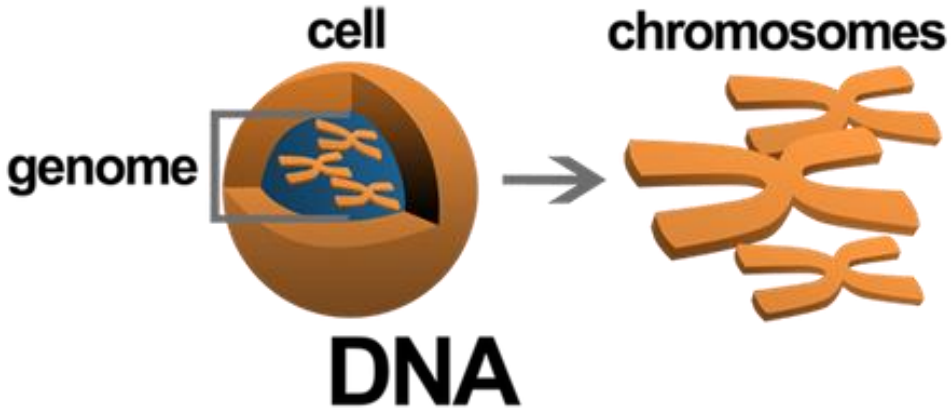


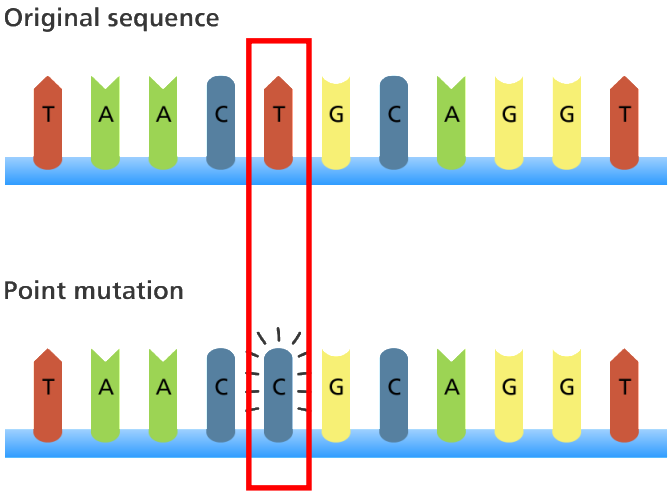
Fenotipo

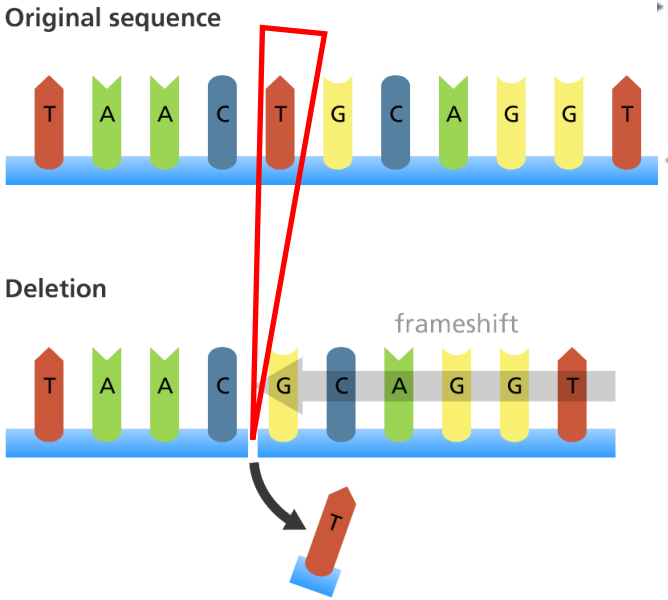


Proteínas = producto funcional

¿Cómo funciona el genoma?







Variación en el genoma

Variación de Fenotipo





¿Cómo funciona el genoma?

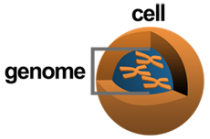


- Meteorología
- Suelo / Agua
- Patógenos
- Manejo agrícola
- Etc.

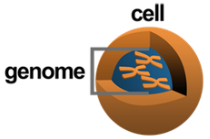
Ambiente

Genoma





- Cultivar, Clones



- Portainjerto / Rootstock

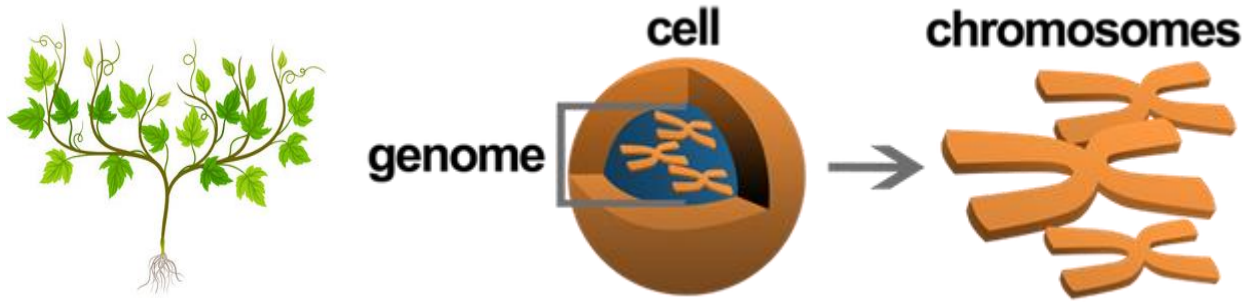
Fenotipo

- Vigor
- Producción
- Composición
- Susceptibilidades
- Etc.

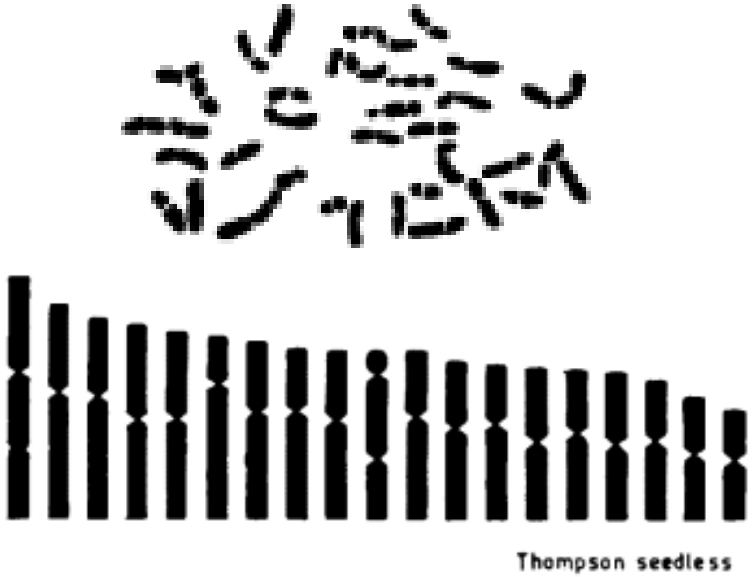




Genoma Nuclear de la vid

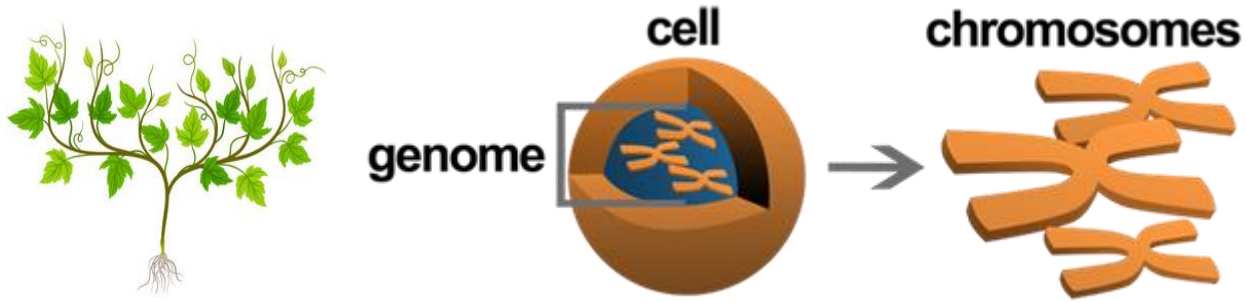


- 19 Cromosomas



Patil y Jadhav, *Cytologia* 1985

Genoma Nuclear de la vid



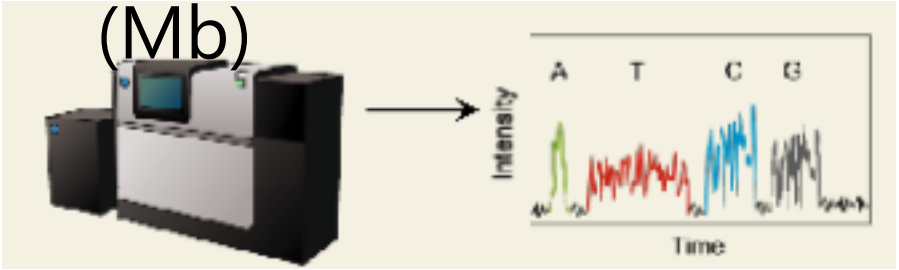
- 19 Cromosomas

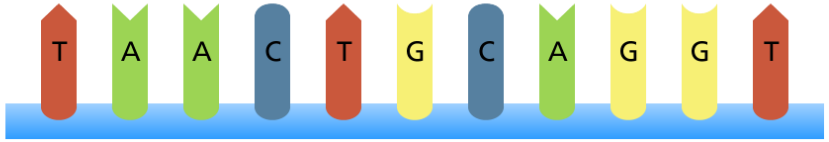




Patil y Jadhav, *Cytologia* 1985

- 475 Millones de bases (Mb)

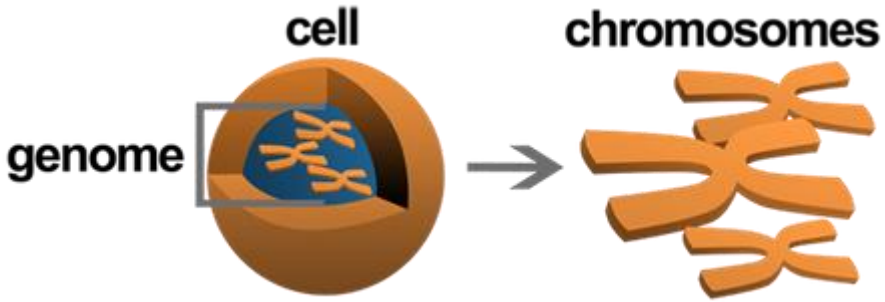




Secuenciación del genoma de la vid

Jaillon et al., *Nature* 2007

Tamaño del genoma nuclear



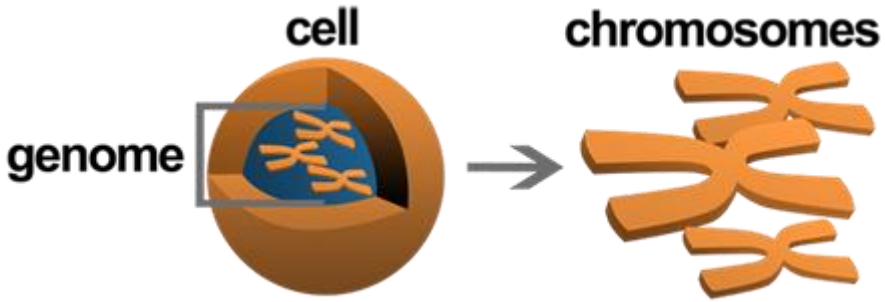


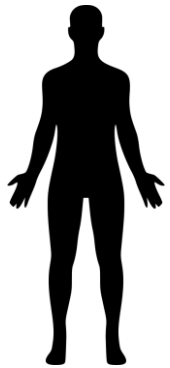
Vid
475 Mb



Levadura
12 Mb

Tamaño del genoma nuclear





Humano
3000 Mb

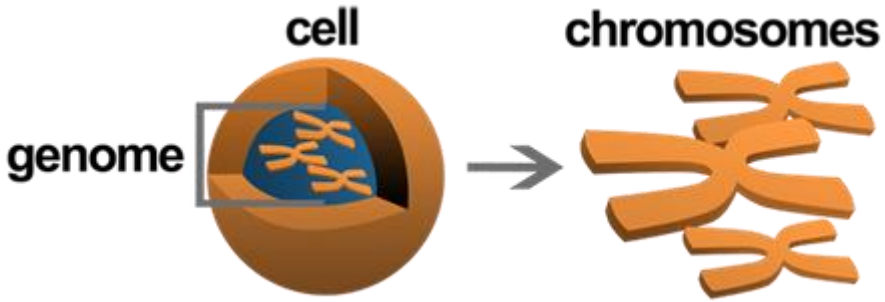


Vid
475 Mb



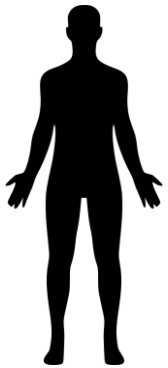
Levadura
12 Mb

Tamaño del genoma nuclear





Pino
40000 Mb



Humano
3000 Mb

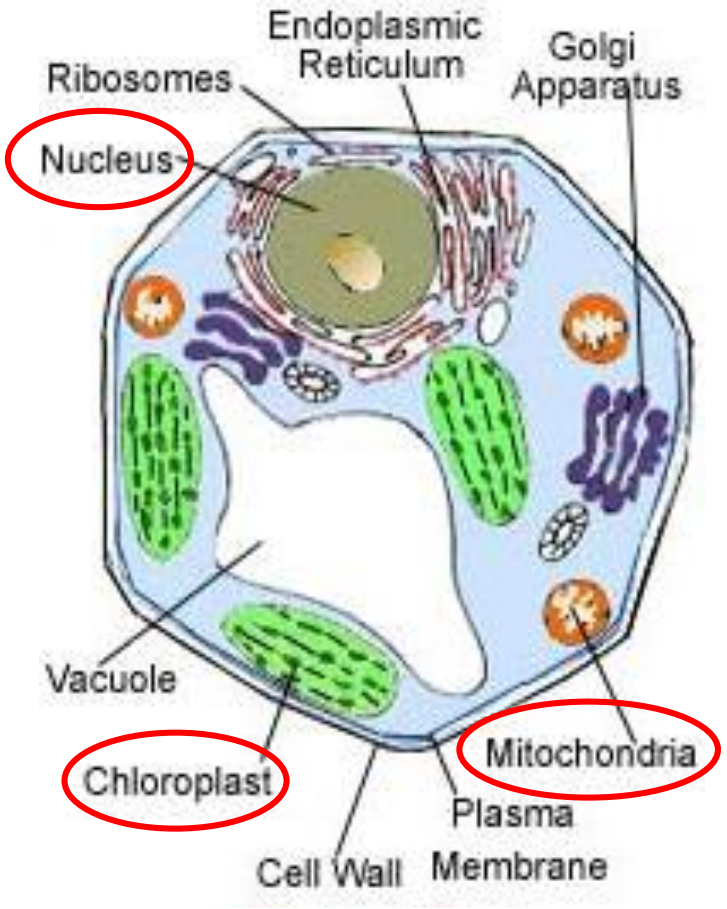


Vid
475 Mb

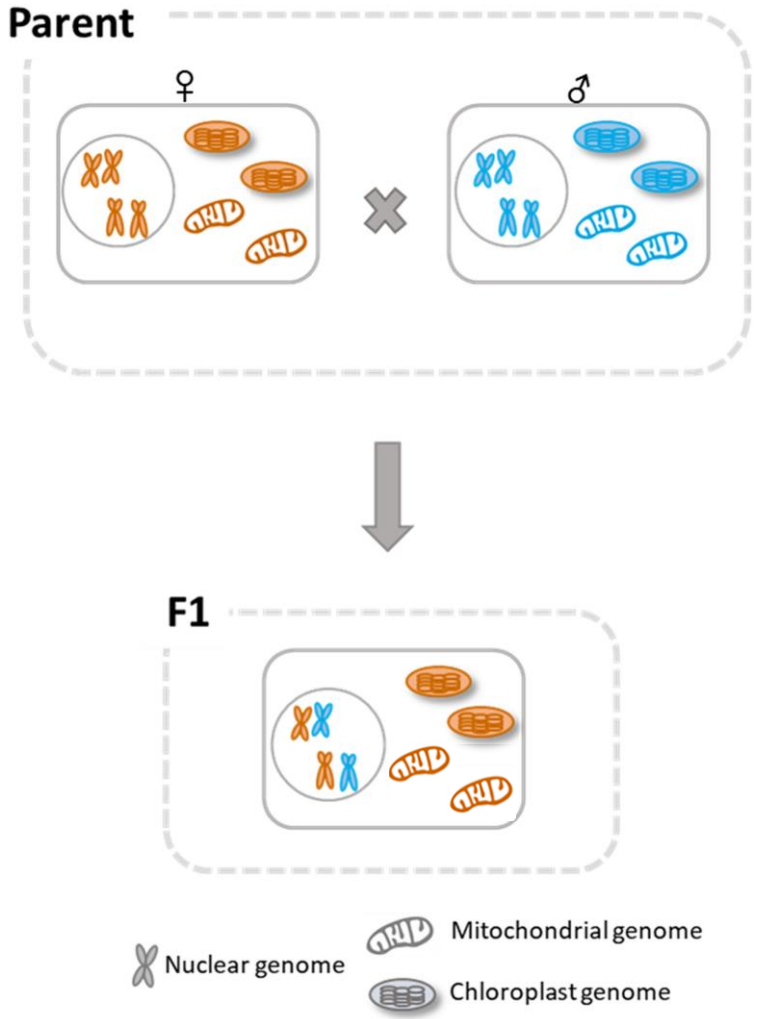


Levadura
12 Mb

Los genomas de la vid



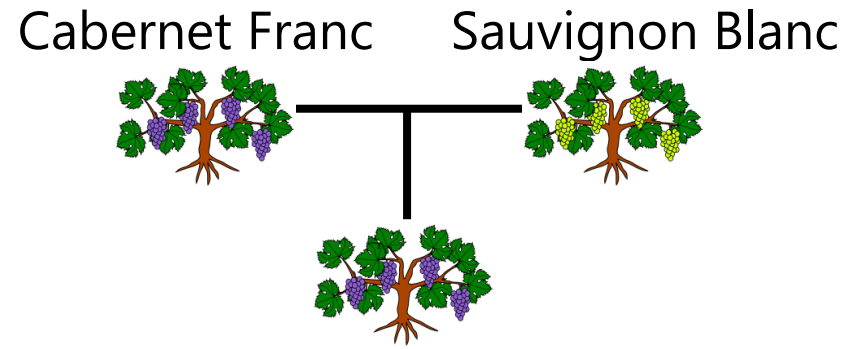
- Tres genomas en cada célula
  - Genoma **Nuclear**
    - Dos copias
    - Herencia Biparental
  - Genomas **Cloroplástico** y **Mitocondrial**
    - Herencia Materna



Jansen et al., 2006; Jaillón et al., 2007; Velasco et al., 2007; Goremykin et al. 2009; Frommer et al., 2020

Genomas de las variedades de vid

Primer pedigrí conocido (1997)

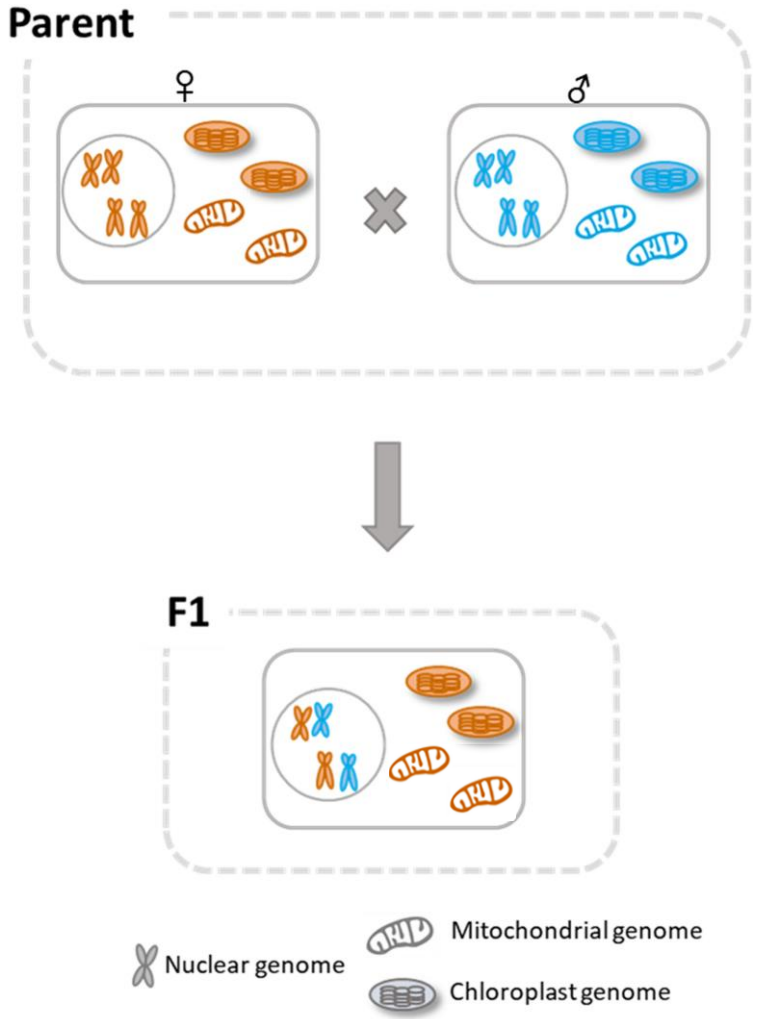


Published: 01 May 1997

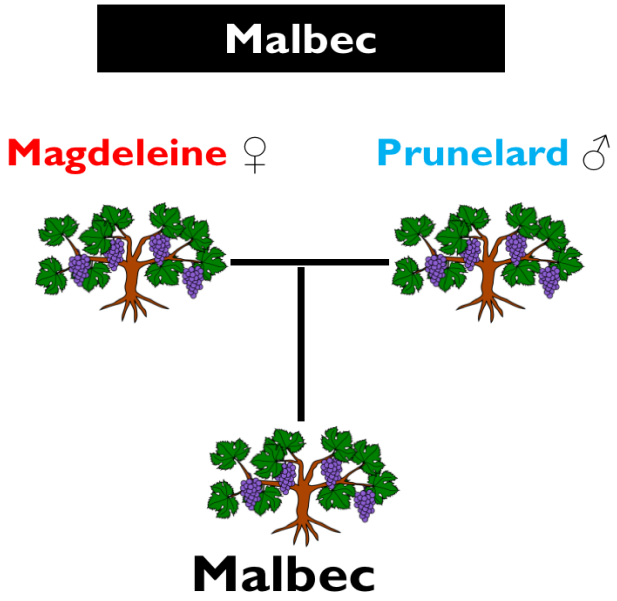
The parentage of a classic wine grape, Cabernet Sauvignon

John E. Bowers & Carole P. Meredith

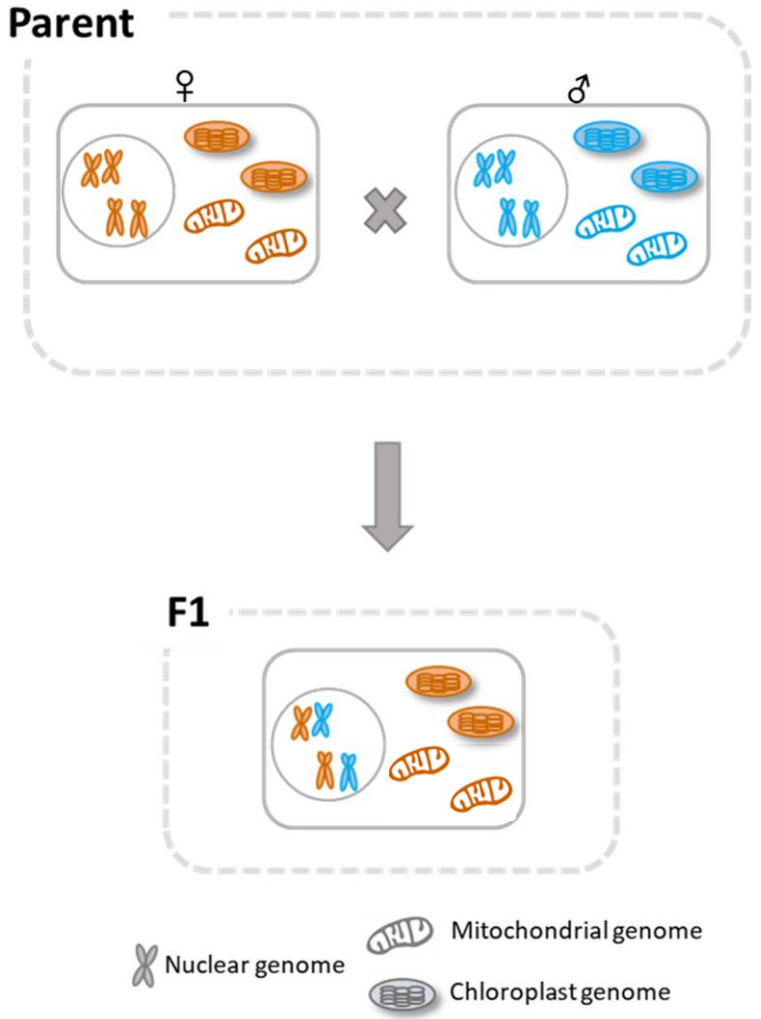
Nature Genetics **16**, 84–87 (1997) | Cite this article



Pedigrí de las variedades de vid

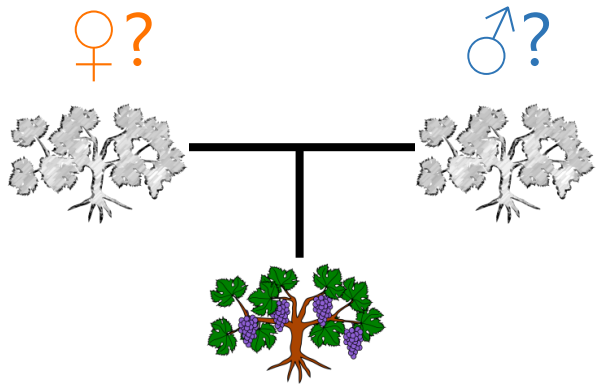


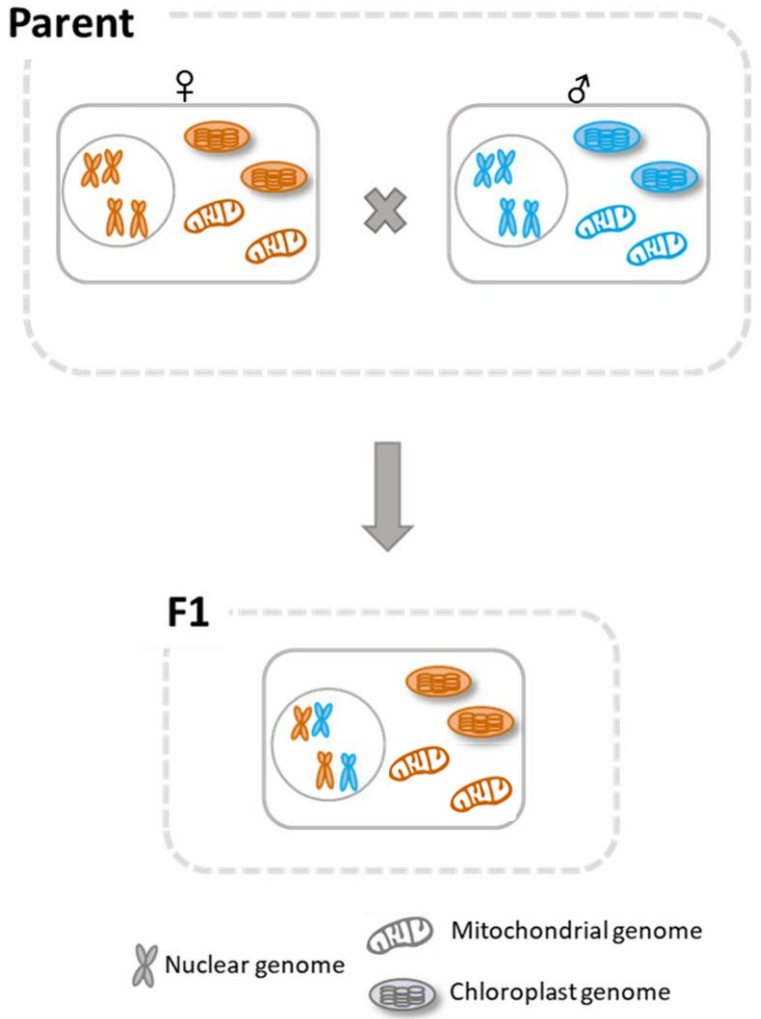
Boursiquot at al., 2009



Origen de Garnacha

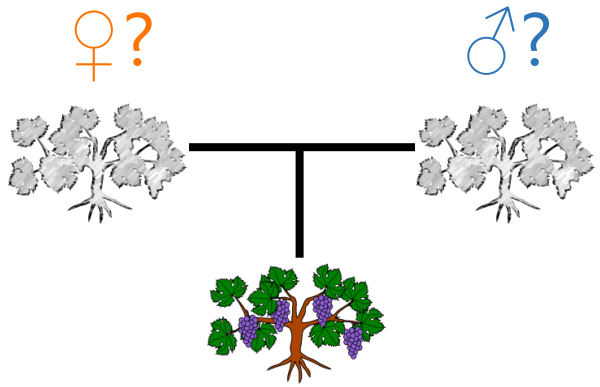
Pedigrí Desconocido





Origen de Garnacha

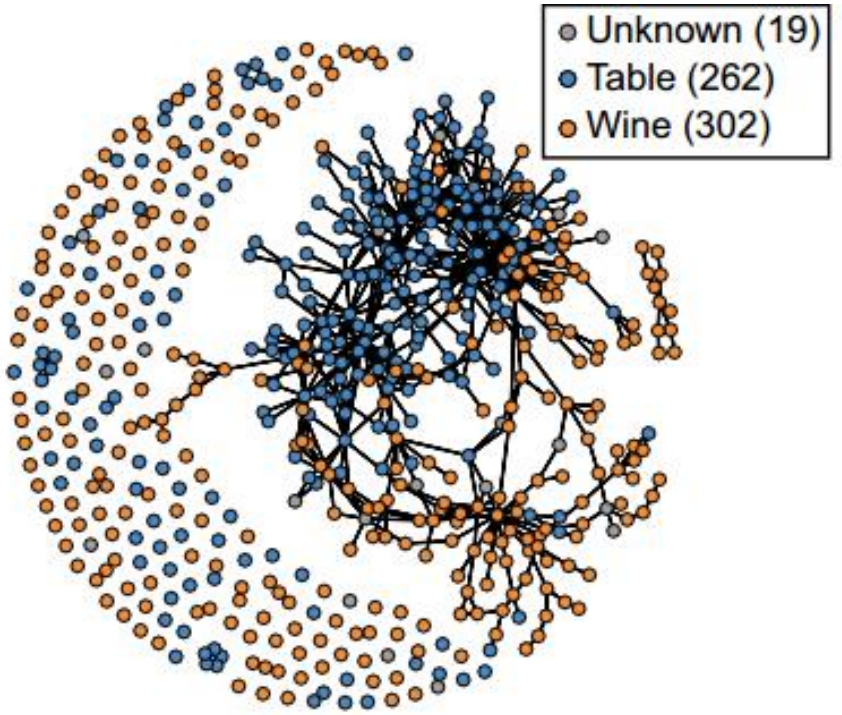
Pedigrí Desconocido

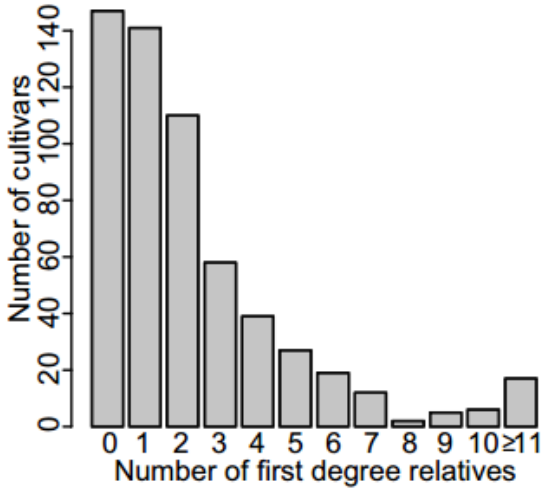


Garnacha: sin parentesco con variedades tradicionales

- **Diversidad varietal de la vid:**
  ~10,000 variedades
- **Alto parentesco**:

75% con alguna relación de primer grado

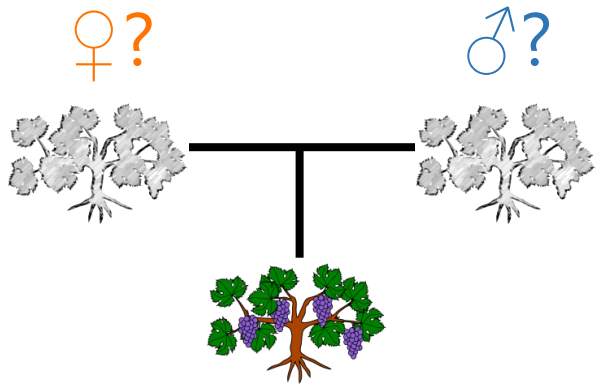




Myles et al. , *PNAS* 2011

Origen de Garnacha

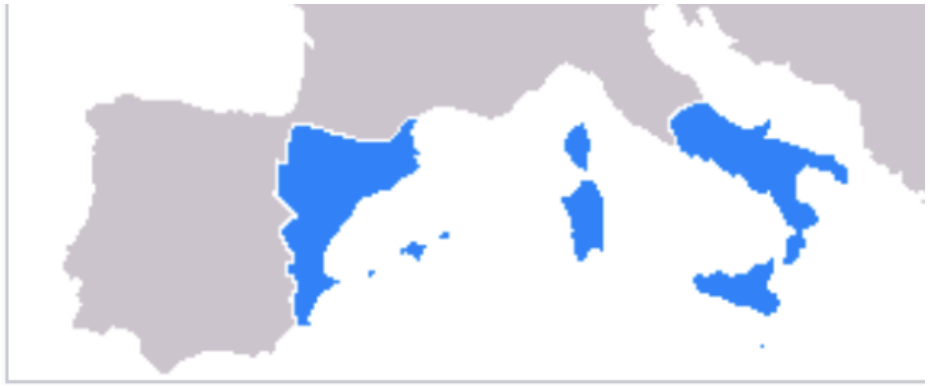
Pedigrí Desconocido



Garnacha

Garnacha: sin parentesco con variedades tradicionales

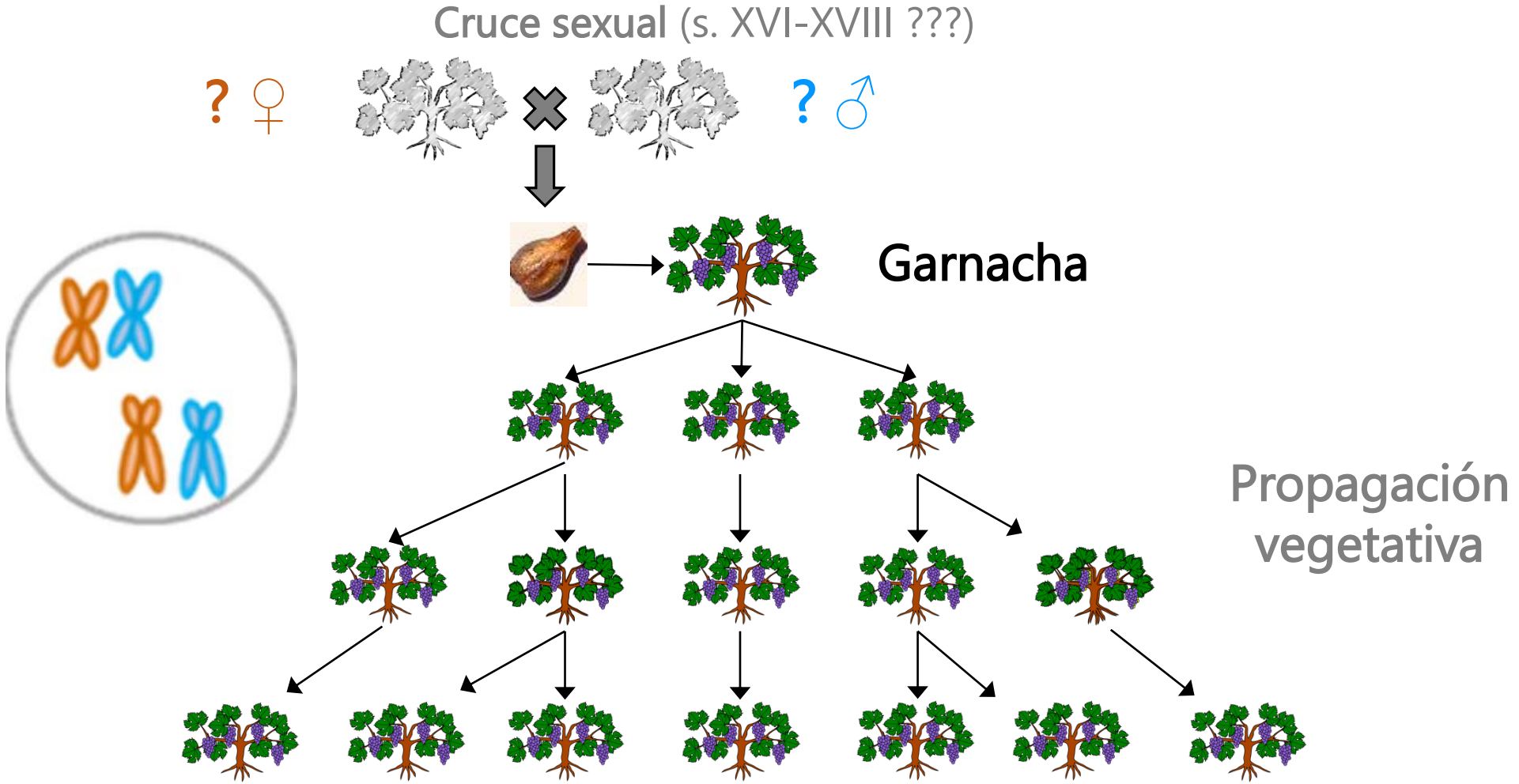
- Primeras descripciones en el siglo XVIII (Valcárcel 1791)
- Extensión correlacionada con la antigua Corona de Aragón.
  - Sinónimo de Cannonau en Italia (De Mattia et al., 2009) y Grenache en Francia.



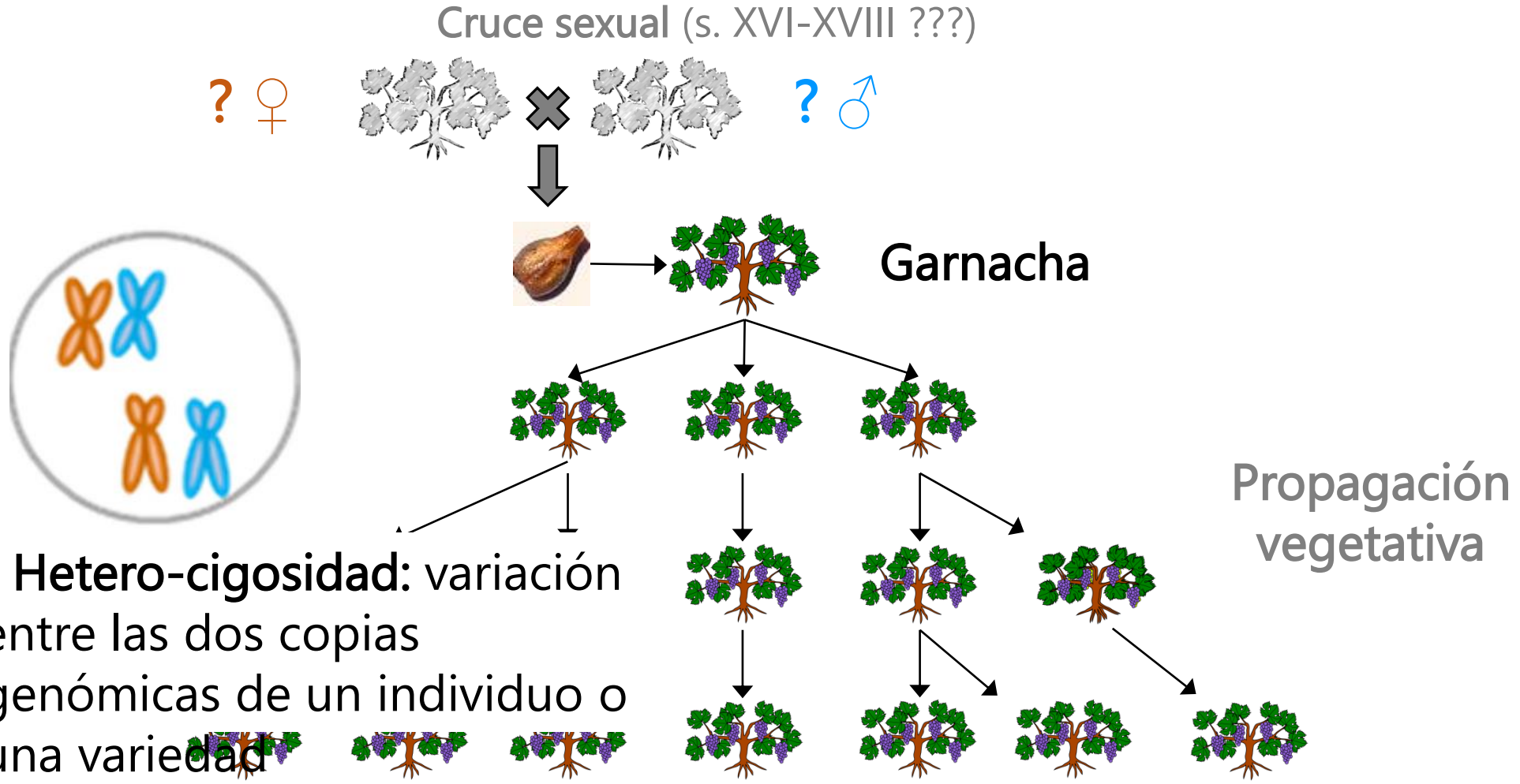
Corona de Aragón,
siglos XIII-XVIII

Garnacha pudo aparecer durante el Renacimiento

Origen de Garnacha



Origen de Garnacha

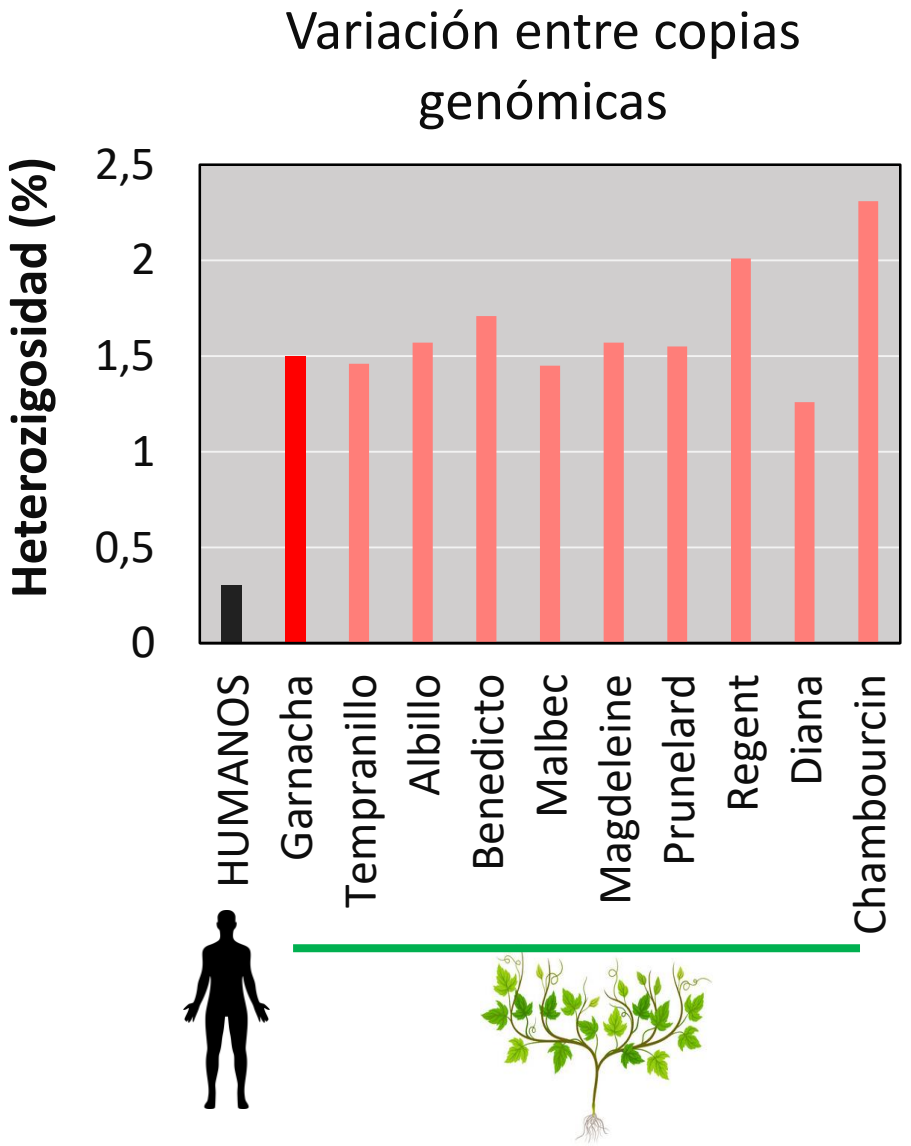


- **Hetero-cigosidad:** variación entre las dos copias genómicas de un individuo o una variedad

Hetero-cigosidad en genomas de vid



• **Hetero-cigosidad:** variación entre las dos copias genómicas de un individuo o una variedad



Origen de hetero-cigosidad (domesticación de la vid)

Vitis vinifera ssp. *sylvestris*

Ancestro silvestre

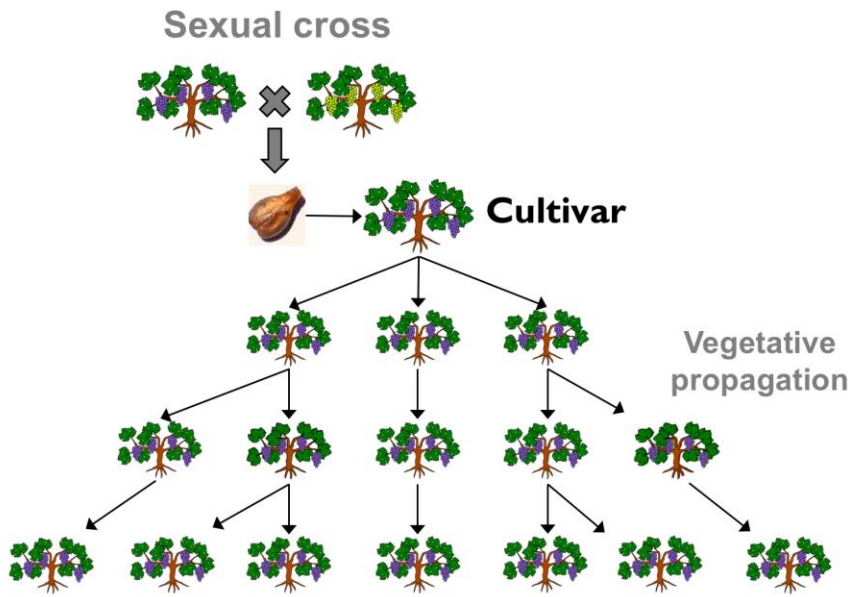




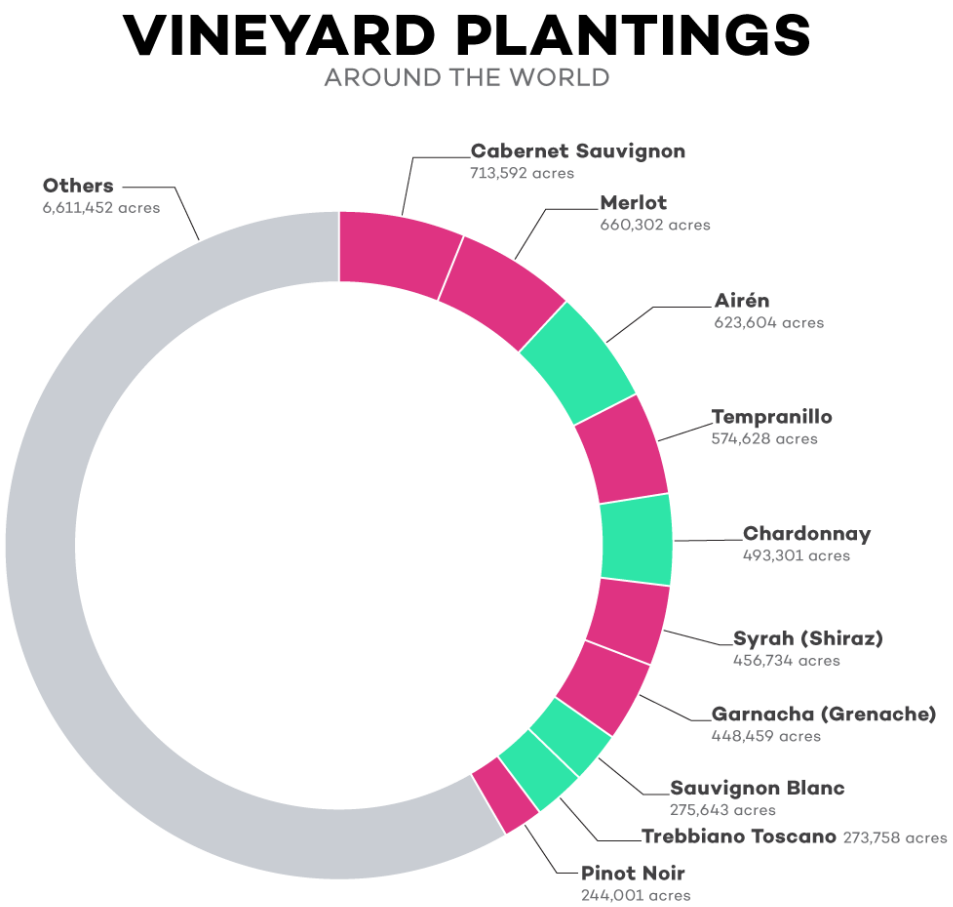
Vitis vinifera ssp. *vinifera*

Vid domesticada





Garnacha en la actualidad









162.000 hectáreas cultivadas

OIV 2017

Genoma “personal” de Garnacha

- **Reconstruir el genoma de Garnacha permite:**
  - Identificar **variación** específica **varietal**
  - Base para estudios de **mejora clonal e innovación intra-varietal**







Genoma “personal” de Garnacha



https://nanoporetech.com

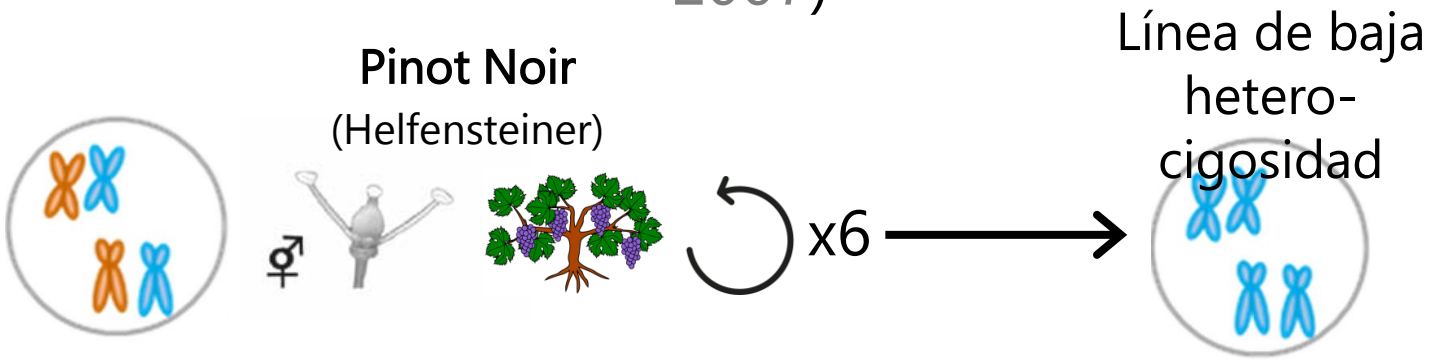






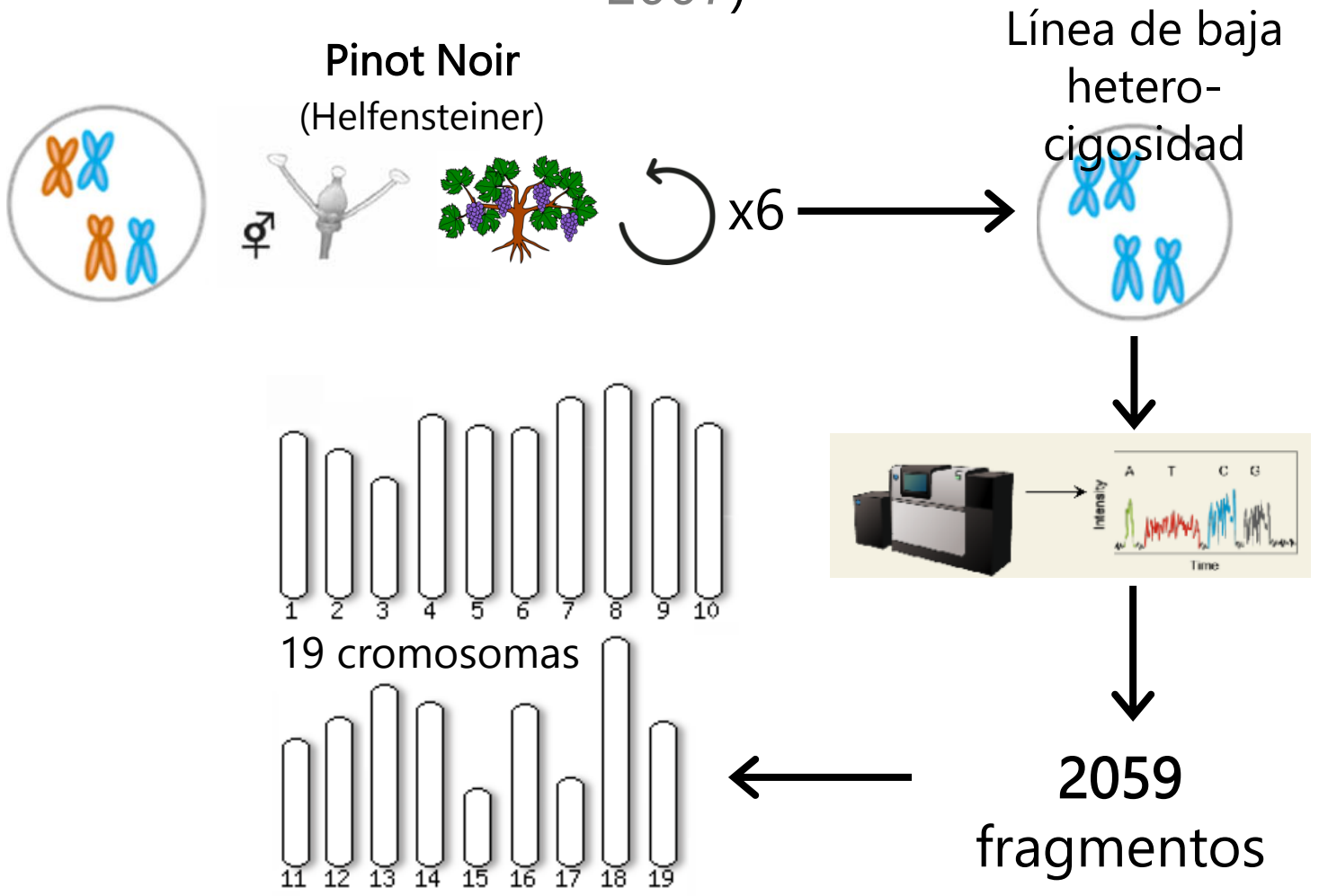
Genoma de referencia de la vid

Ensamblaje del genoma de la vid (Jaillon et al., *Nature* 2007)



Genoma de referencia de la vid

Ensamblaje del genoma de la vid (Jaillon et al., *Nature* 2007)



Ensamblaje del genoma de Garnacha





GT1608 (Bargota, Navarra)

Banco de clones del ICVV



Ensamblaje del genoma de Garnacha



GT1608 (Bargota, Navarra)



Banco de clones del ICVV

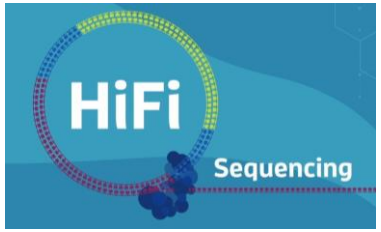


PACBIO

Secuenciación PacBio HiFi

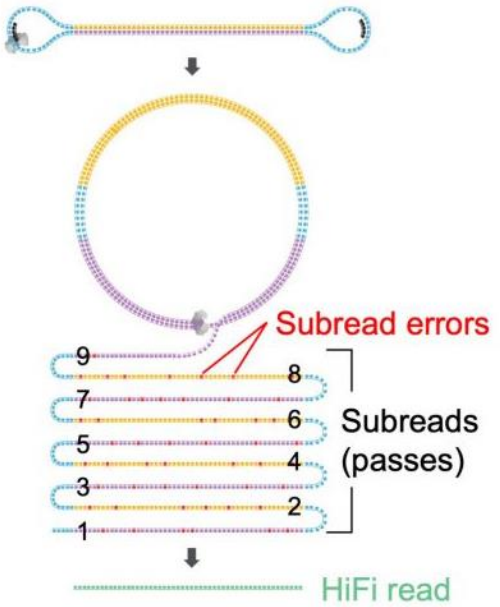
Lecturas de 20kb

Precisión 99.9%

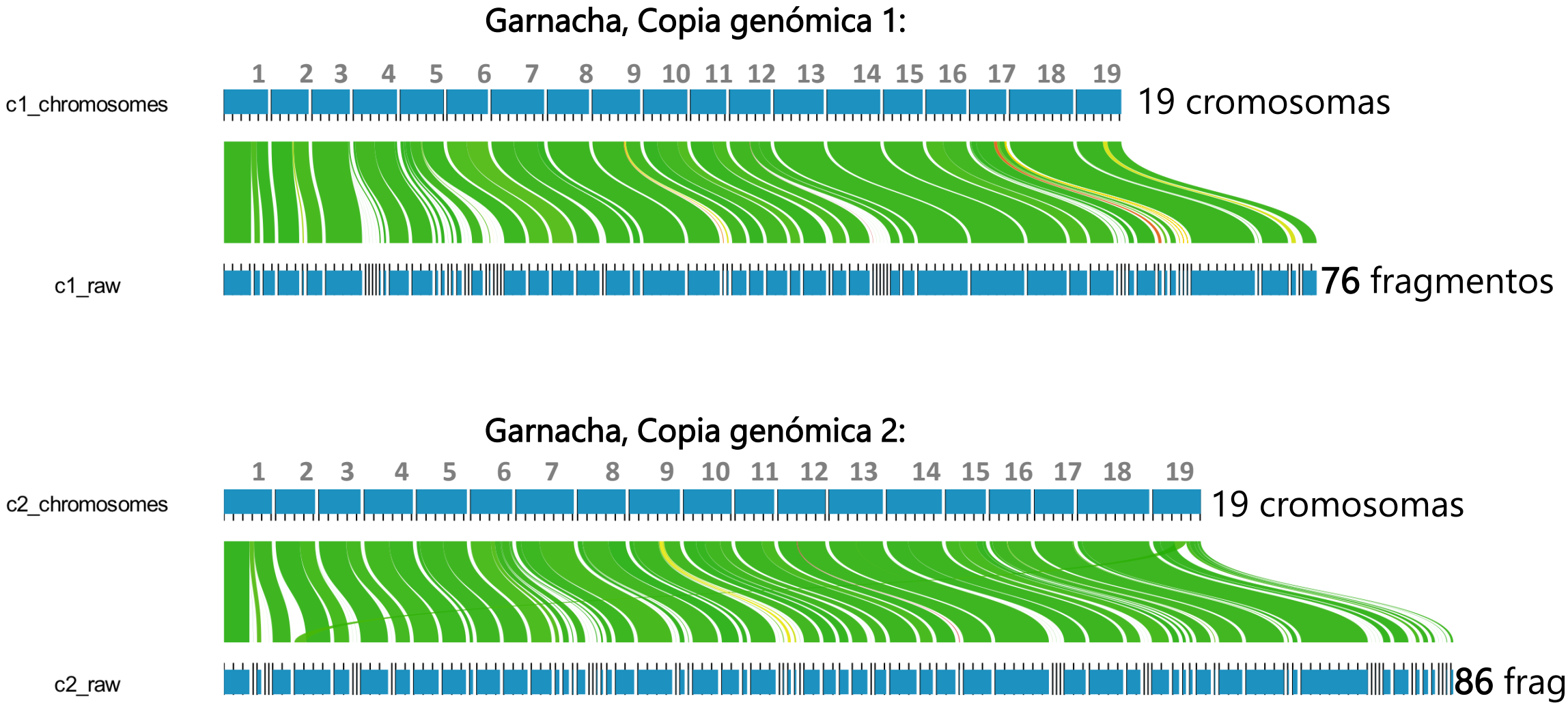




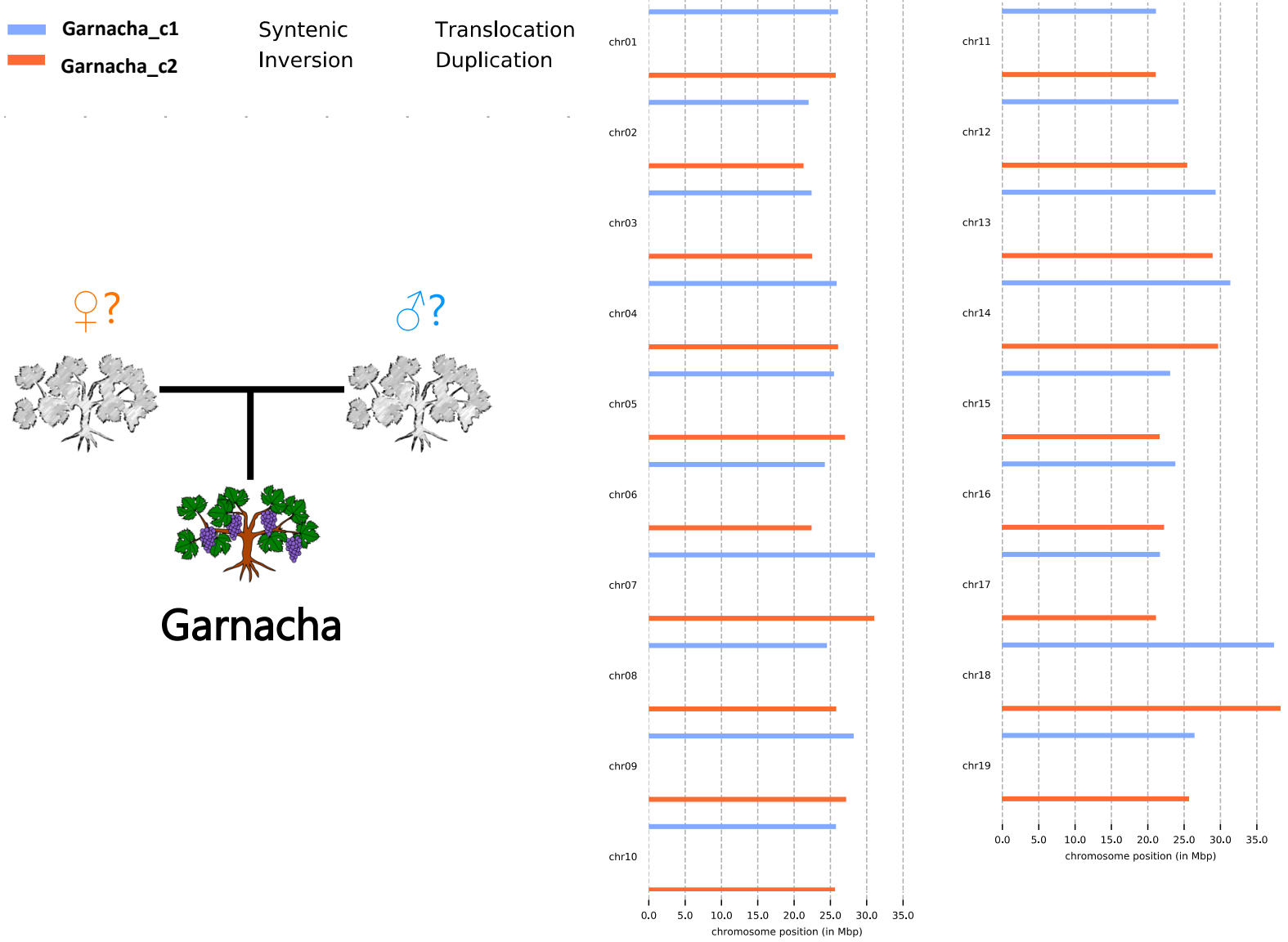
Max-Planck Institute



Ensamblaje del genoma de Garnacha



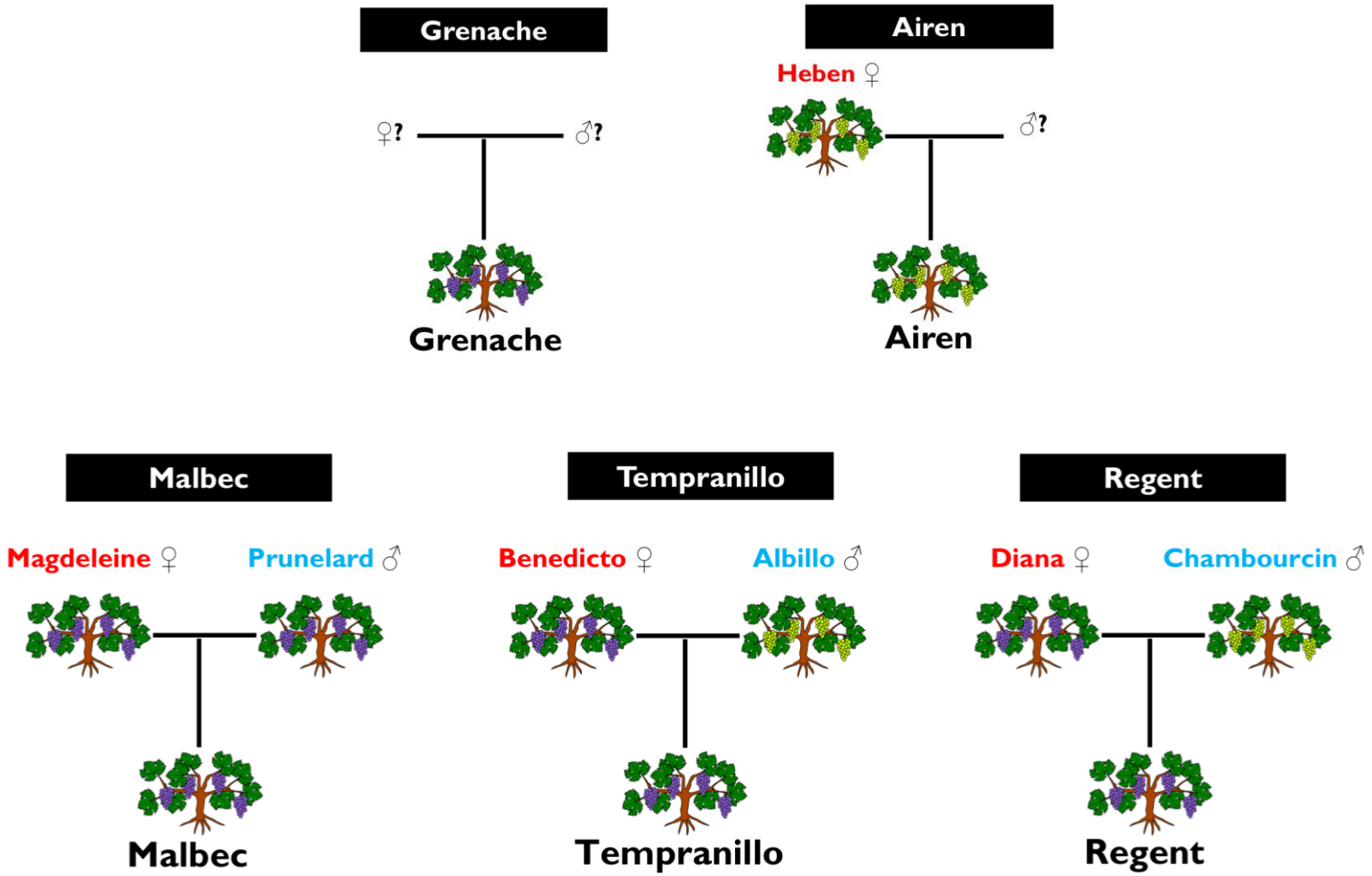
Variación entre las copias genómicas de Garnacha



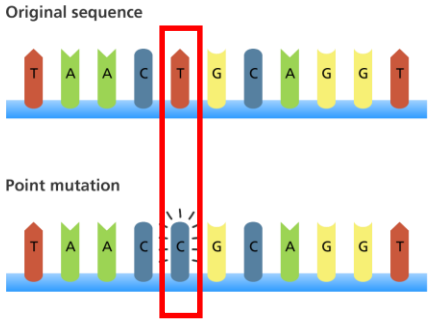
Variación:

- **Reorganizaciones:** 12.6% genoma
- **Cambio puntual:** 0.8% genoma
- **Inserción/Deleción:** 1.6% genoma

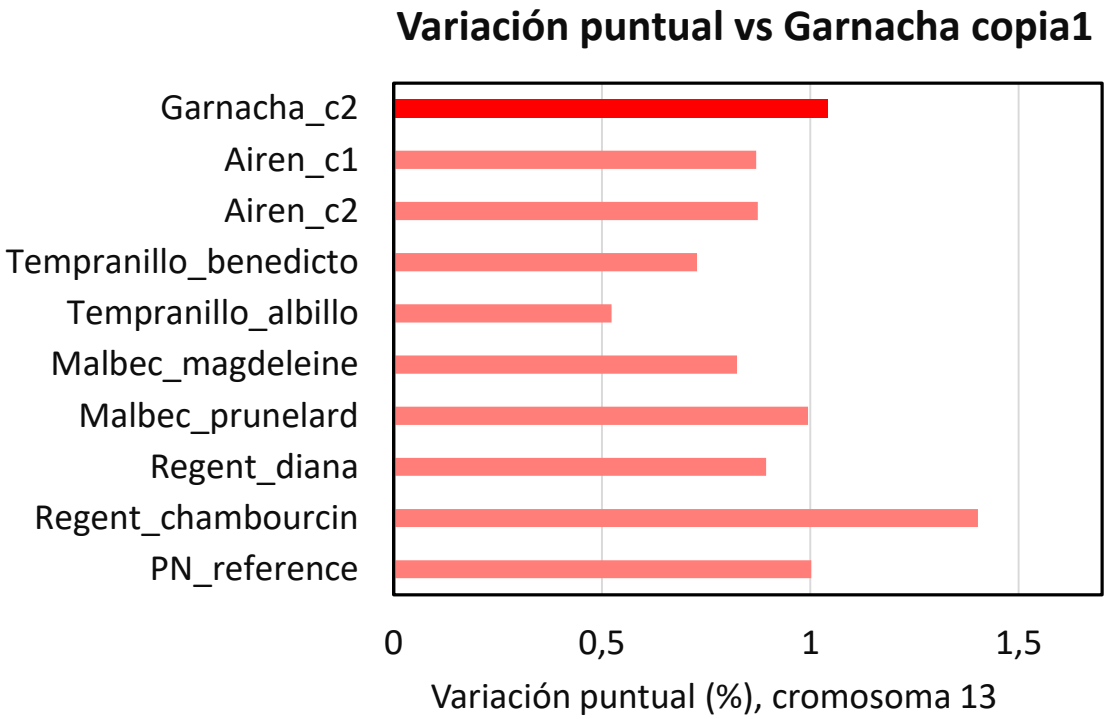
Genomas de Garnacha frente a otras variedades



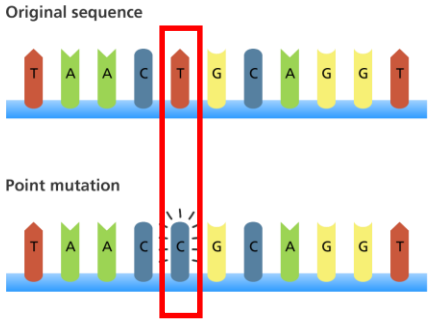
Genomas de Garnacha frente a otras variedades



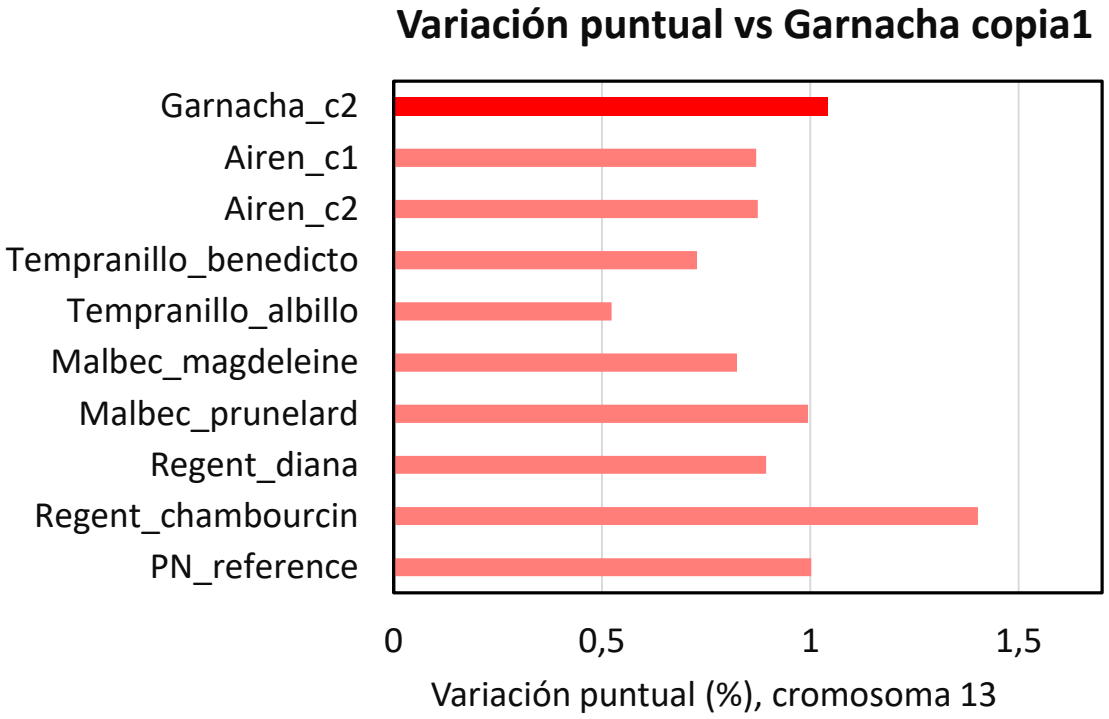
Variación puntual

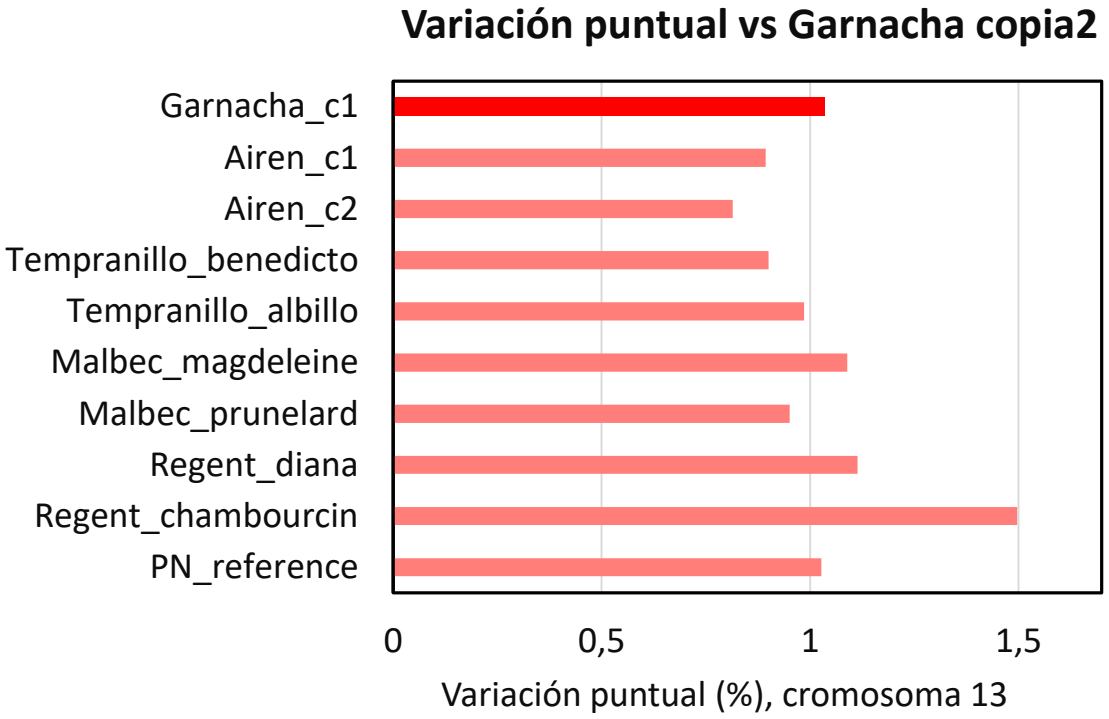


Genomas de Garnacha frente a otras variedades

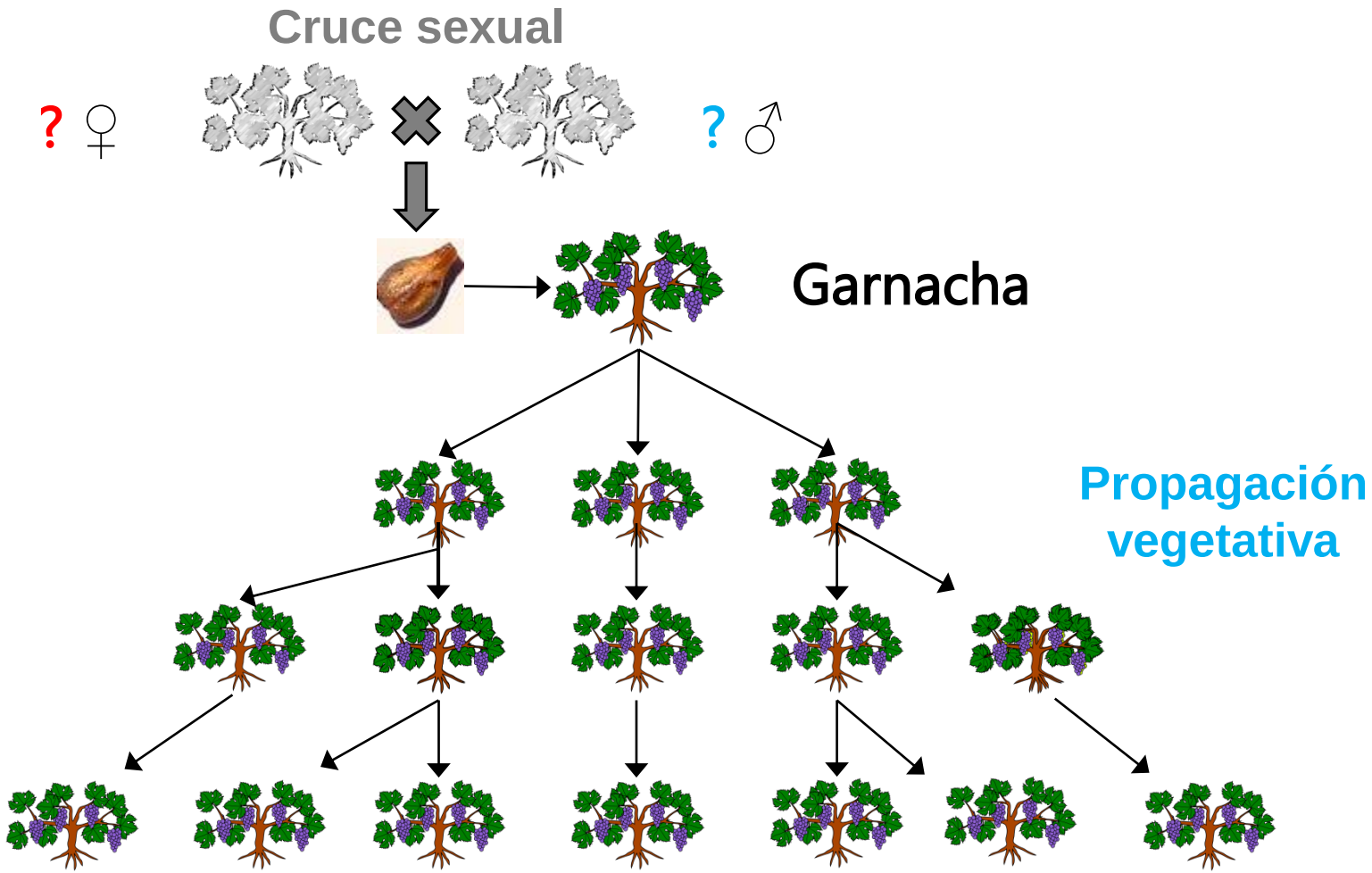


Variación puntual

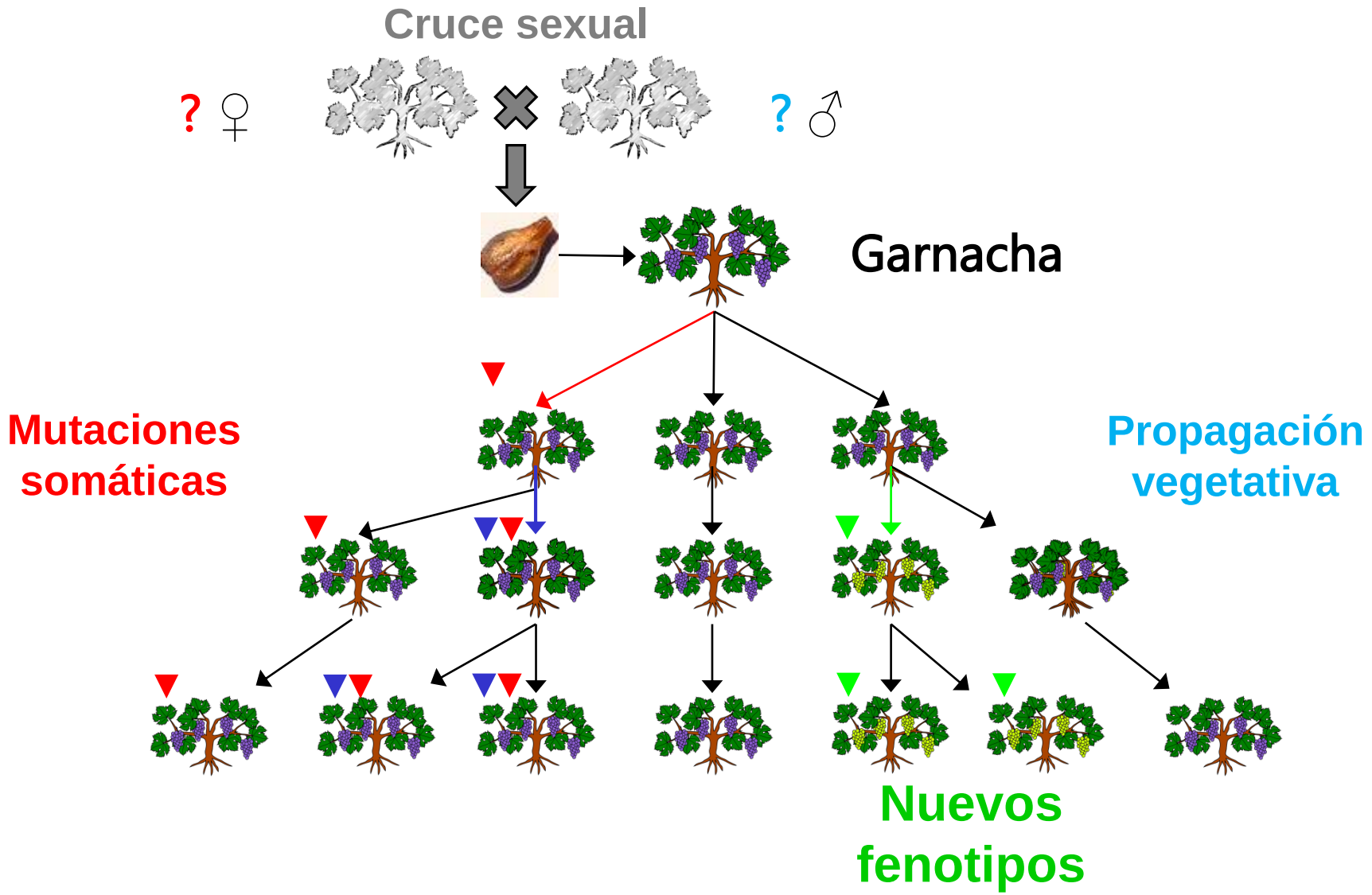




Variación intra-varietal



Variación intra-varietal



Origen de Garnacha Blanca

Garnacha Tinta



Garnacha Blanca



ENOLOGÍA ESPAÑOLA

o

TRATADO SOBRE LOS VINOS DE ESPAÑA

Y SU BONIFICACION

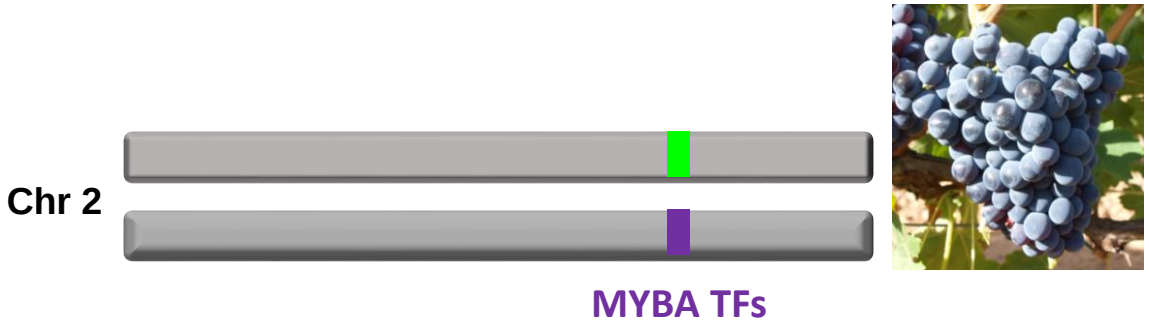
Castellet, **1865**

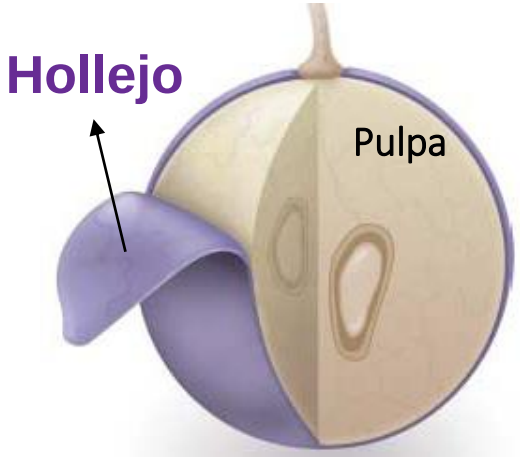


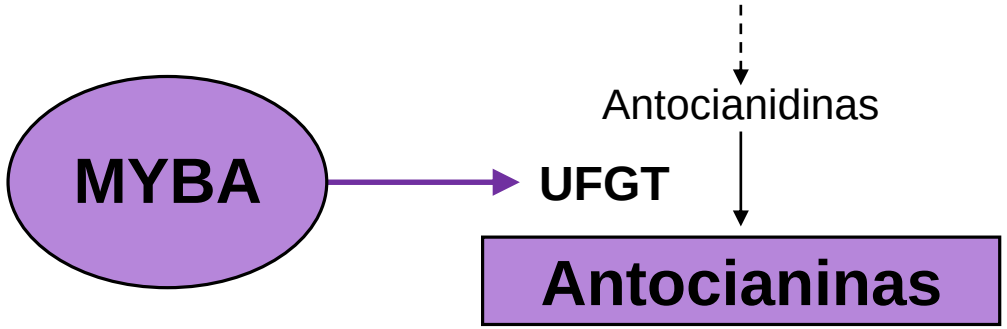
EVENA

- Cuántos orígenes independientes de Garnacha Blanca ha habido?
- Variación genómica que genera la pérdida de color en cada caso?

Orígenes de Garnacha Blanca







Orígenes de Garnacha Blanca

Chip de SNPs para estudiar pérdida de una copia en regiones del cromosoma 2

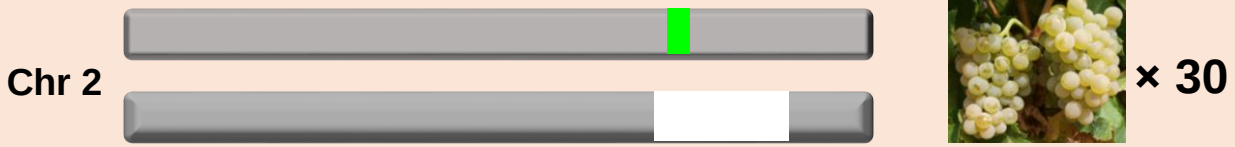




Maite Rodríguez

Estudio de 70 variantes de color de baya de Garnacha

Patrón1: pérdida **Continua**



× 30

Patrón2: pérdida **Discontinua**





× 36



× 1



× 2

Re-secuenciación de genoma de Garnacha Blanca









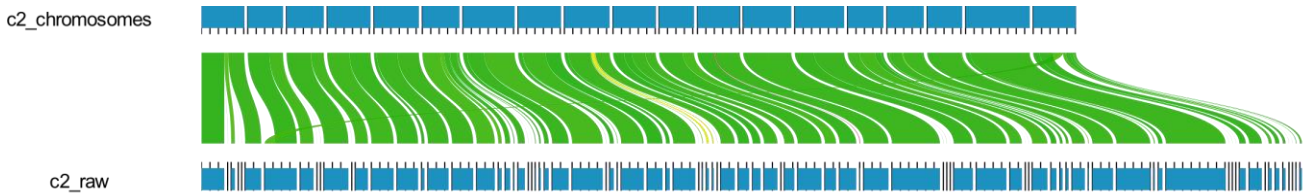
Continua

Discont 1

Discont 2

Ensamblaje de genoma de Garnacha Tinta





Orígenes de Garnacha Blanca





Continua



Discont 1



Discont 2

Ensamblaje de genoma de Garnacha Tinta





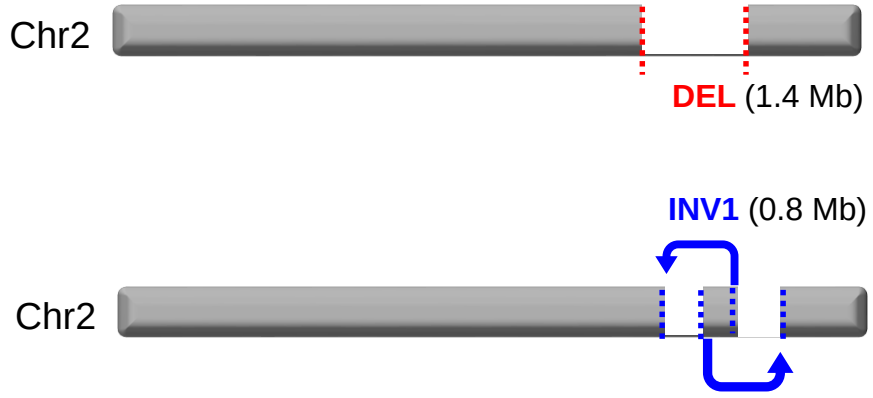
Continuous



Discont 1



Discont 2



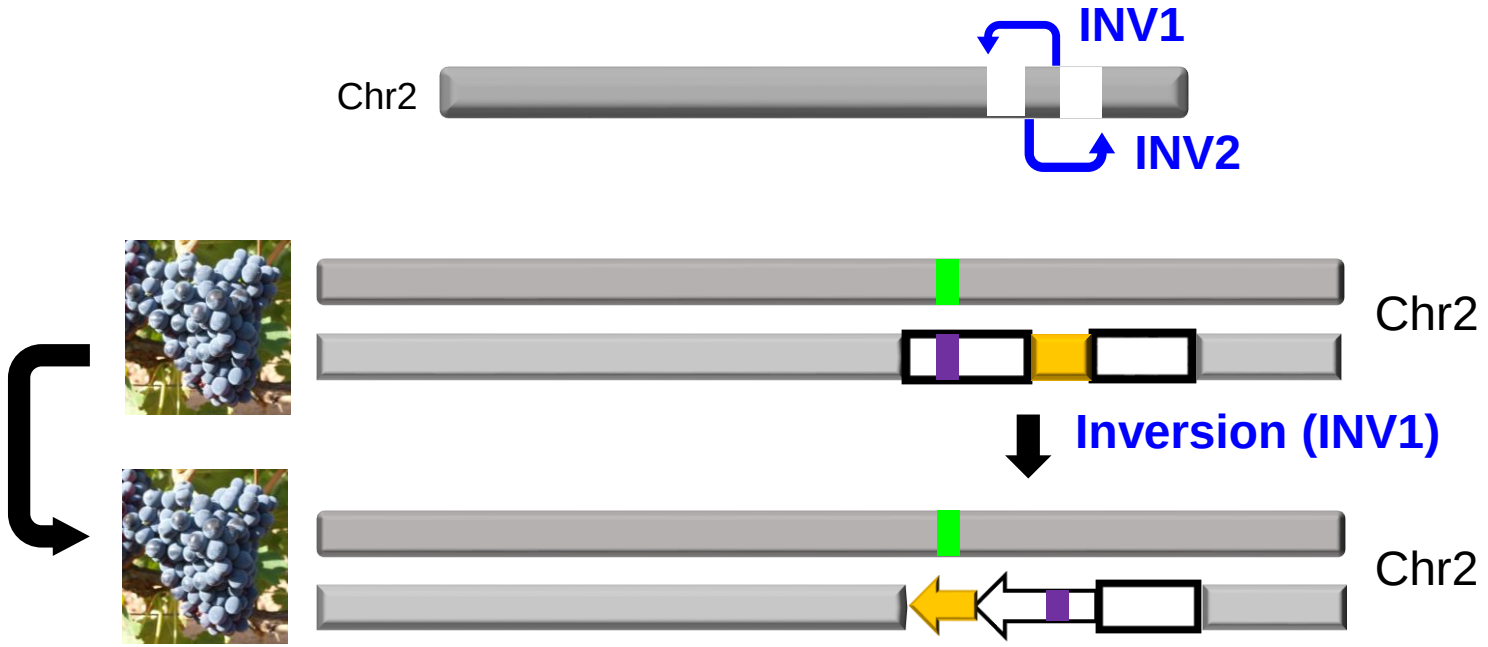
DEL= chr02:15.479.868-16.925.616

INV1=chr02:15.552.954-16.379.299

INV2=chr02:16.034.813-16.968.269

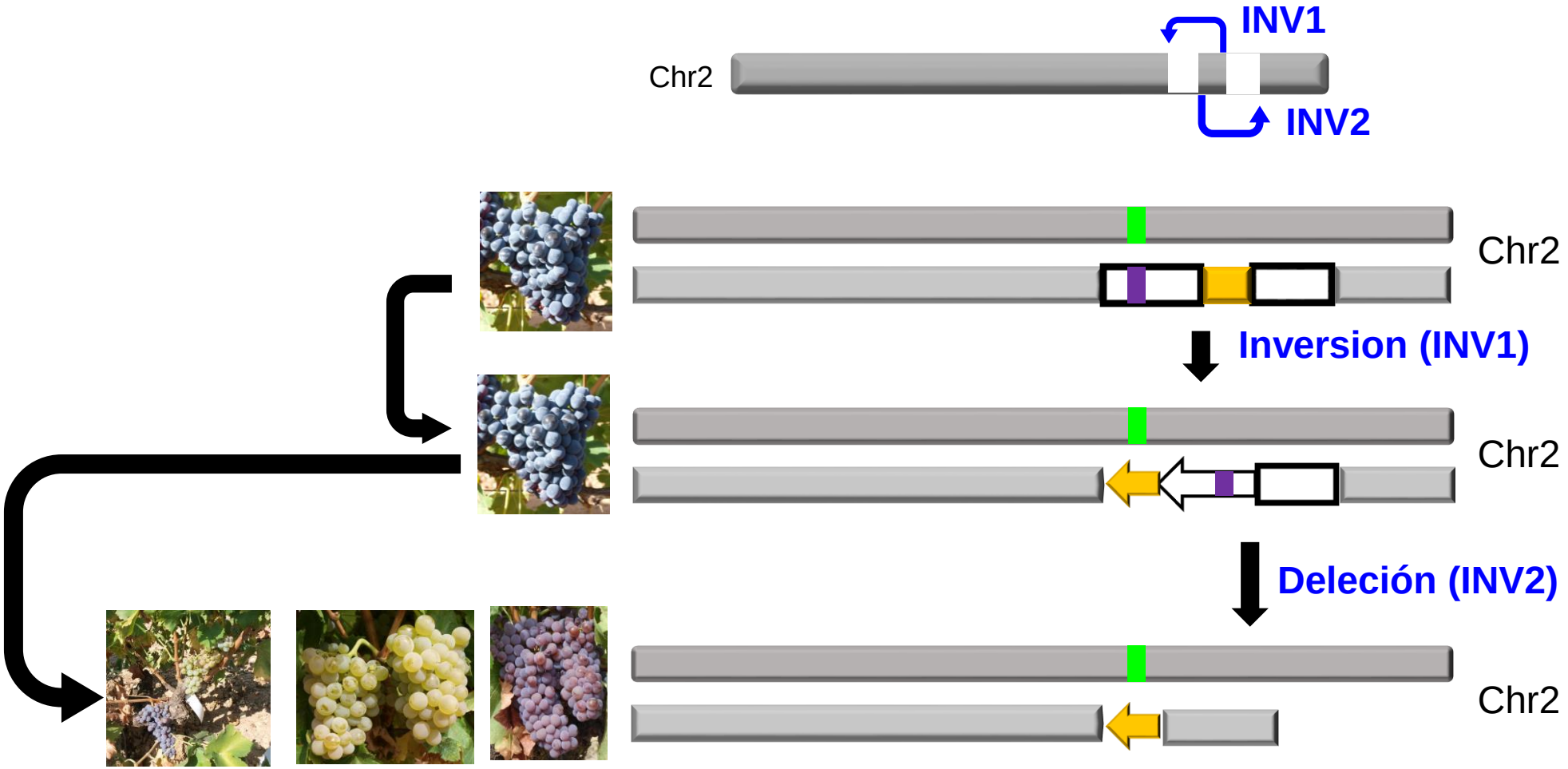
Origen recurrente de Garnacha Blanca

Patrón Discontinuo: Inversion + Deletion 1 Mb



Origen recurrente de Garnacha Blanca

Patrón Discontinuo: Inversion + Deletion 1 Mb



Origen recurrente de Garnacha Blanca

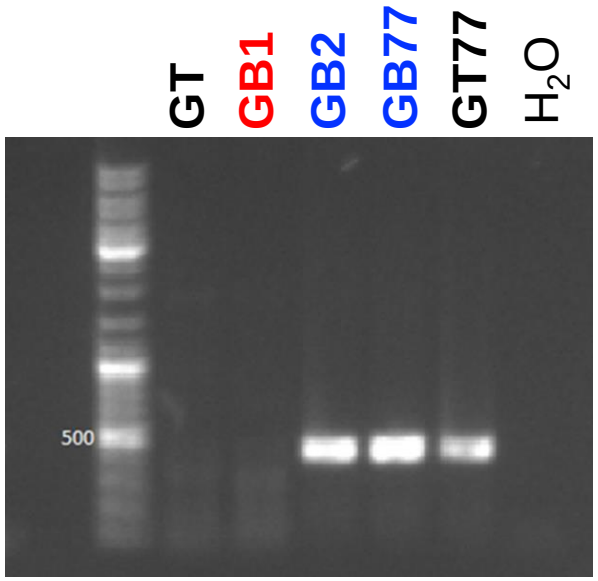
Patrón Discontinuo: Inversion + Deletion 1 Mb



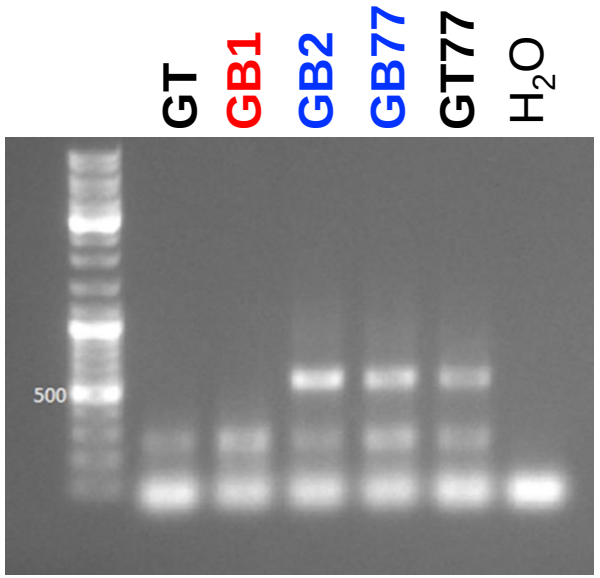
GT77



INV1 test PCR



INV2 test PCR



La planta de Garnacha Tinta (GT77) en la que apareció Garnacha Blanca GB77 es INV1+INV2 positiva

Origen recurrente de Garnacha Blanca

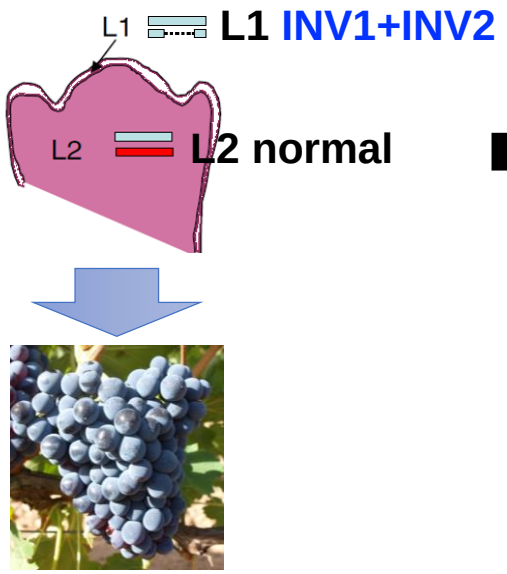
Patrón Discontinuo: Inversion + Deletion 1 Mb



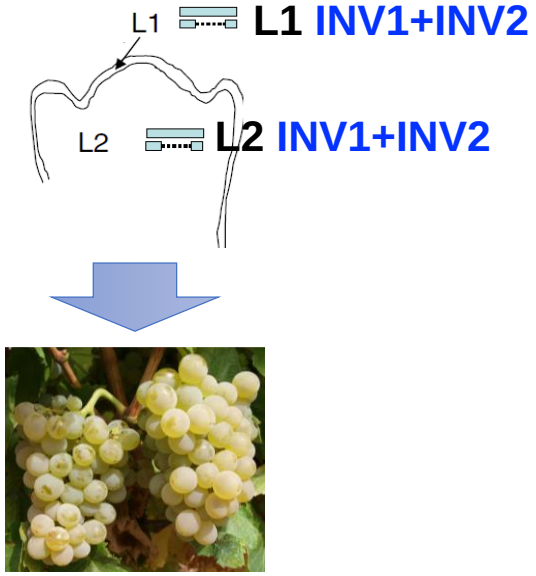
GT77



Quimera



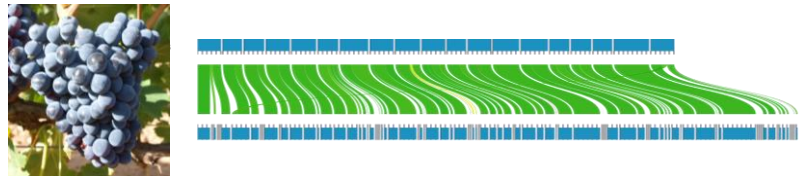
Colonización celular

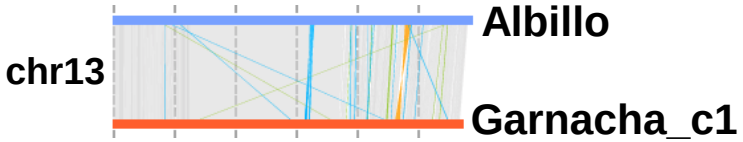


Procesos de migración celular a partir de Garnacha Tinta quiméricas dan lugar recurrentemente a variantes de pérdida de color

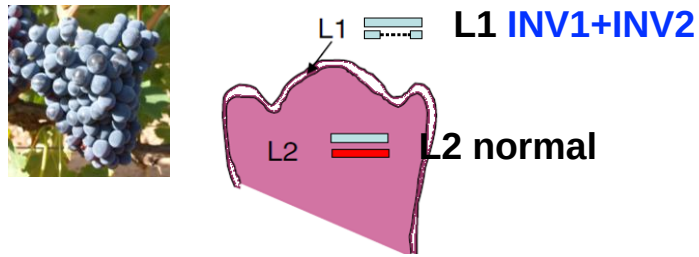
Conclusiones

- Disponemos de una **reconstrucción del genoma de Garnacha** útil para estudios inter- e intra-varietales.
- Los genomas de Garnacha muestran **similitud** con otras variedades **ibéricas.**
- Ha habido al menos **dos orígenes** genómicos independientes de **Garnacha Blanca.**
- Plantas de **Garnacha Tinta mutantes quiméricas** dan lugar recurrentemente a Garnachas Blancas.









Agradecimientos

MAX PLANCK CAMPUS TÜBINGEN

Detlef Weigel
Christa Lanz
Dominik Norsič
Ilja Bezrukov

Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino

Gobierno de La Rioja · CSIC · UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

José M. Martínez-Zapater
Maite Rodríguez-Lorenzo
Carolina Royo
Nuria Mauri
Javier Ibáñez
Yolanda Ferradás

MARIE CURIE ACTIONS

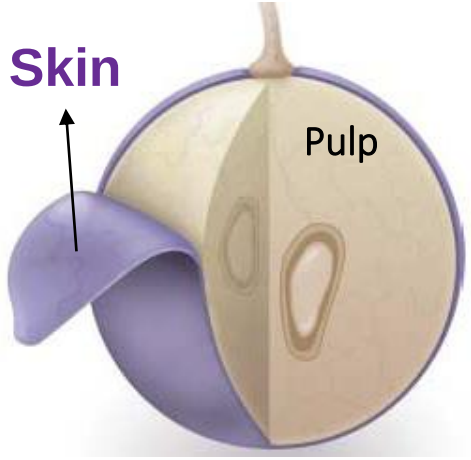
MSCA-IF
SomaGrapeGenome

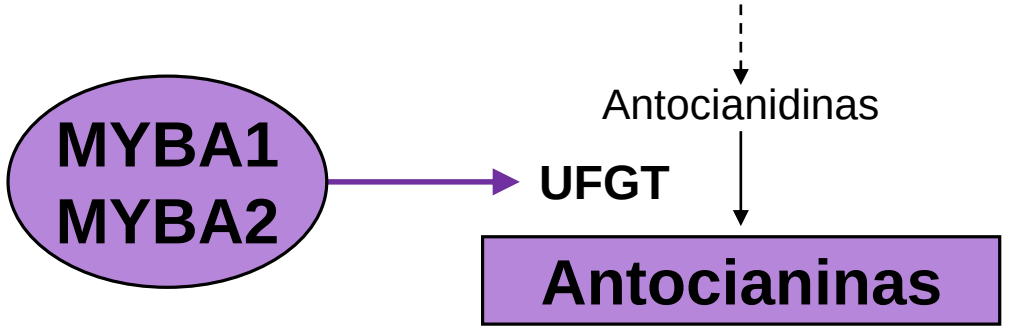
Colaboradores:

Felix Cibriaín	INTIA, Navarra
Enrique García-Escudero	ICVV (CAR, CSIC, UR), Logroño
Elisa Baroja	ICVV (CAR, CSIC, UR), Logroño

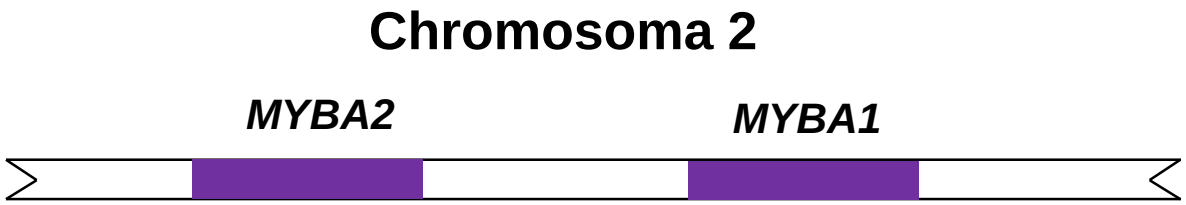
GRENACHES DU Monde

Control del color de la uva



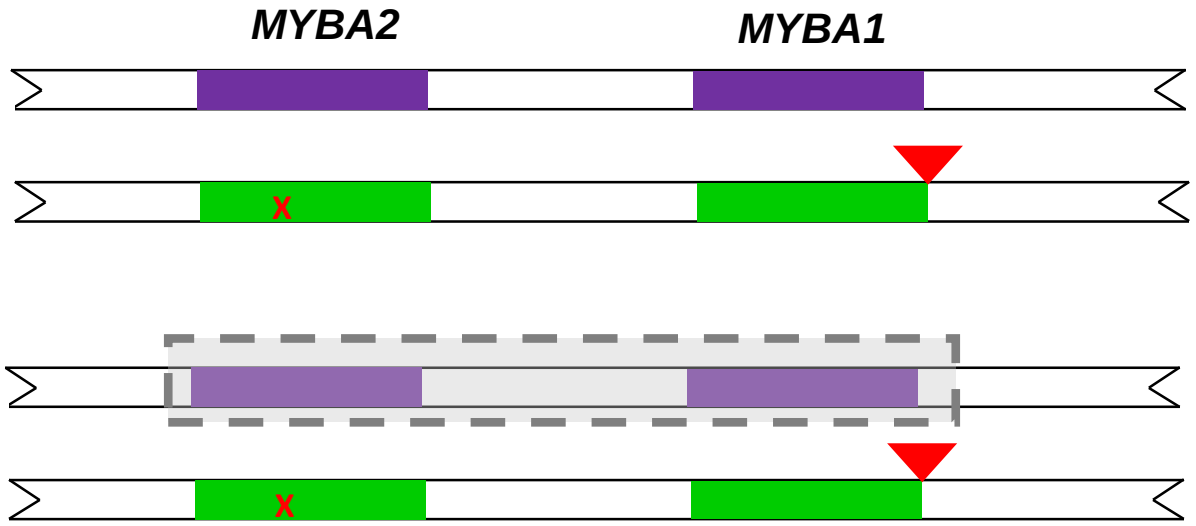


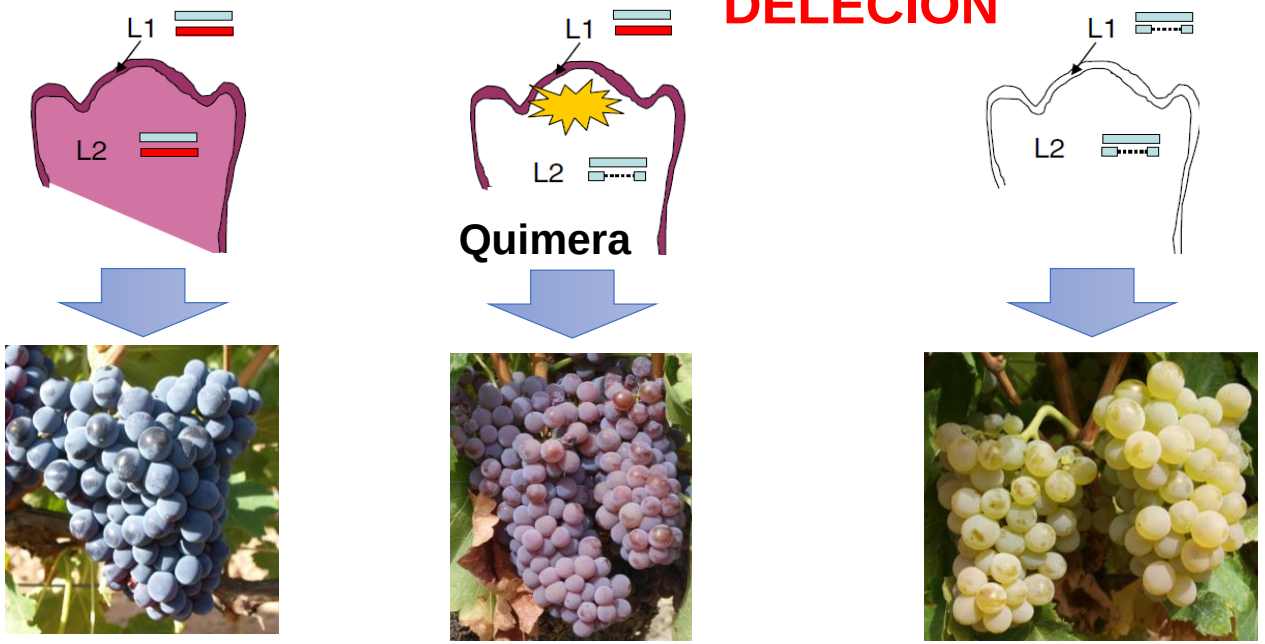




Variación somática para el color de la uva

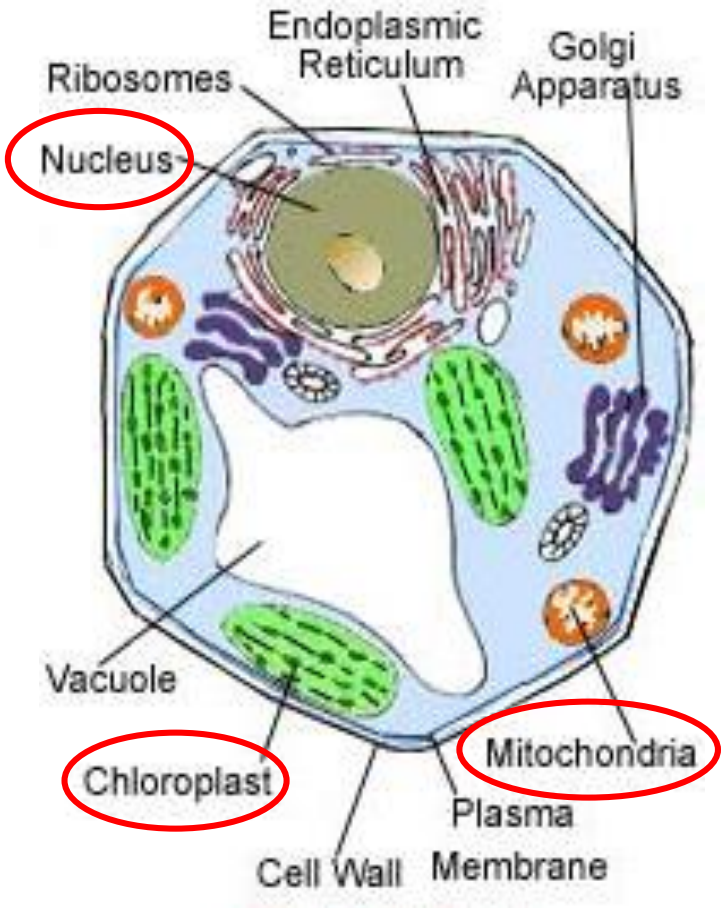






Walker et al.
Plant J 2006

Los genomas de la vid

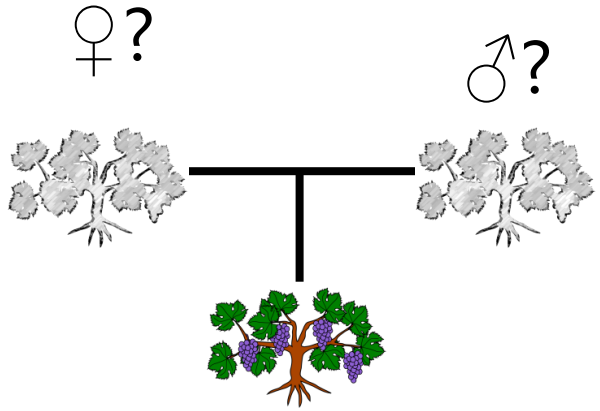


- Tres genomas en cada célula
  - Genoma **Nuclear**
    - Dos copias por núcleo/célula
      - 35000 genes por copia
  - Genoma **Cloroplástico**
    - Varias copias por célula
      - 130 genes por copia
  - Genoma **Mitocondrial**
    - Varias copias por célula
      - 170 genes por copia

Jansen et al., 2006; Jaillón et al., 2007; Velasco et al., 2007; Goremykin et al. 2009; Frommer et al., 2020

Origen de Garnacha

Pedigrí Desconocido



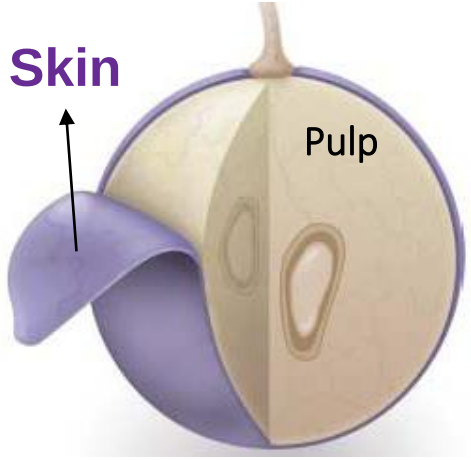
Garnacha

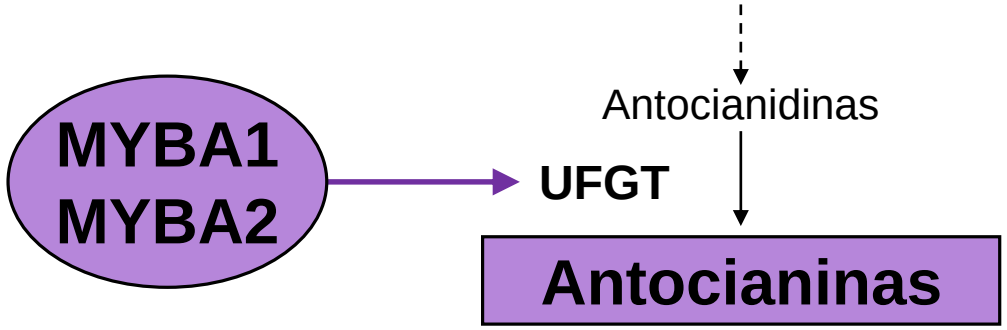
Garnacha: sin parentesco con variedades tradicionales

- Primeras descripciones en el siglo XVIII (Valcárcel 1791)

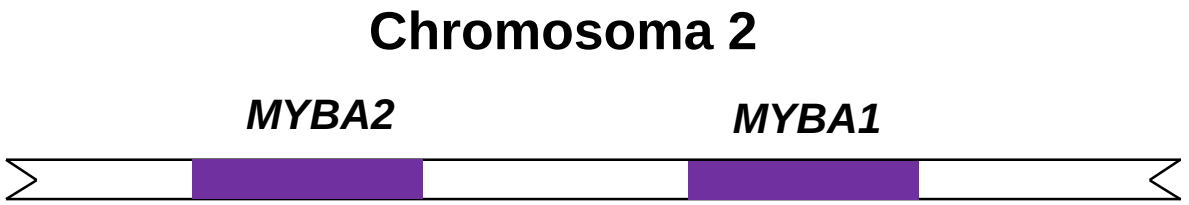
La *Garnacha* es una uva algo bermeja y tirante á moſcatel: tiene el racimo pequeño con el grano no gordo, de hollejo duro, pulpa firme y jugo dulce, ſu cepa es de un verde claro con el corte de la madera robiſco, de ſarmiento mas corto que el de las dos antecedentes, pero mas grueſo con los cañutos mas cortos, y la hoja baſtante redonda y colorada con el reverſo blanquizco: quiere tierra caſcajoſa, y ſe deja baja ſu cepa con ſuficientes pulgares. Eſta uva es buena para comer y colgar: ſu vino no es de la fortaleza de los antecedentes, aunque sí mediano y de buen guſto; no obſtante en algunas partes eſtá bien apreciado, como el de Cariñena.

Control del color de la uva

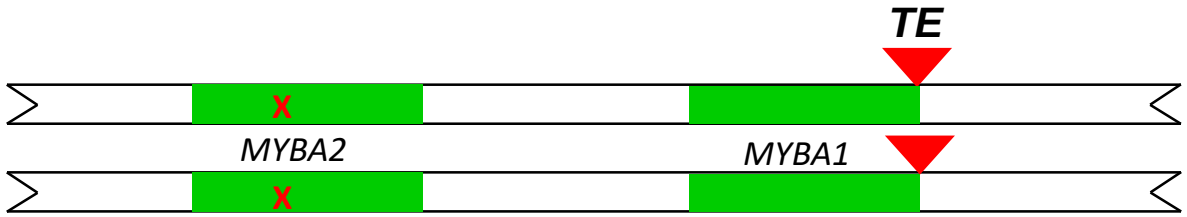












Kobayashi et al. *Science* 2004; Walker et al., *Plant J* 2007

Variación somática para el color de la uva

