

# Mejoramiento genético de precisión en plantas

Desafíos y posibilidades

Ana Arruabarrena  
Laboratorio de Biotecnología  
INIA Salto Grande

¿Que es el mejoramiento genético de plantas?

**Mejorar:**

- productividad (mayor rendimiento)
- resistencia a enfermedades
- tolerancia a factores abióticos
- calidad de los productos

utilizando cruzamientos dirigidos y selección



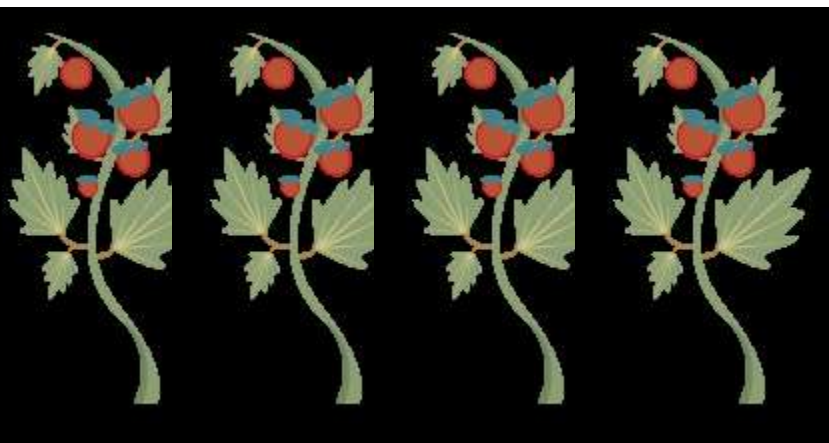
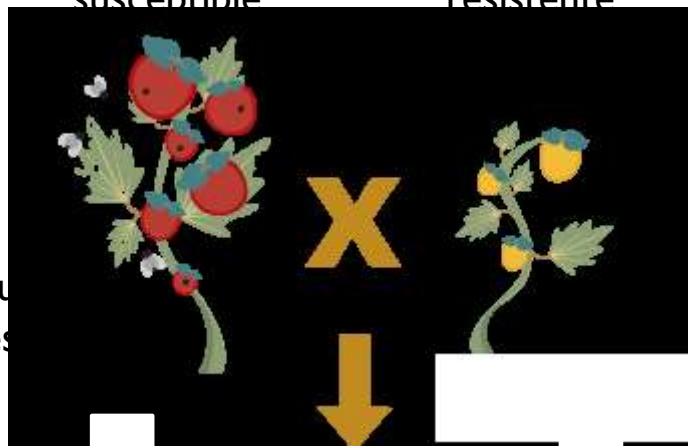
**Como se hace**



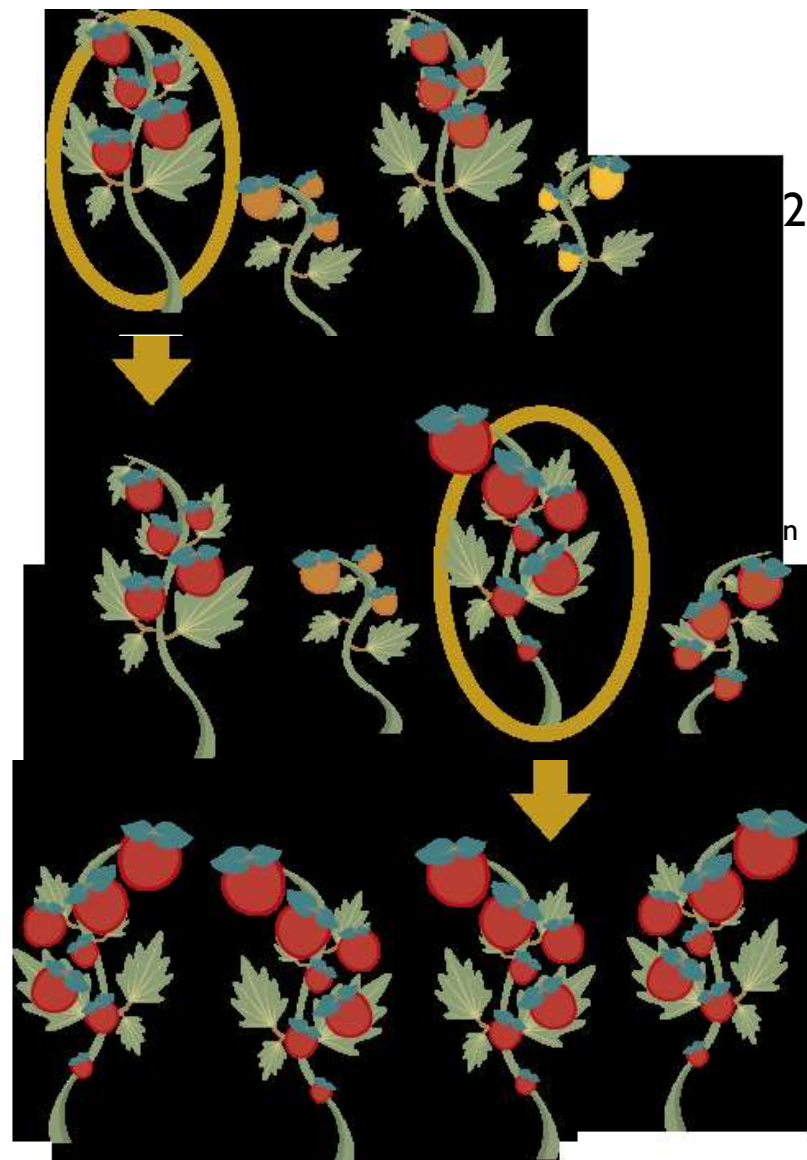
Padre susceptible

Padre resistente

Fru  
des



F1: hijos del cruzamiento



Frutos atractivos  
Resistente a insecto

Cultivar comercial homogéneo



¿Cuándo comenzamos a modificar  
los genomas de las plantas?

Un poco de historia

# Domesticación de plantas: comienzos de la agricultura

---

▶ hace aproximadamente 10.000 años

Más cantidad de granos

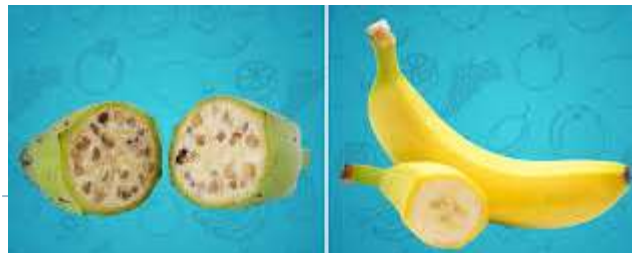


Selección de mutantes naturales

Frutos más grandes



Frutos con menos semillas y más pulpa



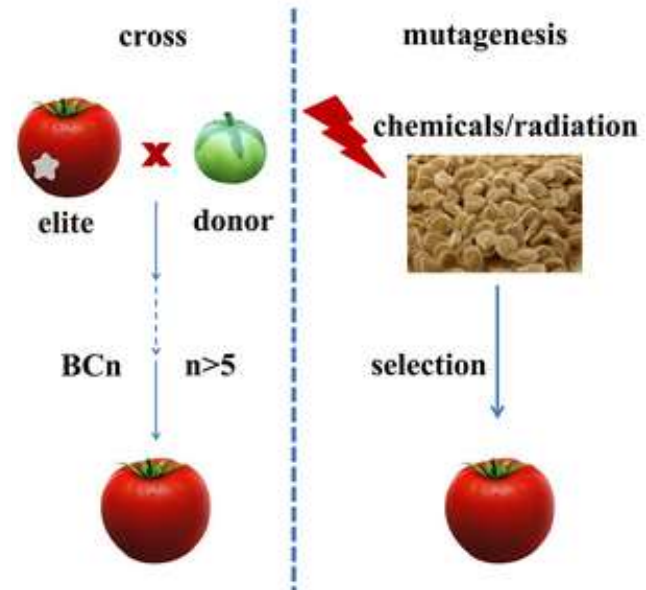
# Mejoramiento genético convencional

---

- ▶ necesita variantes genéticas para cruzamientos
  - ▶ mutaciones naturales
  - ▶ mutaciones por agentes físicos
  - ▶ mutaciones por agentes químicos

Se dan al azar en el genoma:

de 2000 individuos mutagenizados:  
1 tiene la mutación en característica deseada



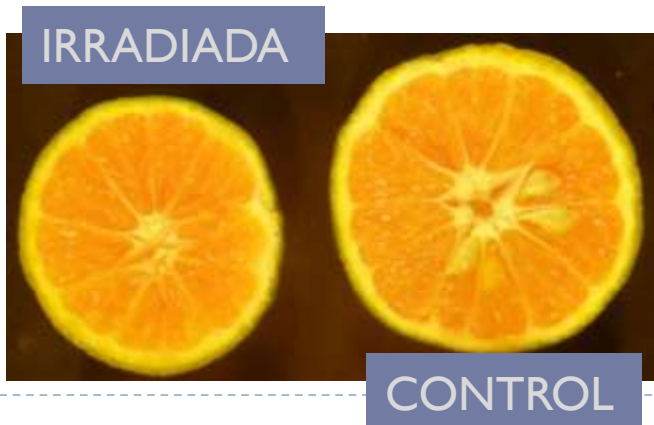
# Mejoramiento genético utilizando radiación

- ▶ Muy popular luego de la II Guerra Mundial



- ▶ Actualmente:

- Mandarinas irradiadas MMGG INIA

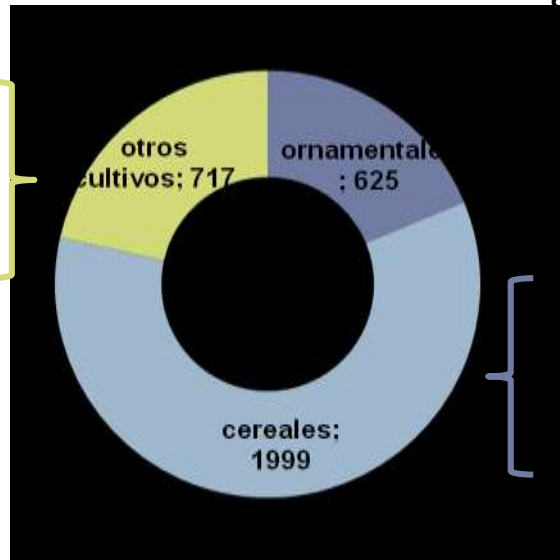


- Instituto de Mejoramiento por Radiación en Hitachiohmiya, Japón.

# Ejemplos de variedades producto de radiación

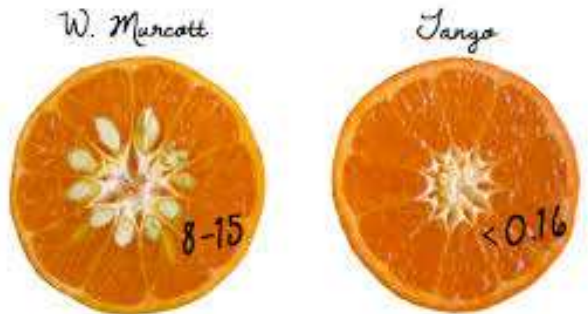
▶ al 2007 había más de 2500 variedades registradas

Leguminosas  
Hortalizas  
Oleaginosas  
Industriales



Arroz  
Cebada  
Trigo  
Maíz

Pomelo Star Ruby



MANDARIN TEST RESULTS: SEEDS PER FRUIT





# Diferentes formas de modificar el genoma de plantas

# Podemos modificar el genoma de una planta de diferentes formas:

---

## ¿Cómo?

- ▶ Cruzamientos
- ▶ Mutagénesis
- ▶ Trans/Cis genesis
- ▶ Mutagénesis dirigida  
(edición genómica)

## ¿Cuántos genes afecto?

- ▶ 10.000 a 300.000
- ▶ No se puede determinar
- ▶ la pocos
- ▶ 1



# Podemos modificar el genoma de una planta de diferentes formas:

---

## ¿Cómo?

## ¿Qué viene con el gen deseado?

- ▶ **Cruzamientos** .....▶ El gen deseado se inserta con genes adyacentes
- ▶ **Mutagénesis** .....▶ Cambios al azar en el genoma, impredecibles
- ▶ **Trans/Cis genesis** .....▶ Solo se inserta el ADN deseado, se puede mapear
- ▶ **Mutagénesis dirigida (edición genómica)** .....▶ No se introduce ADN foráneo, se modifica el gen de interés

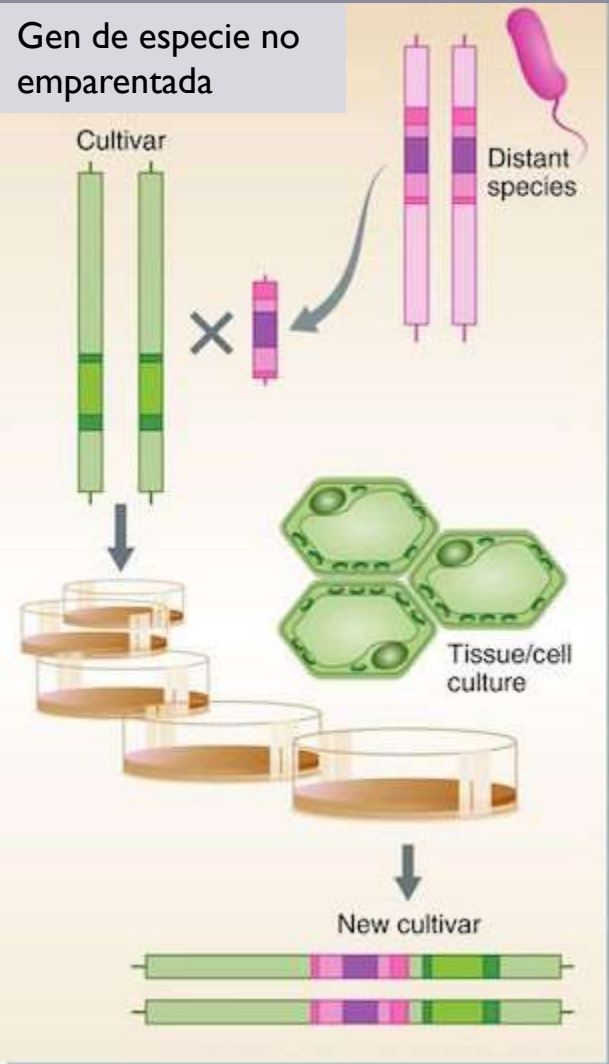
---

▶ Herramientas *precisas*, afectan el menor número de genes

# Herramientas de mejoramiento de precisión

## TRANSGENIA

Gen de especie no emparentada

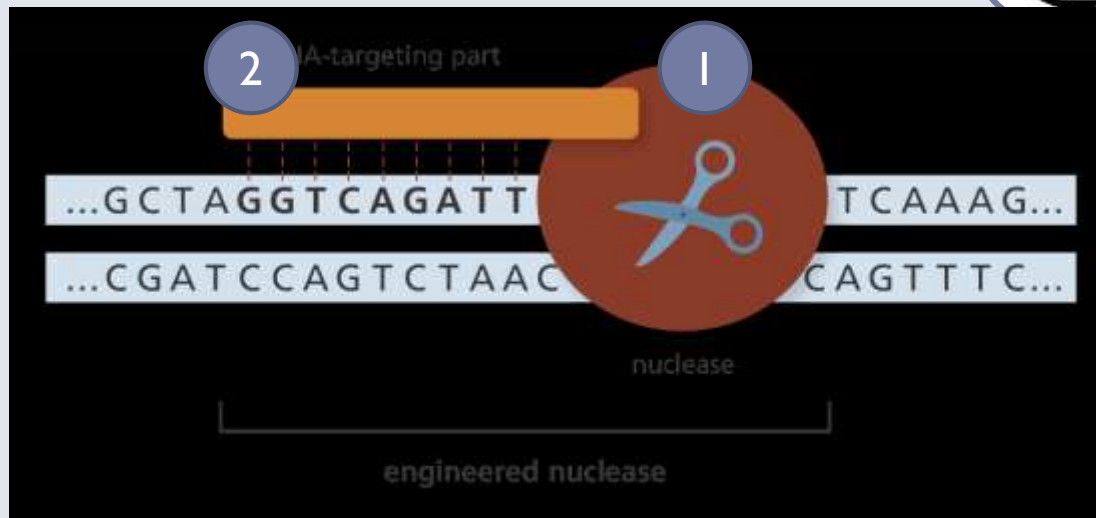
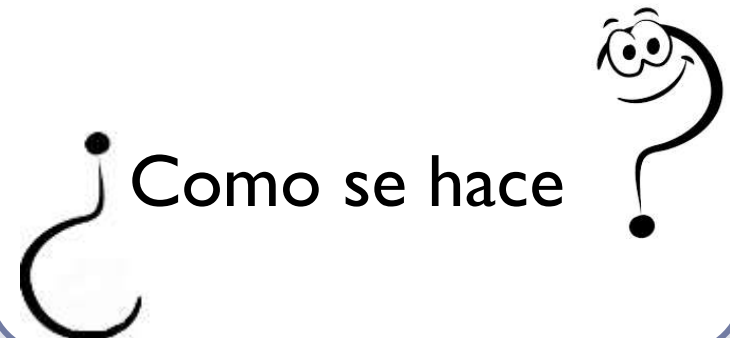


# Edición genómica

Desafíos y posibilidades

# ¿Qué es edición genómica?

realizar modificaciones específicas al ADN de una célula o un organismo



Nucleasas con dos partes:

1. corta el ADN
2. guía la enzima a la secuencia de ADN blanco

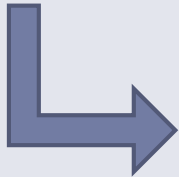
Mecanismo de reparación del ADN de la célula deja cambios o “ediciones”

# ¿Por qué puede ser mejor que mutantes inducidos o que los transgénicos?

El cultivar resultante:

no es un transgénico: no tiene ADN extraño en su genoma

solo se modifica el gen de interés



menor posibilidad de efectos no deseados



Sin proceso de regulación OGM:

- proceso más barato para liberar cultivar
- permite usar la tecnología a organismos públicos (universidades, institutos)
- cultivos económicamente no tan importantes



# Ejemplos de edición genómica: plantas cultivadas

o | <https://www.cibus.com/products.php>

**Cibus™**

search

HOME ABOUT IN THE NEWS TECHNOLOGY MISSION PRODUCTS CAREERS CONTACT INVESTORS



Visit [CibusCanola.com](http://CibusCanola.com)

## CANOLA

Cibus' new *SU Canola™* is a non-transgenic (non-GMO) sulfonylurea (SU) herbicide tolerant canola that is

- 1) now available in the United States;
- 2) on track to be available in Canada in 2017; and,
- 3) expected to be launched in other major global markets after 2018.

mercial EEUU:



SELECT A HYBRID BELOW:

**C1511**

- Solid hybrid with broad adaptability
- Solid Well suited for straight cutting
- Solid First SU Canola hybrid to bring high yields and grain premiums to growers in the US

**C5507**

**C5522**



- Half of the global population subsists wholly or partially on rice. Improving production in rice is essential for global food security.
- Rice is one of the world's most important crops with a multi-billion dollar market.



## POTATO

Cibus' new *Potato* crop is expected to offer a potato resistant to Phytophthora (late blight - the disease responsible for the Great Famine in Ireland). It will be launched first in the United States toward the end of this decade, and follow thereafter in the major global potato markets. Cibus has a revolutionary approach to help combat crop disease. This novel and proprietary approach has the potential to reduce fungicide use and help protect against a variety of plant diseases in most major crops.

**Need:** Over \$15 billion is spent each year by farmers seeking to protect crops from the damage caused by fungal diseases.

Important Features:

- Cibus has developed a non-transgenic *RTDS* platform for potato for future high value non-transgenic traits in a number of areas. Its first trait development will be in disease tolerance. They are expected to come to market in the United States towards the end of the decade and follow thereafter in major potato markets worldwide.
- Since market rejection of GMO potatoes, the potato industry has been deprived of new traits that have been developed in other crops using transgenic methods. Cibus' *RTDS* technology offers a non-transgenic option to develop traits in potatoes.
- Potatoes are one of the most widely grown specialty crops in the United States, with 1.1 million acres grown annually, produced on farms stretching across all 50 states.



# Ejemplos de edición genómica: hongos

Champiñón común (*Agaricus bisporus*) editado: no queda marrón. Penn State (USA)



► Habilitado para consumo humano en USA

# Ejemplos de edición genómica: animales



Microcerdos creados por BGI en Shenzhen, China.



Cerdos con más músculo, podrían ser aprobados para consumo humano



Primates con tres genes editados



Peces que crecen más rápido



Bovinos sin cuernos

Insectos  
Nematodos  
Ratones  
Ratas  
Ovinos



# Ejemplos de edición genómica: humanos

## Células somáticas

- ▶ Líneas celulares
- ▶ Células madre
- ▶ Terapia génica: cáncer, hepatitis B, otras enfermedades

## Gametos o embriones

- ▶ Importantes debates éticos
- ▶ Las mutaciones son heredadas
- ▶ Es ilegal en Reino Unido y otros países

Protein Cell 2015, 6(5):363–372  
DOI 10.1007/s13238-015-0153-6



### RESEARCH ARTICLE

## CRISPR/Cas9-mediated gene editing in human tripronuclear zygotes

Puping Liang, Yanwen Xu, Xiya Zhang, Chenhui Ding, Rui Huang, Zhen Zhang, Jie Lv, Xiaowei Xie, Yuxi Chen, Yujing Li, Ying Sun, Yaofu Bai, Zhou Songyang, Wenbin Ma, Canquan Zhou<sup>1,2</sup>, Junju Huang<sup>2\*</sup>

Guangdong Province Key Laboratory of Reproductive Medicine, the First Affiliated Hospital, and Key Laboratory of Gene Engineering of the Ministry of Education, School of Life Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China  
\* Correspondence: fjunju@mail.sysu.edu.cn (J. Huang), zhoucangquan@hotmail.com (C. Zhou)

Received March 30, 2015 | Accepted April 1, 2015

# ¿Es posible realizar edición genómica en Uruguay?

---



Plataforma de edición genómica en soja:

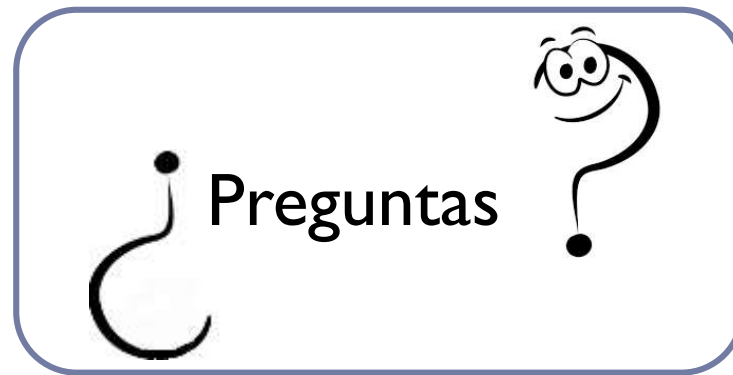
F. de Ciencias-UdelaR e INIA

INIA Salto Grande: tesis de doctorado

- edición para tomates con mayor contenido de licopeno
- edición para mandarinas con licopeno en pulpa (pulpa coloreada)



Gracias por la atención



Emmanuelle Charpentier y Jennifer Doudna.