

# **Las Biotecnologías Actuales, las Plantas que Comemos y la Unión Europea**

**Mertxe de Renobales Scheifler**

**Catedrática Jubilada de Bioquímica  
Farmacia – UPV/EHU**

**Foro Diletantes – La Bilbaina**

**24 de octubre de 2024**

**Bilbao**

# Las Biotecnologías Actuales, las Plantas que Comemos y la Unión Europea

- ¿ qué hemos hecho hasta ahora con las plantas que comemos?
  - mejora por tecnologías tradicionales
- biotecnologías
  - transgénesis
  - edición de genomas
- ejemplos de modificaciones biotecnológicas
  - resistencia a insectos
  - mejoras nutricionales
  - tolerancia a herbicidas
- las biotecnologías y la Unión Europea
  - actitud hacia los países en desarrollo

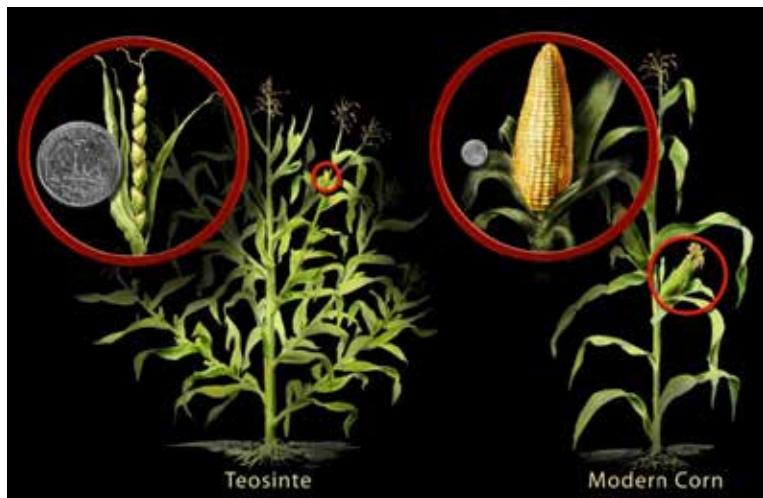
# Domesticación de Plantas

## ¿ adaptación del cultivo de una planta a condiciones concretas de crecimiento

– control del ciclo reproductivo con fines económicos o nutricionales

maíz { § cambios en la arquitectura de la planta: maíz y teosinte  
§ semillas que no se dispersan

– desde 8000 AC



<https://culturacientifica.com/2017/07/24/ingredientes-la-receta-maiz/>

# Domesticación de Plantas

## ¿ algunas modificaciones introducidas en la domesticación

- adaptación al clima, al fotoperiodo, al tipo de terreno, etc
- control de la época del año para la siembra y crecimiento
- semillas que germinan de manera uniforme
- frutos y semillas de mayor tamaño (pago por kg producido)
- frutos y semillas maduración uniforme
  - § recolección fácil en el mismo periodo de tiempo
- eliminación o reducción drástica de compuestos de defensa contra herbívoros (la mayoría son tóxicos para nosotros)
  - § necesidad de control de plagas



# La Agricultura

## 🌱 agricultura: factores que influyen en el rendimiento

- calidad de las semillas
  - fertilidad del suelo: fertilizantes
  - presencia de malas hierbas
  - presencia de herbívoros, bacterias, virus
  - agua, temperatura,...
- } plagas

## 🌱 lucha contra las plagas

- las malas hierbas son el enemigo nº 1 de los agricultores

§ pequeños, medianos e industriales

FAO: malas hierbas, mayor enemigo de agricultura - <https://news.un.org/es/story/2009/08/1170851> ;  
<https://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/biodiversity/weeds/vn/>

§ diferentes métodos de lucha contra plagas

- utilización excesiva de productos químicos
- fertilizantes, plaguicidas

Green y cols., Science, 307, 550-555, 2005, <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1106049> ;  
Ritchie y cols, 2022, <https://ourworldindata.org/pesticides>

# Objetivos de la Agricultura

## ¿ desde siempre: respuesta al aumento de la población

– » 3.000 millones habitantes en 1960 ® 6.000 millones en 2000

§ >8.100 millones en octubre de 2024

<https://www.worldometers.info/es/poblacion-mundial/>

§ ã superficie cultivada y los insumos agrícolas

§ al agricultor se le sigue pagando por kg producidos

[http://elpais.com/elpais/2017/01/26/ciencia/1485452921\\_120896.html](http://elpais.com/elpais/2017/01/26/ciencia/1485452921_120896.html)

## ¿ actualmente

– al é nivel económico en la sociedad occidental y países emergentes

§ ã calidad nutricional

§ mejorar el sabor

§ ã disponibilidad de todo tipo de alimentos todo el año en cualquier lugar

**sin ã la superficie cultivada y ê los insumos**

# La Mejora Genética de los Cultivos

## ¿ cómo se consiguen las características que queremos?

- **injertos\***: valle del Tigris y el Éufrates hace 3800 años; regularmente, desde la Grecia clásica
- **cruzamientos** entre especies compatibles\*
  - § empresas para producción de semillas: Vilmorin (XVIII)
- **mutaciones en el ADN al azar**
  - § espontáneas (ocurren en la naturaleza)
  - § inducidas en el laboratorio (acelerar procesos de la naturaleza)
    - cultivos *in vitro*: selección de plantas libres de virus
    - radiaciones, tratamiento con productos químicos mutagénicos  
(**mutagénesis aleatoria**)
- cruzamiento interespecífico forzado y **rescate del embrión\***
- **biotecnología\***
  - § modificaciones voluntarias del genoma

\*: técnicas que permiten introducir genes de otras especies

# La Mejora Genética de los Cultivos

## mutagénesis aleatoria - FAO-IAEA:

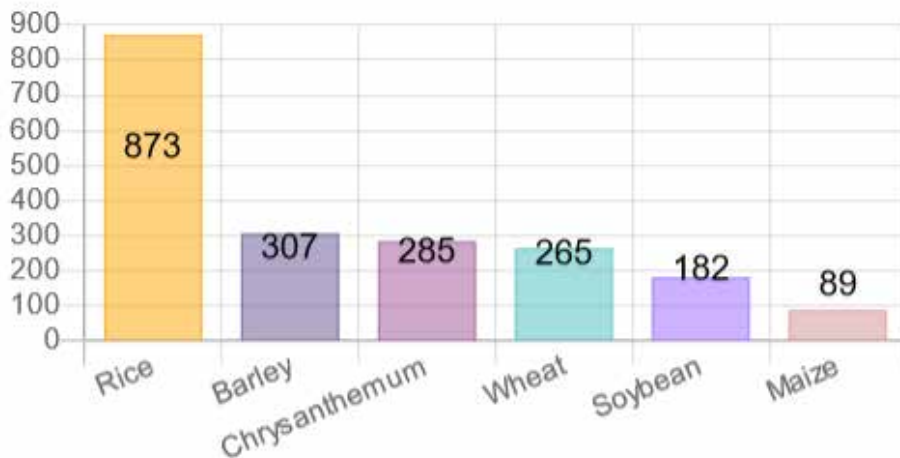
- inducida por irradiación con rayos  $\gamma$  mediados del siglo XX

<https://www.iaea.org/es/el-oiea/centro-conjunto-fao/oiea-de-tecnicas-nucleares-en-la-alimentacion-y-la-agricultura>

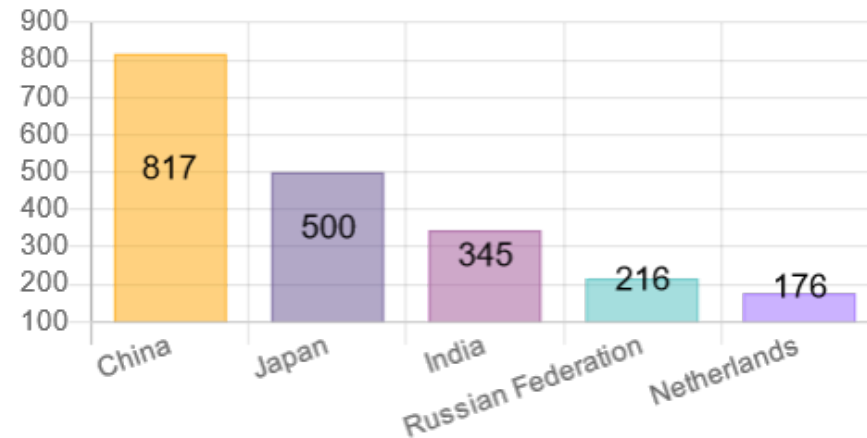
Mutant Variety Database: <https://nucleus.iaea.org/sites/mvd/SitePages/Home.aspx/>

- *Técnicas Nucleares para la Alimentación y la Agricultura*
- hoy: más de 3.440 variedades diferentes (14-oct-2024)
  - § 73 variedades más que en feb 2021.

## Cultivos Principales 2022



## Cultivos por Zona



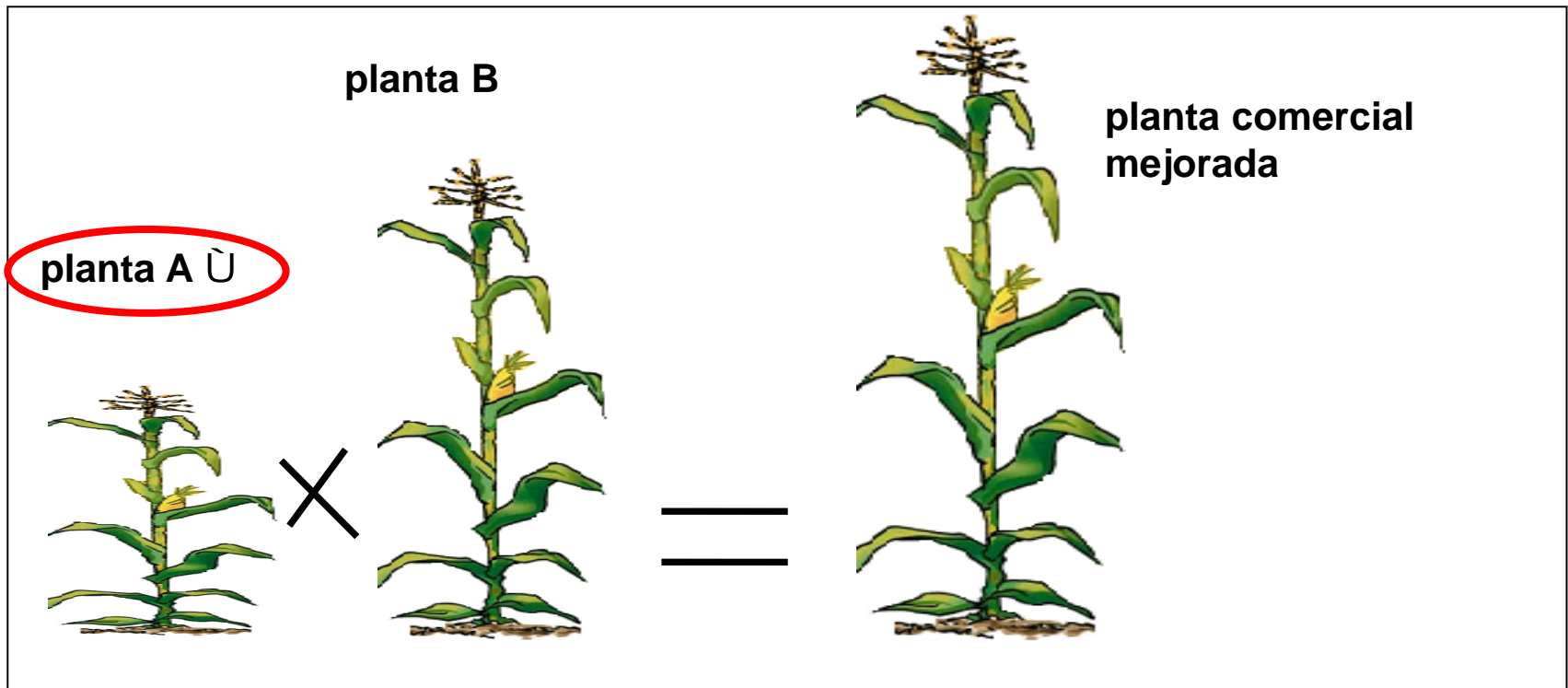
<https://nucleus.iaea.org/sites/mvd/SitePages/Home.aspx#>

<https://www.iaea.org/es/newscenter/news/que-es-el-fitomejoramiento-por-induccion-de-mutaciones>

# La Mejora Genética de los Cultivos

¿ **cruzamiento: técnica básica de mejora.**

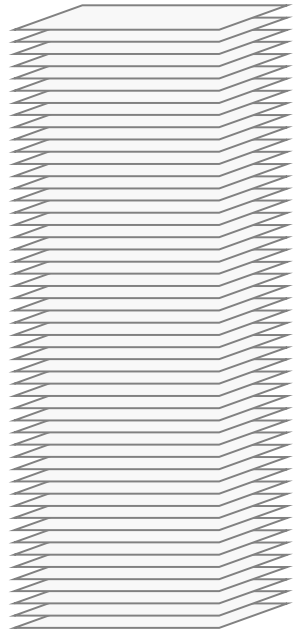
- para pasar las características de una planta A a otra B



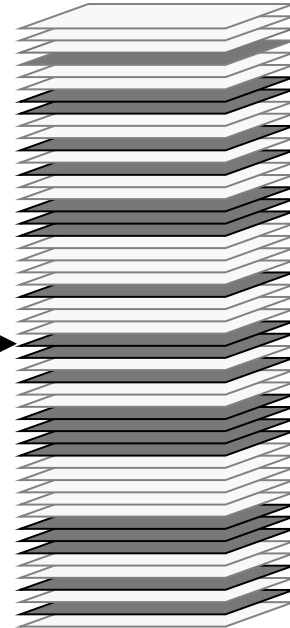
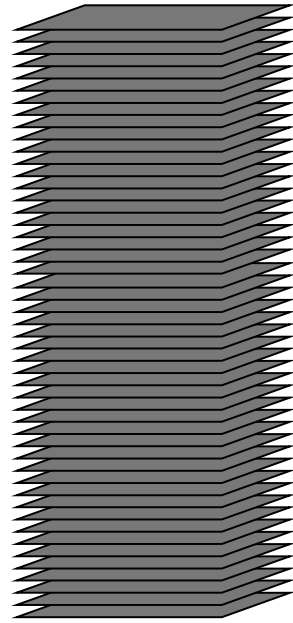
9 Û planta que lleva la característica que queremos introducir

# La Mejora Genética de Cultivos - Cruzamientos

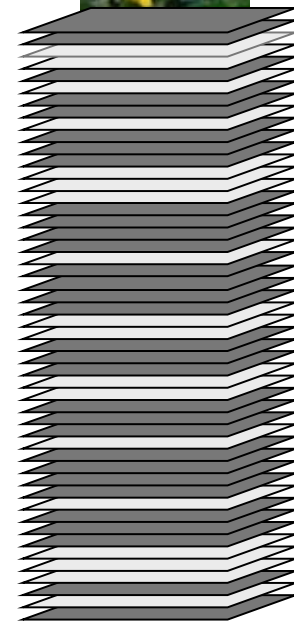
reproducción sexual



**X**



**+**



**...**

variedad 1    variedad 2  
30.000 genes cada una

Híbrido 1  
30.000 genes mezclados al azar

Híbrido 2....

# La Mejora Genética de Cultivos - Tradicional



selección de caracteres diferentes



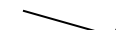
mutación espontánea



mutación inducida por irradiación g

multiplicación del nº de cromosomas

hibridación interespecífica



injertos

<https://www.fruitsaladtrees.com/>

selección deliberada a lo largo de milenios



clones

# Cómo serían hoy algunas plantas comestibles si no las hubiéramos modificado genéticamente a lo largo de milenios



watermelon



corn



banana



aubergine / eggplant



carrot



cabbage, kale, broccoli, etc.

<https://geneticliteracyproject.org/2017/02/06/infographic-5-popular-foods-genetically-modified-humans-gmos/>



★ desde que comenzó la agricultura:  
el genoma de prácticamente todas las  
plantas que comemos estaba ya modificado  
antes de introducir las biotecnologías  
modernas de las que hablamos a  
continuación ★

# La Mejora Genética de Cultivos – las Biotecnologías

## ¿ **transgénesis (ingeniería genética)**

- tecnologías desarrolladas en los años 1970-80
- primera planta transgénica: 1983
  - § Universidad de Gante, Univ. De St. Louis, Monsanto
- primer cultivo transgénico comercializado: 1994

## ¿ **edición de genomas o mutagénesis dirigida**

- CRISPR-Cas y otras tecnologías
- década de 2010
- primer cultivo aprobado en USA: champiñón que no se oscurece
  - § 2015, Univ. Estatal de Pennsylvania
- multitud de aplicaciones en distintos estados de desarrollo –

VS Kamburova et al., 2017 Genome editing in plants: overview of tools and applications. Int.J Agronomy, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2017/7315351>

\*\*\*LI Montoliù, *Editando Genes: recorta, pega y colorea* (3ª ed, 2021) Next Door Publishers

Zaidi et al, 2020, Engineering crops of the future: CRISPR approaches to develop climate-resilient and disease-resistant plants, Genome Biology, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7702697/>

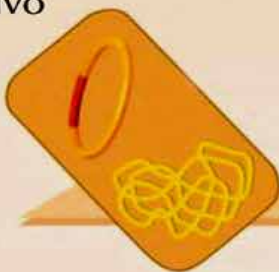
\*\*\*Jennifer Doudna y SH Sternberg, 2017, *Una grieta en la creación*, Alianza Editorial

# ¿Cómo se hace una planta transgénica?

“adaptaciones” y “conexiones”

## 1) Se identifica...

...el gen que nos interesa:  
de un ser vivo  
(bacteria,  
planta...)



## 2) Se aísla...

...el gen de interés



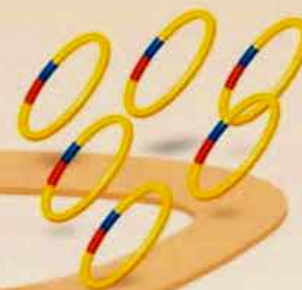
## 3) Se integra...

...el gen de interés  
en una construcción  
genética



## 4) Se multiplica

la construcción  
genética



## 5) Se transfiere...

...el gen a la planta  
que queremos modificar



## 6) Se seleccionan...

las células que han  
incorporado el nuevo gen



## 7) Se regenera...

...con ellas una  
nueva planta



## 8) Se analiza...

...si el nuevo gen se ha  
incorporado a la planta



# Mejora Genética de Cultivos – Biotecnologías modernas.....

## O no?

¿ un transgénico natural de hace 8000 años

– *Agrobacterium tumefaciens*: agalla coronaria →



– plátanos, lúpulo, arándanos, ciruela,

– guayaba, cacahuete, pomelo

– cereza de Surinam

– batatas

– algunas especies de té →

– algunas especies de nueces

– ñame



Mateeva & Otten, 2019, Widespread occurrence of natural genetic transformation of plants by *Agrobacterium*, Plant Molecular Biology; <https://doi.org/10.1007/s11103-019-00913-y> ; <https://fundacion-antama.org/estudio-demuestra-que-las-plantas-sufren-modificaciones-geneticas-de-forma-natural-a-gran-escala> ; <https://chilebio.cl/2023/05/09/transgenico-natural-increible-bacteria-puede-transferir-sus-genes-a-las-plantas-y-darles-superpoderes>

# Los Cultivos Transgénicos – Cómo se hacen

- ¿ selección en el invernadero de las plantas con el carácter introducido
- ¿ y finalmente las **pruebas de campo** (previa autorización) con la planta que cumple todas las especificaciones



Uno de los invernaderos industriales de Syngenta



maíz transgénico resistente al taladro maíz convencional (no resistente)

Fotografía: cortesía del Dr. Jaime Costa

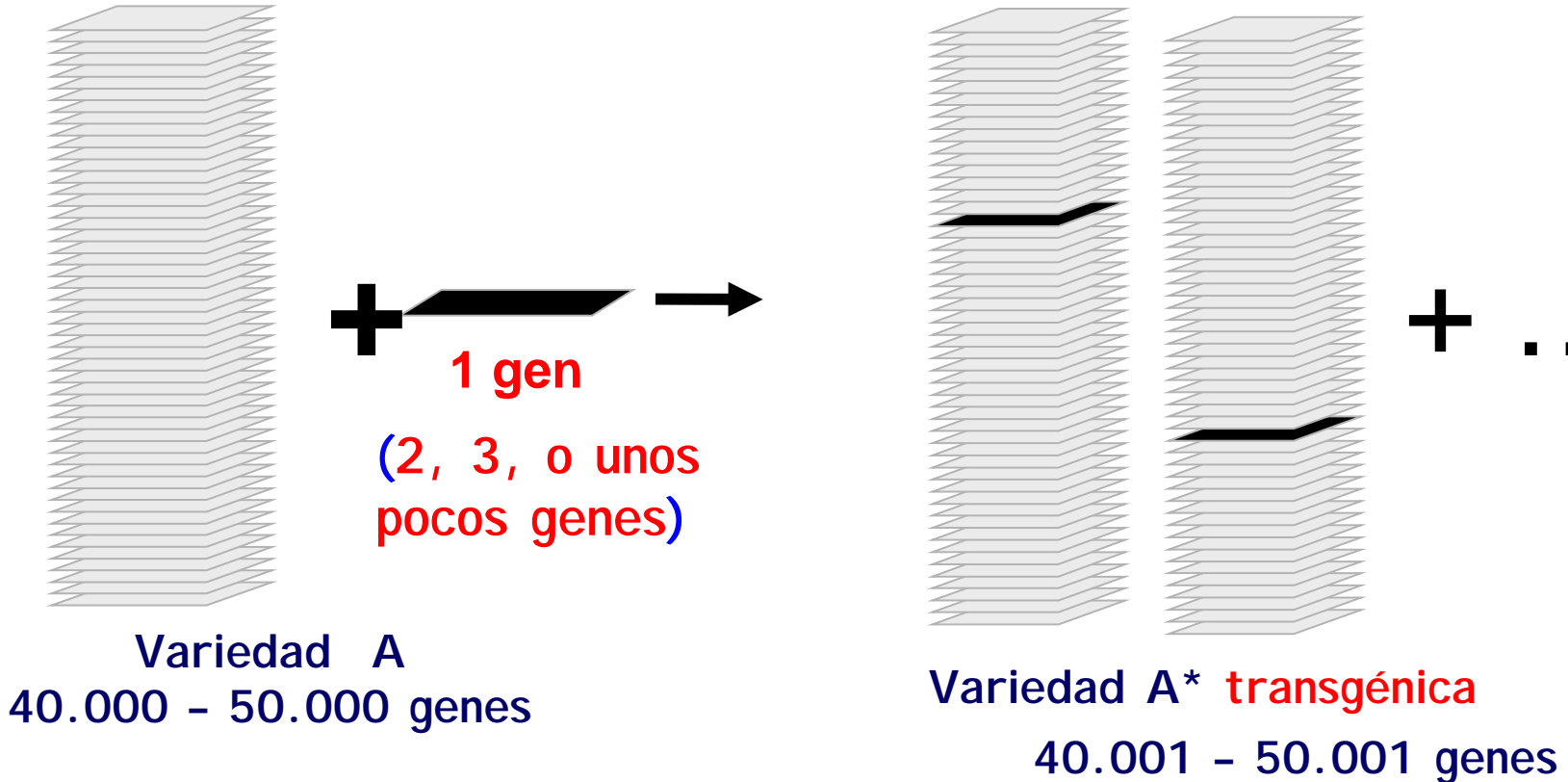
# Ingeniería Genética - Transgénesis



arroz  
convencional



"Arroz Dorado"  
ñ provitamina A



# La Edición de Genomas o Mutagénesis Dirigida

## ¿ qué es

- grupo de técnicas que nos permite **modificar** el genoma de una célula **con precisión, prácticamente en cualquier lugar cambiando “las letras” del ADN**
  - § sistema de defensa bacteriano contra virus

## ¿ funciona como el editor de Word

- gen que queremos modificar:

.. A C T T **T G G** A C C G G T A A...

- gen editado:

.. A C T T **G T C** A C C G G T A A...

Sistemas CRISPR-Cas: una revolución biológica de origen bacteriano (Dr. FJ Mojica):  
<https://www.youtube.com/watch?v=GOK6FkfmHdQ>

es como si se hubiera producido una mutación espontánea

# La Edición de Genomas o Mutagénesis Dirigida

¿ algunas de las cosas que nos permite hacer:

Similar a mutación  
espontánea

- **inactivar** un gen (*knockout*)
  - el gen ya no funciona
- **cambiar** una o unas pocas letras del ADN
  - corregir una mutación negativa
- modificar la **expresión** de un gen sin alterar la secuencia del ADN (cambios epigenéticos)
  - regular la actividad de un gen

§ **insertar** un fragmento de ADN (*knockin*)

- añadir un nuevo gen

– en un lugar del genoma o en varios simultáneamente

# Edición de Genomas o Mutagénesis Dirigida

patatas infectadas por el tizón tardío



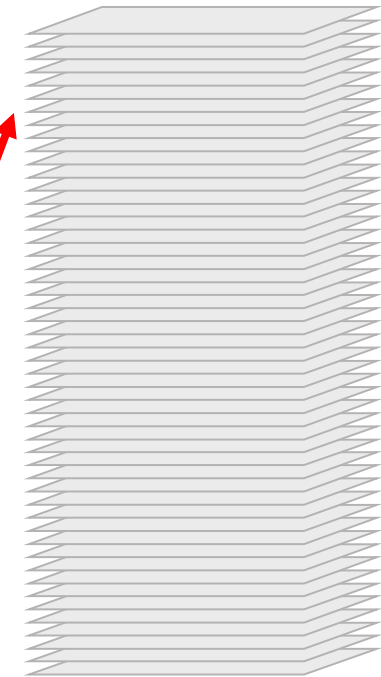
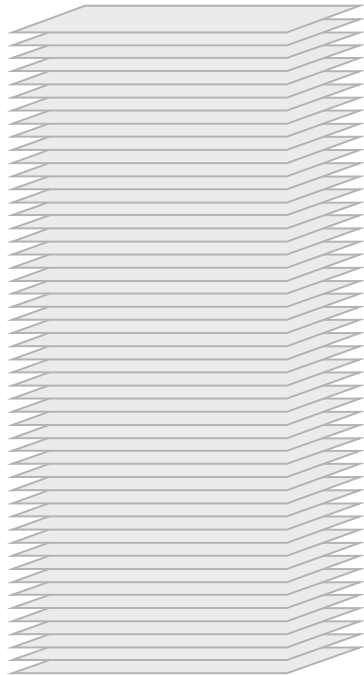
gen natural que el hongo aprovecha para infectar las células



....ATTTCGGAAT....  
....TAAAGCCTTA....

....ATT**CGA**GAAT....  
....TAA**GCT**CTTA....

gen mutado que **IMPIDE** la Infección vírica



# Mejora Genética de Cultivos - Biotecnología

## ¿ transgénesis y mutagénesis dirigida – diferencias

### – transgénesis

§ se inserta 1 (o unos pocos) gen(es) de un organismo diferente

Directiva 2001/18 – Anexo II; <https://www.boe.es/doue/2001/106/L00001-00039.pdf>

§ se pueden detectar con facilidad: origen de polémicas

§ muchos cultivos autorizados en muchos países

§ rechazo de los consumidores: miedo, se percibe como “no natural”

### – mutagénesis dirigida o edición génica

§ se modifica un gen de manera que parece una mutación espontánea

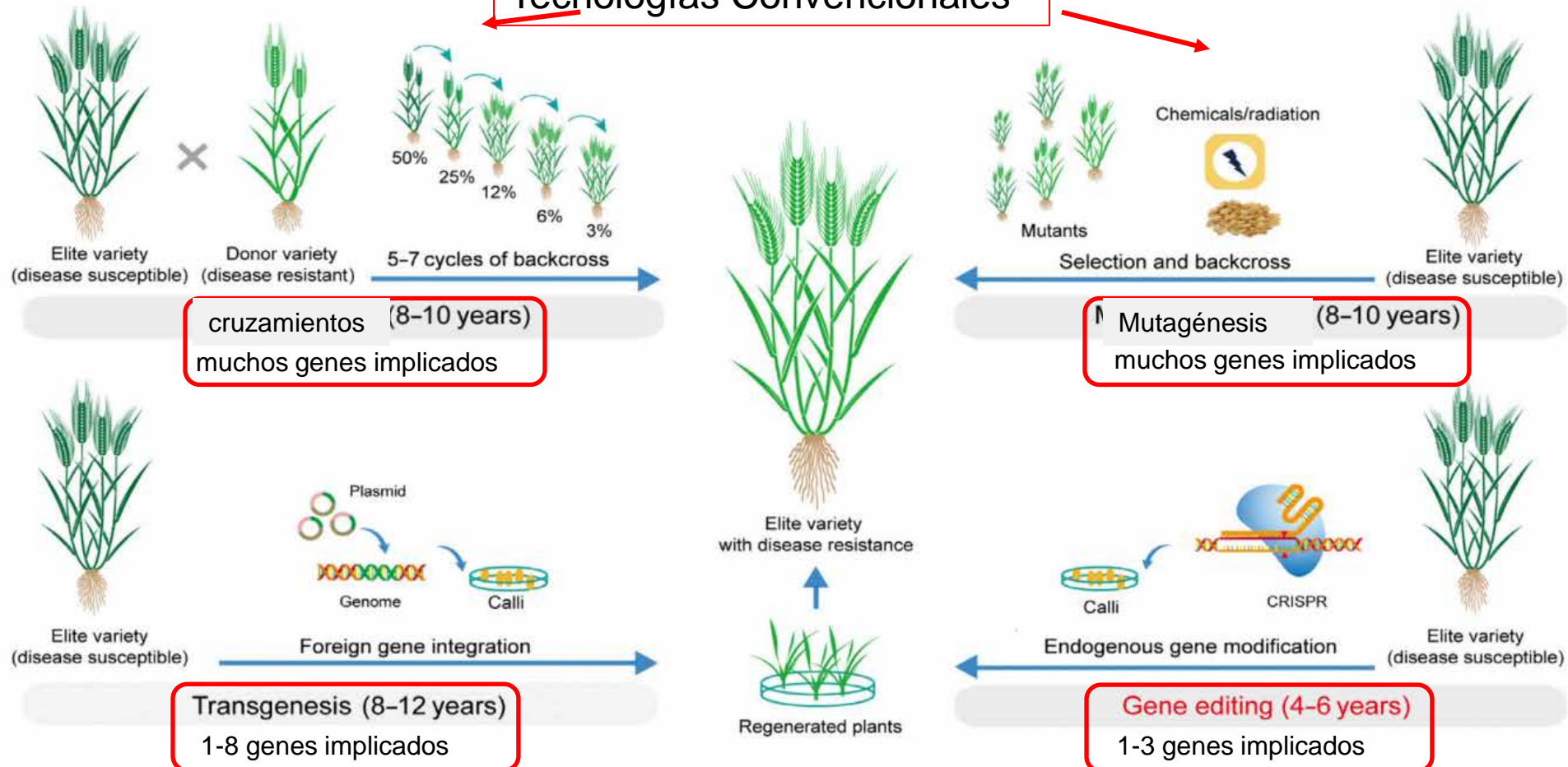
- no se puede detectar (hoy por hoy)

§ unos pocos cultivos autorizados en unos pocos países

# Comparación de técnicas de Mejora Genética

ej: conseguir un trigo resistente a una enfermedad

## Tecnologías Convencionales



FAO, Gene editing and agrifood systems, 2022, <https://openknowledge.fao.org/items/efa28e26-4878-4d6b-93f3-7e45692c6414>; <https://naukas.com/2019/07/01/no-es-lo-mismo-un-transgenico-que-un-organismo-editado-geneticamente/>

# Situación Regulatoria de los Cultivos Transgénicos

## Directiva 2001/18: para solicitar autorización para comercializar los organismos transgénicos - pruebas exigidas

- se comparan con la planta antes de su modificación



- § se supone que no ha dado problemas de salud

- composición nutricional

- pruebas de toxicidad: aguda y crónica

- § con varias especies de animales

- pruebas de alergenicidad

- impacto ambiental

- [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:303dd4fa-07a8-4d20-86a8-0baaf0518d22.0005.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:303dd4fa-07a8-4d20-86a8-0baaf0518d22.0005.02/DOC_1&format=PDF)

- retraso importante en la autorización de comercialización

- coste de las pruebas: alrededor de 80 M € por variedad

- § multinacionales

- entidades académicas y pequeñas empresas: no tienen recursos económicos suficientes.

# Situación Regulatoria de los Cultivos Transgénicos

## ¿ quién(es) evalúa(n): **datos científicos**

- Europa: **Autoridad Europea para la Seguridad Alimentaria** (*European Food Safety Authority*) <https://www.efsa.europa.eu/>

§ la evaluación más exigente del mundo

- toxicidad, alergenicidad, calidad nutricional
- seguridad medioambiental

- EEUU:

§ **Dpto. Agricultura** (USDA),

§ **FDA** (Administración de alimentos y medicamentos),

§ **EPA** (Agencia de Protección Medio Ambiental)

## ¿ documentos de la EFSA

- <http://www.efsa.europa.eu/en/science/gmo>

# Situación Regulatoria de los Cultivos Transgénicos

## 🔗 **Comisión Europea: autoriza, o no, el cultivo transgénico**

- informe favorable de la EFSA es obligatorio
  - § basado en **datos científicos**
    - para alimentación humana y/o alimentación animal
    - para obtención de ingredientes
    - para su cultivo
- **aprobación, o no, de la CE: acto político**

## 🔗 **Directiva 412/2015**

- cada estado europeo puede oponerse al uso de los cultivos transgénicos aunque estén aprobados por la CE

## 🔗 **Variedades autorizadas en la UE**

- la UE autoriza la **importación** de más de 200 variedades transgénicas pero sólo autoriza el cultivo de una.
  - § sin justificación científica

[https://food.ec.europa.eu/plants/genetically-modified-organisms/gmo-register\\_en](https://food.ec.europa.eu/plants/genetically-modified-organisms/gmo-register_en)

## 🔗 **La política, con frecuencia, no tiene en cuenta la ciencia**

# Inocuidad para las Personas

todos los cultivos GM autorizados en Europa y otros países han pasado todas las pruebas de inocuidad

ÙÙ se consideran tan inocuos (o tan no-inocuos) como los convencionales ÙÙ

ÙÙ no hay ninguna evidencia de que presenten más riesgos para la salud humana que los convencionales ÙÙ

FAO, OMS, EFSA, AESA, Asociación Médica del Reino Unido, Asociación Médica de EEUU, Academia Nacional de Ciencias de EEUU, Sociedades Científicas de la mayoría de los países....

ChileBio: 40 sociedades científicas: [http://www.chilebio.cl/documentos/datos\\_chileb.pdf](http://www.chilebio.cl/documentos/datos_chileb.pdf);

<https://geneticliteracyproject.org/2015/06/16/275-global-science-organizations-affirm-consensus-gmo-food-crop-safety/>;

<http://www.siquierotransgenicos.cl/2015/06/13/more-than-240-organizations-and-scientific-institutions-support-the-safety-of-gm-crops/>

\*\*\* Natl Acad Sci USA – Genetically Engineered Crops – 2016: <https://agbiotech.ces.ncsu.edu/wp-content/uploads/2016/05/NAS-Genetically-Engineered-Crops-Full-Report.pdf?pwd=no>

# Situación Regulatoria de la Edición Génomica

## 2018: el tribunal de justicia europeo

- los considera iguales a los organismos modificados genéticamente (transgénicos)
  - § se le aplicarían los procedimientos de los organismos transgénicos

## 2022: informe COSCE

- propone que sean considerados como los convencionales
- proceso de autorización simplificado è é competitividad agricultura Europea

Informe COSCE, 2022:

[https://www.cosce.org/docs/informe\\_COSCE\\_revisi%C3%B3n\\_marco\\_regulador\\_de\\_tecnicas\\_de\\_edicion\\_genomica\\_2022.pdf](https://www.cosce.org/docs/informe_COSCE_revisi%C3%B3n_marco_regulador_de_tecnicas_de_edicion_genomica_2022.pdf)

## 2024: no hay consenso en la Comisión Europea

<https://www.agrodigital.com/2024/06/27/otra-presidencia-de-la-ue-acaba-sin-conseguir-acuerdo-sobre-las-ntg/>

oposición Partidos Verdes, industria agricultura ecológica, organizaciones ecologistas - [https://www.greens-efa.eu/files/assets/docs/scientist\\_report\\_-\\_backgrounder.pdf](https://www.greens-efa.eu/files/assets/docs/scientist_report_-_backgrounder.pdf)

# Situación Regulatoria de la Edición Génomica

2 mayo 2024

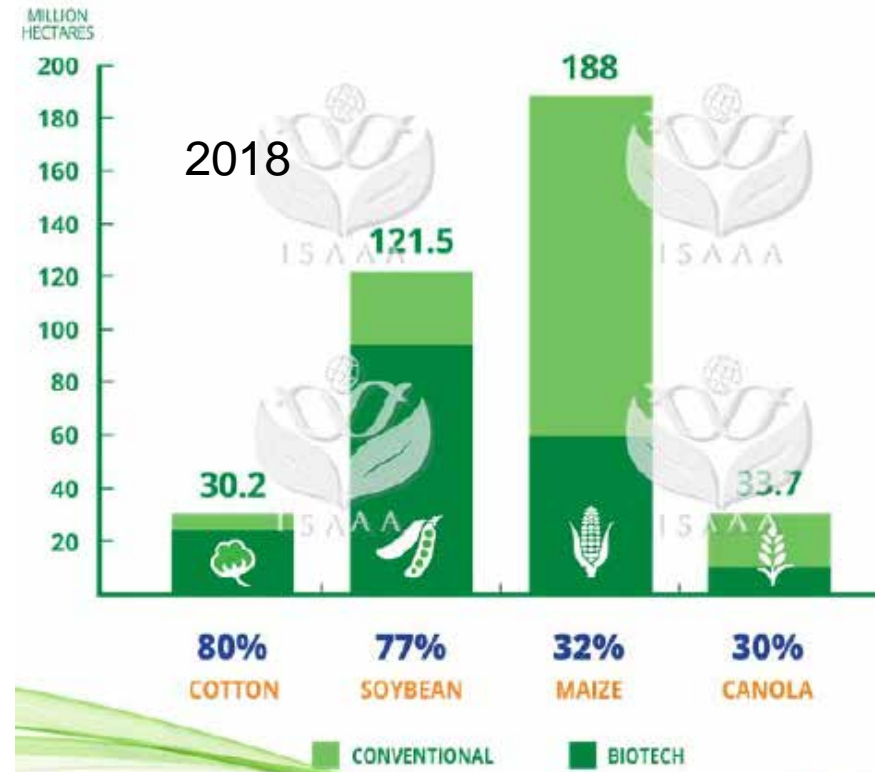


# Cultivos Transgénicos Principales

## maíz, algodón, colza y soja

### – resistencia a insectos o *cultivos Bt*

- § gen del *Bacillus thuringiensis*
- § planta sintetiza la toxina bacteriana
- § uno o varios genes
- § maíz, algodón, berenjena, patata, soja, caña de azúcar, alubia *carilla*, tomate, chopo
- § ê significativa uso de insecticidas



### – tolerancia a herbicidas

- § glifosato, dicamba, glufosinato, 2,4-D
- § maíz, soja, algodón y remolacha
- § genes bacterianos y otras modificaciones génicas: herbicida no afecta
- § ê toxicidad global herbicidas, variable, según regiones y cultivos

2021: <https://allianceforscience.org/blog/2021/04/do-gmo-crops-increase-the-use-of-pesticides/>; 2023: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800923001362>

<http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/default.asp>

# Los Cultivos Transgénicos Comercializados

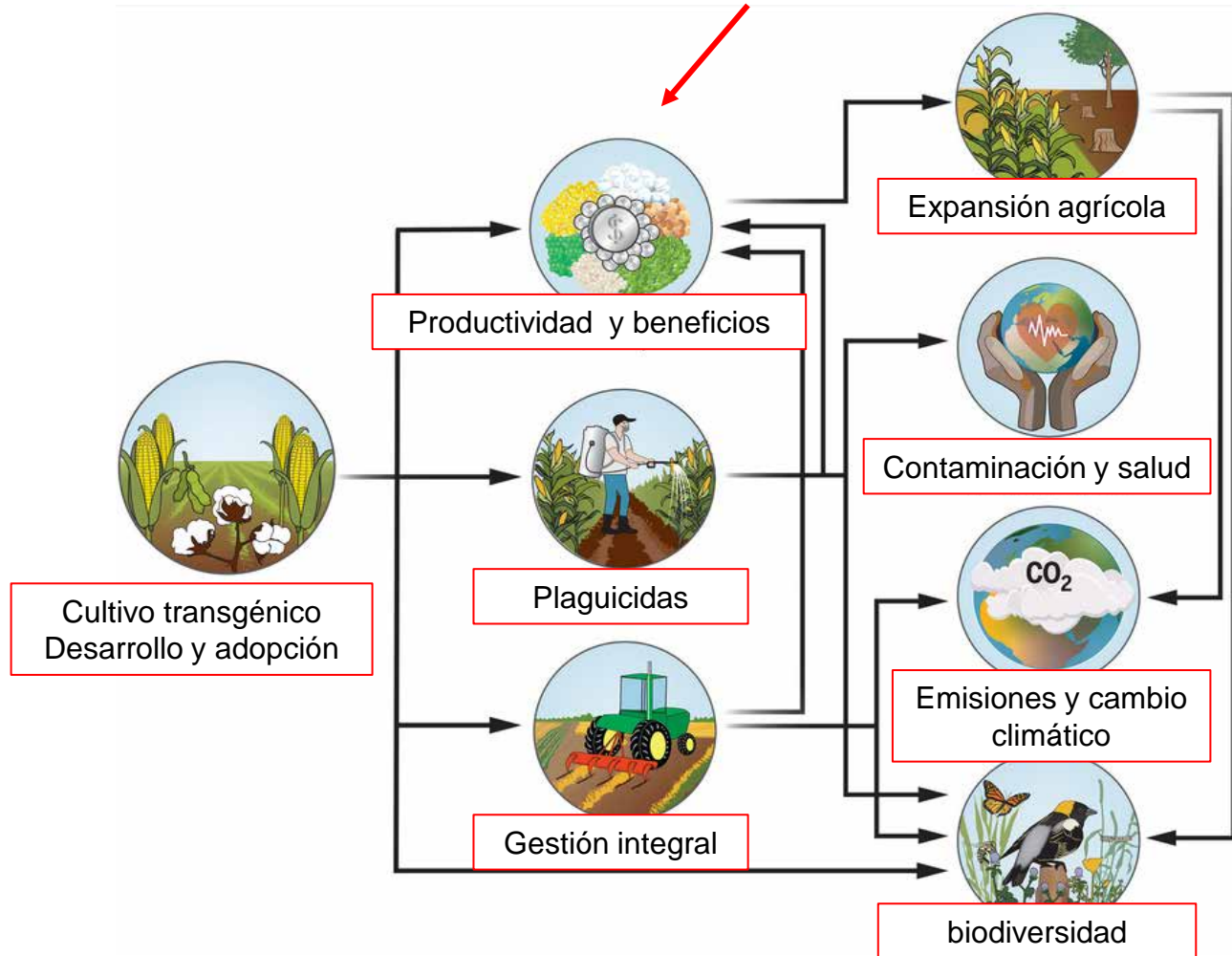
En la Unión Europea: > 205 variedades de 6 especies (2018)

[https://food.ec.europa.eu/plants/genetically-modified-organisms/gmo-register\\_en](https://food.ec.europa.eu/plants/genetically-modified-organisms/gmo-register_en)



# Impacto de los Cultivos Transgénicos

¿ impacto directo e indirecto: 10-15 años y más de 20 años



2024 Environmental impacts of genetically modified crops – Science - <https://www.science.org/doi/10.1126/science.ado9340>

# Las plantas resistentes a Insectos

“Taladros”



“Destruyores de raíces”

# Cultivos Resistentes a Insectos

## maíz Bt en España y Portugal 1998-2018

- é 1,89 millones de Tn adicionales evitado roturar 15.250 ha adicionales
- ê 37% compuestos activos: 678.000 kg de insecticidas 705.000 ha que no se trataron con insecticidas

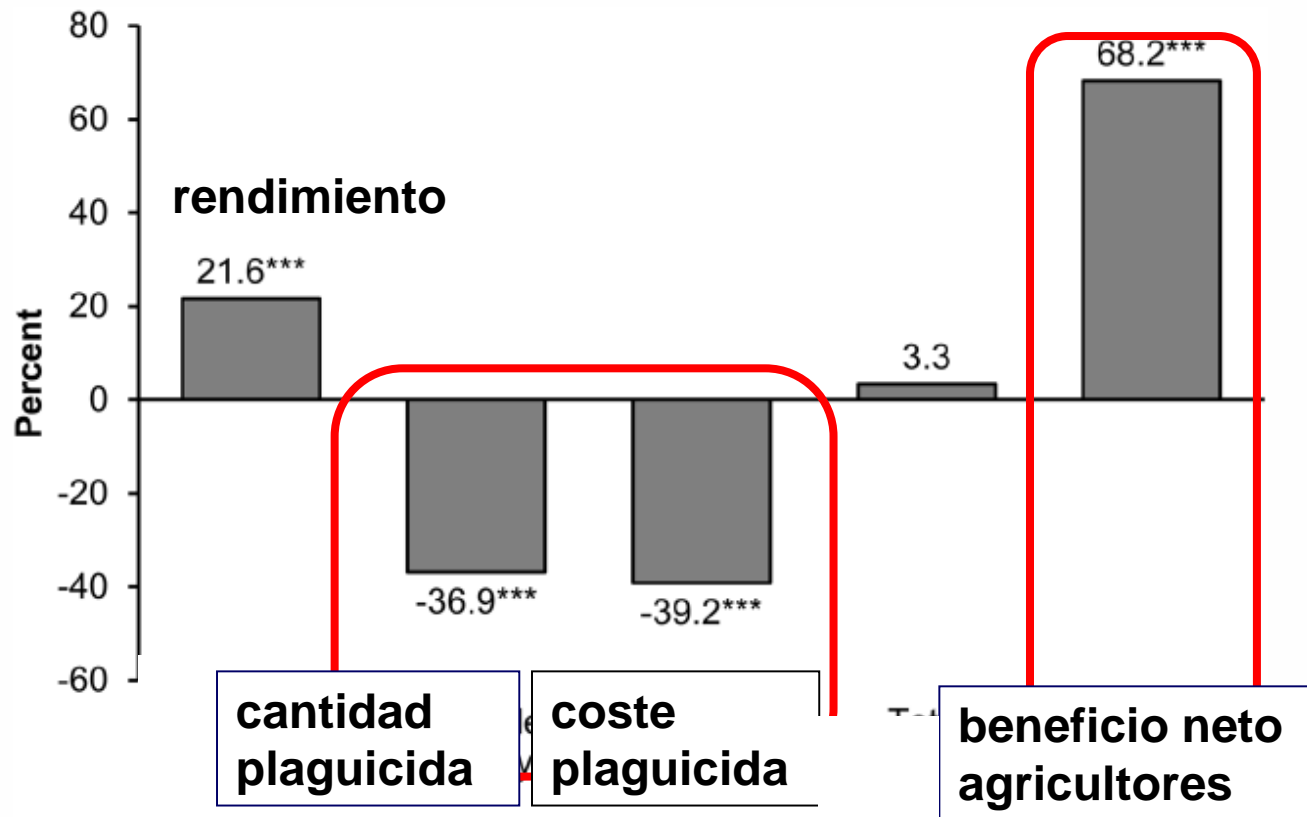
[El cultivo de maíz Bt ha permitido obtener una producción adicional de maíz de 1,89 millones de toneladas de 1998 a 2018 en España y Portugal - Fundacion Antama \(fundacion-antama.org\)](http://fundacion-antama.org)



# Cultivos Resistentes a Insectos

## cultivos resistentes a insectos (Bt) – 147 estudios

§ impacto de cultivos transgénicos -- convencionales:



§ one, nov 2014

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0111629>

# Cultivos Bt en Países en Desarrollo

## ⌘ ê envenenamientos de agricultores pequeños

- ê 70% en algodón y 8% en arroz en China
- ê 2,4 M envenenamientos en algodón en India



Genetically Engineered Crops, 2016, pg. 153-154, Academias Nacionales de Ciencias EEUU, 2016, <https://www.nap.edu/catalog/23395/genetically-engineered-crops-experiences-and-prospects>

## ⌘ berenjenas en Bangladesh

- Pequeños agricultores: > 65.000 (2019)

§ é 25% productividad, é 128% beneficio neto, ê 76% envenenamientos



Ahmed AU y cols. 2020 (nov). [The Impacts of GM Foods: Results from a Randomized Controlled Trial of Bt Eggplant in Bangladesh - Ahmed - - https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/ajae.12162](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/ajae.12162)

- Aprobada en Filipinas en 2021 y prohibida en abril 2024

<https://www.gmwatch.org/en/106-news/latest-news/20416-philippines-farmers-and-citizens-win-court-case-against-gm-golden-rice-and-bt-eggplant>

## ⌘ alubia "carilla" (caupí) en Nigeria – 2020-21

- ê pesticidas, é productividad [https://www.aatf-africa.org/aatf\\_projects/cowpea/](https://www.aatf-africa.org/aatf_projects/cowpea/)
- En Ghana: autorizada en agosto 2024: <https://allafrica.com/stories/202408160586.html>



# Cambio Climático – La Sequía

## cultivos transgénicos autorizados

- maíz (Monsanto-Bayer), soja (Verdeca) y trigo (Bioceres)
- rendimiento é 4-10% en condiciones de sequía (con respecto a las variedades no tolerantes); rendimiento bueno con 20% menos agua
  - Khan y cols, 2019. Revisión: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6651533/>
  - § maíz: importación autorizada también en la UE (NO cultivo!)
  - § maíz tolerante a la sequía y resistente a insectos – “maíz TELA”
    - aprobado en Nigeria [https://www.aatf-africa.org/aatf\\_projects/tela-maize](https://www.aatf-africa.org/aatf_projects/tela-maize)
- Trigo: cultivo autorizado en Argentina y EEUU
  - § autorizada su importación en Nigeria, Brasil, Colombia, Australia, Nueva Zelanda: para pienso y alimentación
- soja
  - § cultivo y comercialización aprobado en EEUU, Canadá, Brasil, Argentina y Paraguay
  - § importación aprobada en China,
    - ISAAA, mayo 2022, <https://www.isaaa.org/kc/cropbiotechupdate/article/default.asp?ID=19441>
- Caña de azúcar: Indonesia <https://chilebio.cl/wp-content/uploads/2015/09/Global-status-of-GM-crops-2014-executive-summary.pdf>

# Mejoras Nutricionales - ã compuestos esenciales

¿ ã concentración de Vitaminas

¿ *Arroz Dorado* – acumula b-caroteno

precursor de la Vit. A

<http://www.goldenrice.org/index.php>

– deficiencia de Vit. A: serio problema nutricional en Tercer Mundo

<http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0j.htm> ;

funciones de la Vit A: [https://www.nutri-facts.org/content/dam/nutrifacts/pdf/nutrients-pdf-es/Vitamina\\_A.pdf](https://www.nutri-facts.org/content/dam/nutrifacts/pdf/nutrients-pdf-es/Vitamina_A.pdf)

§ ceguera (aprox. 500.000 niños/año)

§ problemas respiratorios, inmunidad, fertilidad, crecimiento esquelético

§ malformaciones congénitas ➤ > 250.000 muertes de niños en Sudeste Asiático.



Grado de importancia en salud pública de la DVA

Clínica  
Subclínica severa  
Subclínica moderada  
Subclínica leve  
Sin datos, con DVA probable  
Sin datos, con DVA improbable

# Mejoras Nutricionales- ã compuestos esenciales

## Arroz Dorado: é vitamina A

- unos 100 g arroz seco diarios: cantidad suficiente de provitamina A para satisfacer las necesidades Paine y cols., *Nature Biotechnol* 23, 482-487, 2005
- desarrollado con dinero público
  - § sin multinacionales
  - § sin derechos de patentes (>70)
  - § disponible sin coste adicional para agricultores con ingresos < 10.000 \$/año
  - § variedades comerciales: **IRRI**



2019: autorizado en Filipinas, EEUU, Canadá, Australia, Nueva Zelanda

<https://www.isaaa.org/kc/cropbiotechupdate/article/default.asp?ID=17900>

2024: Filipinas deniega la autorización para comercializarlo:

<https://www.newindianexpress.com/world/2024/Apr/20/philippines-courts-order-against-modified-brinjal-golden-rice-to-see-global-impact> ; <https://www.thenationalnews.com/opinion/comment/2024/05/30/why-the-battle-for-golden-rice-has-gone-off-the-boil>

Premios Nobel a Greenpeace, 2016: *crimen contra la humanidad*

[https://supportprecisionagriculture.org/nobel-laureate-gmo-letter\\_rjr.html](https://supportprecisionagriculture.org/nobel-laureate-gmo-letter_rjr.html) ;

<http://allowgoldenricenow.org/wordpress/home/>; [http://elpais.com/elpais/2016/06/30/ciencia/1467286843\\_458675.h](http://elpais.com/elpais/2016/06/30/ciencia/1467286843_458675.h)

# Mejoras Nutricionales - ã compuestos necesarios

## ¿ maíz hipervitamínico (Sudáfrica)

- Universidad de Lleida, Dr. Paul Christou; no variedades híbridas
- 169 veces  $\beta$ -caroteno; 6 veces vitamina C; 2 veces ácido fólico

PNAS 106, 7762-7769, 2009, <https://doi.org/10.1073/pnas.0901412106>



## ¿ batatas blancas que

- premio mundial de [us.org/howarth-bouis-wins-world-food-prize/](https://www.us.org/howarth-bouis-wins-world-food-prize/); Sweet potato vitamin A research wins World Food Prize 2016 - <https://www.bbc.com/news/science-environment-37619154>

# Mejoras nutricionales

## 🌿 plátano naranja – Uganda - ã **$\beta$ -caroteno y hierro**

– diversificación de dietas y suplementación: aceptable solución para ciudades, no para zonas rurales, con frecuencia con malas infraestructuras viales

– Univ Queensland en colaboración con Institutos de Investigación de Uganda

2022 <https://www.monitor.co.ug/uganda/news/national/scientists-breed-bananas-rich-in-vitamin-a-iron--3976950>

– variedades adaptadas a Uganda: ã Vit A y hierro

desarrollado por la Univ. Queensland: 2014 <https://www.qut.edu.au/news/news?news-id=74075> ; Paul y cols, 2018, Frontiers in Plan Science <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2018.00558/full>

<https://www.newsweek.com/scientists-orange-bananas-vitamin-uganda-633136>

– todavía sin aprobar: acusan a ONGs europeas de difundir bulos sobre su inocuidad

2024 <https://www.thecooldown.com/green-tech/super-banana-uganda-vitamin-a/>



# Mejoras Nutricionales

## patata "innate": JR Simplot

<http://www.simplotplantsciences.com/>

- producción de **acrilamida** (cancerígeno) al freír
- varios genes inactivados
  - § no se oscurece
  - § resistente al tizón tardío: ã cantidad de fungicidas
  - § almacenar en frío



## champiñón y manzanas que no se oscurecen

- no se oscurece al cortar <https://www.nature.com/articles/nature.2016.19754>
- al cortar o al golpearse

<https://www.nature.com/articles/551149a> ; <https://chilebio.cl/2016/09/28/estados-unidos-aprueba-tercera-manzana-geneticamente-modificada-que-no-se-oxida/>

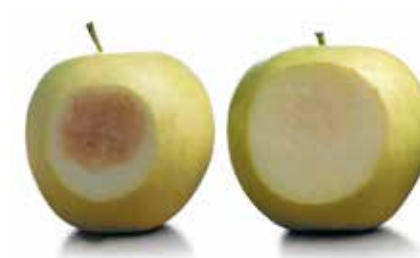
## las tres ã desperdicio y residuos

- ê compuestos no nutritivos



## los tres autorizados en EEUU

- los 3: edición génica, no transgénicos



# Mejoras Nutricionales - ä compuestos tóxicos

## ¿ cultivos Bt – maíz, berenjenas

- ä contaminación con *Fusarium spp*
- ä ä cantidad de **fumonisin**

### compuestos cancerígenos

- impiden la absorción celular del folato  
è malformaciones congénitas del sistema nervioso



Bakan y cols., *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50, 728-731, 2002, DOI: [10.1021/jf0108258](https://doi.org/10.1021/jf0108258) ;

- \* Etzel, "Mycotoxins", *JAMA*, 287, 425-427, 2002, DOI: [10.1001/jama.287.4.425](https://doi.org/10.1001/jama.287.4.425) ; Wu, *Transgenic Research* 15, 277-289, 2006, DOI: [10.1007/s11248-005-5237-1](https://doi.org/10.1007/s11248-005-5237-1)

- también presentes en **maíz ecológico**.

Ariño y cols., *Journal of Food Protection* 70, 151-156, 2007; 2013 Rupert y cols., [Occurrence of fumonisins in organic and conventional cereal-based products commercialized in France, Germany and Spain: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278691513001488>](https://doi.org/10.1016/j.jfp.2013.05.001)

## ¿ yuca sin cianuro

- procesado complejo necesario para eliminar el cianuro: mujeres
- inactivación gen que codifica producción de cianuro

# Cultivos tolerantes a Herbicidas

## malezas: realidad diaria para los agricultores

- compiten directamente con el cultivo: fertilizante, agua
- rendimiento a 20 – 60%
  - § mayor uso de fertilizantes y agua
- malezas resistentes a muchos herbicidas



## control histórico de las malas hierbas

- escarda: arrancarlas manualmente (todavía en países en desarrollo)
- laboreo: dar la vuelta a la tierra - é emisiones de gases de efecto invernadero
- compuestos químicos y otros varios

2017, *El problema de las malas hierbas*. <https://jardinessinfronteras.com/2017/11/09/el-problema-de-las-malas-hierbas/> ; <https://www.guiadeprensa.com/sociedad-espanola-de-malherbologia/>

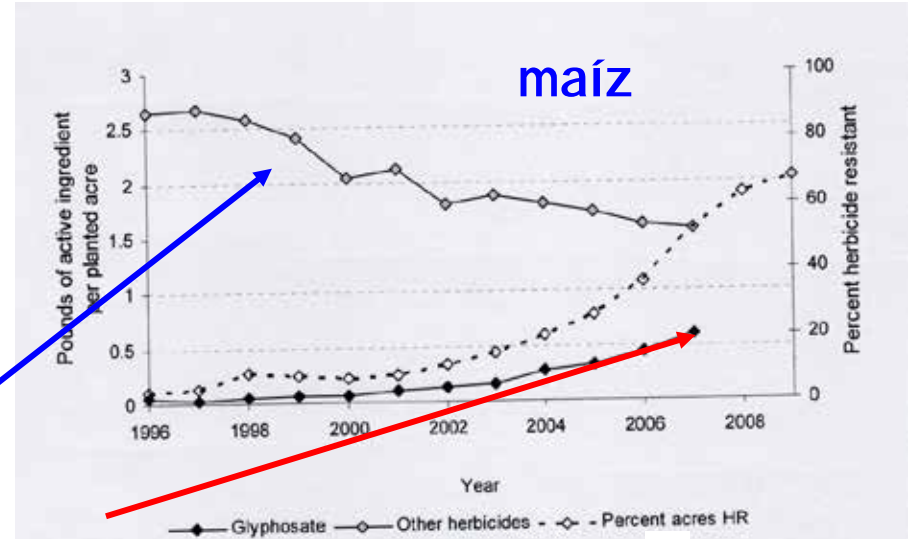
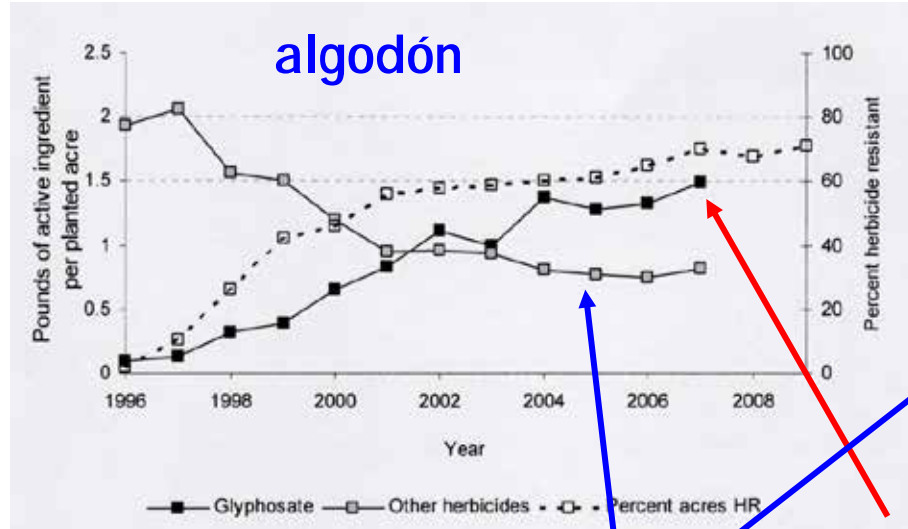
## herbicidas: los compuestos más utilizados en el medio ambiente

- agricultura, silvicultura, jardinería, carreteras, é especies invasivas...
- inhiben algún proceso importante para la planta è no se desarrolla y muere

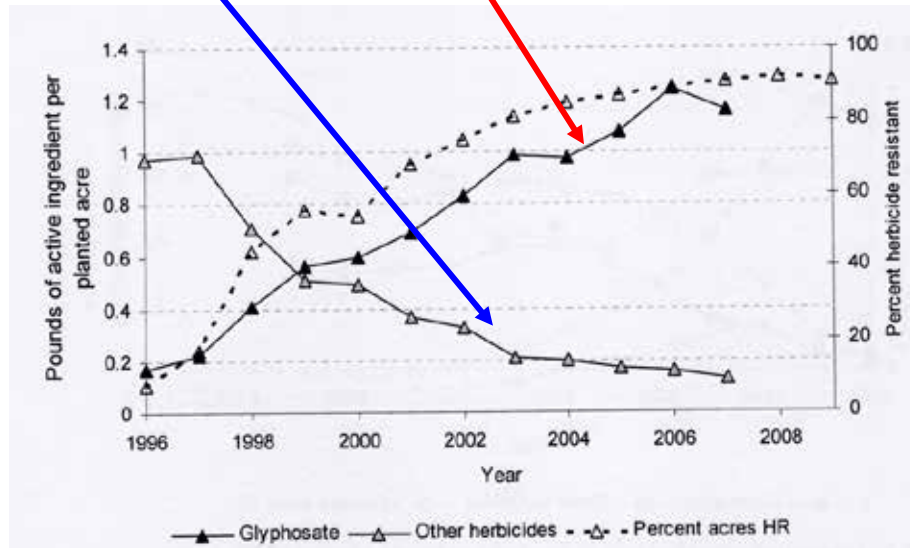
## cultivos tolerantes a herbicidas

- è la toxicidad general: herbicidas menos tóxicos (variaciones locales)

# Los Cultivos transgénicos tolerantes a Herbicidas



otros herbicidas      glifosato



[The Impact of Genetically Engineered Crops on Farm Sustainability in the United States | The National Academies Press \(nap.edu\) \(2016\)](#)

soja

# Polémica en torno al glifosato

## International Agency for Research on Cancer (IARC) – OMS

- probable cancerígeno para humanos (Grupo 2A) – 2015

<https://monographs.iarc.who.int/news-events/volume-112-some-organophosphate-insecticides-and-herbicides-diazinon-glyphosate-malathion-parathion-and-tetrachlorvinphos/>

- clasificaciones:

§ Grupo 1: cancerígenos humanos – 129 agentes

§ Grupo 2A: probable cancerígeno humano - 96 agentes

§ Grupo 2B: posible cancerígeno humano - 321

§ Grupo 3: no clasificable según su potencial cancerígeno humano - 499

§ Grupo 4: probablemente no es un cancerígeno humano- 499

<https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications>

- Otros compuestos del Grupo 2A:

§ peluquería (trabajo: exposición a productos), bebida muy caliente, trabajo a turnos, esteroides anabólicos, acrilamida (frituras “doradas”), carne roja

- algunos compuestos en el Grupo 1

§ consumo de carne procesada (jamón), bebidas alcohólicas, tabaco (respirar humo de fumadores), radiación UV incluido solariums, consumo de opio, contaminación atmosférica externa, trabajar como pintor, tabaco y humo de 2ª mano, tabaco sin humo (mascar)

# Polémica en torno al Glifosato

## ¿ peligro y riesgo

- peligro: efecto negativo que un compuesto concreto (o mezcla de compuestos), o una acción, tiene en el organismo humano
  - § el humo del tabaco: fumar es nocivo para la salud
  - § conducir a 200 km/h
- riesgo: la probabilidad de que ese compuesto(s), o acción, cause un daño al organismo
  - § depende de la exposición al peligro
  - § riesgo = peligro x exposición
    - niveles de exposición
    - duración de la exposición



## ¿ IARC determina el peligro

- no habla de riesgo

# Polémica en torno al Glifosato

## ¿ organismos e instituciones que no lo consideran cancerígeno

- EFSA (autoridad europea de seguridad alimentaria) – 2015 y 2023
- FAO-OMS no riesgo a partir de la dieta, 2016
- ECHA (agencia europea de productos químicos) – 2022
- EPA (agencia de protección medioambiental USA) – 2017
- Inst. Federal Alemán Determinación de Riesgo (BfR) - relator Parlamento Eur
- NIH (Institutos Nacionales de Salud USA) - 2018
  - § no se aprecia ninguna asociación entre el glifosato y ningún tumor sólido ni linfoides incluyendo el linfoma no-de-Hodgkin ni ninguno de sus subtipos
- *Agricultural Health Study* (estudio de agricultores: >44.900)
  - § no asociación con tumores sólidos ni linfomas

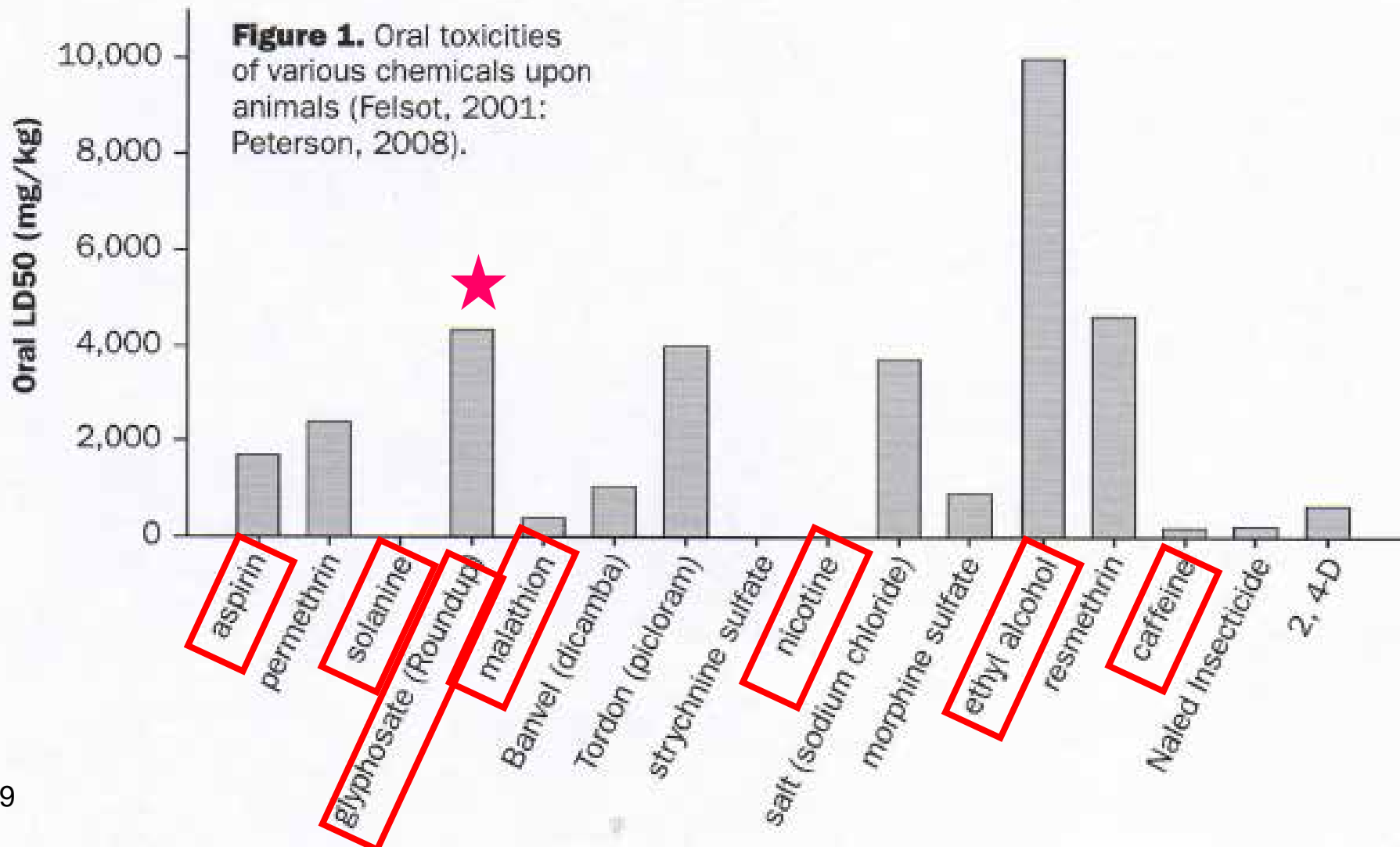
\*\* Infografía: [https://geneticliteracyproject.org/wp-content/uploads/2022/06/glyphosatedangersinfographic\\_Genetic\\_Literacy\\_Project\\_June2022.pdf](https://geneticliteracyproject.org/wp-content/uploads/2022/06/glyphosatedangersinfographic_Genetic_Literacy_Project_June2022.pdf)

## ¿ autorizado en la UE hasta diciembre de 2033

[https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/statement\\_23\\_5792](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/statement_23_5792)

# LD50 de varios compuestos: toxicidad aguda

LD50 (dosis letal 50): cantidad que ingerida (toxicidad oral) de golpe causa la mortalidad del 50% de los animales de investigación



# Polémica en torno al glifosato – Conflictos de Intereses

## estudios y contra-estudios

- profesionales expertos/as en ambos “campos”

## acusaciones de serios conflictos de interés

- profesional de la IARC al frente de la comisión que estudió el glifosato
  - § no declara que es miembro de una ONG ecologista anti-herbicidas y anti-glifosato.
    - en un juicio contra Monsanto declara que en la misma semana de la publicación de la opinión de la IARC firma contrato con 2 bufetes de abogados que preparaban pleitos contra Monsanto por glifosato
    - admite en el juicio que antes NUNCA había trabajado con glifosato
- ONGs y otros grupos activistas acusan a la industria de tergiversar datos

## juicios con jurado popular en EEUU: apelan a la emotividad

- jurado: nadie con formación científica mínima
- tribunales NO son instituciones científicas

# Cultivos tolerantes a herbicidas

## ¿ facilitan la agricultura de conservación

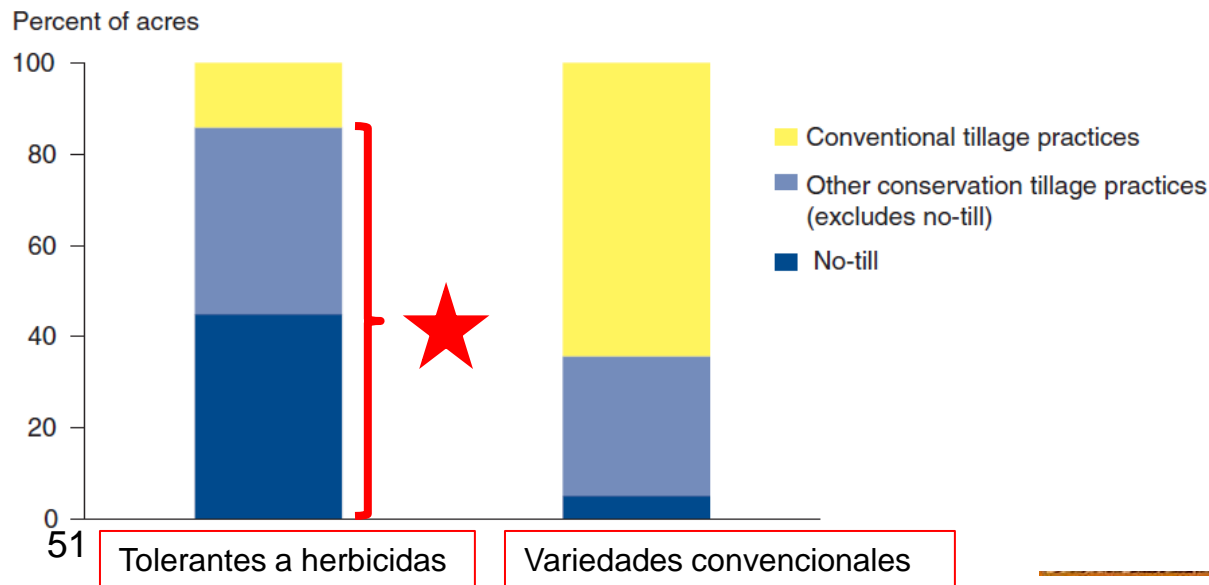
- sin laboreo o con laboreo reducido
- ä aplicaciones herbicidas: menos gasoil, menos emisiones de CO<sub>2</sub>:
  - § ä 497 millones kg compuesto activo pesticidas (1996-2012)
  - § ä emisiones de gases de efecto invernadero

<https://www.fao.org/conservation-agriculture/overview/what-is-conservation-agriculture/es/> ;

Can zero-tillage reduce greenhouse gas emissions? 2014: <https://www.nature.com/articles/srep04586>

Fernandez-Cornejo et al, *AgBioForum* 15, 231, 2012, <https://agbioforum.org/conservation-tillage-herbicide-use-and-genetically-engineered-crops-in-the-united-states-the-case-of-soybeans/> ; Sutherland et al, 2021.

Sustainability: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/21/11679>



# Situación en la Unión Europea

## ¿ ambigüedad frente a las biotecnologías

- se pueden importar los cultivos transgénicos pero NO cultivar
- indecisión sobre los cultivos modificados por edición génica.
- negociaciones con los grupos ecologistas y partidos verdes
  - § Gobierno de Sarkozy pacta con los ecologistas en 2013
    - prohibición de los cultivos transgénicos a cambio de no atacar a la industria nuclear: <https://www.lesechos.fr/2013/06/francois-fillon-met-le-progres-en-tete-de-son-projet-presidentiel-340951>

## ¿ conclusión de la Comisión Europea:

∪ “La principal conclusión que se puede sacar de más de 130 proyectos de investigación realizados durante más de 25 años por más de 500 grupos independientes es que **la biotecnología, y en particular los OGM no son, en sí, más peligrosos que las tecnologías convencionales de mejora genética**” (publicación de 2010)

<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d1be9ff9-f3fa-4f3c-86a5-beb0882e0e65>

# Situación en Europa

## 🌀 Pacto verde europeo 2019-2024

- objetivo: para 2050, economía neutra en emisiones de CO2
  - § para 2030: reducción de emisiones netas del 55%
  - § intención de extenderlo a otros países como modelo

[https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_es;](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es)

<https://www.consilium.europa.eu/es/policies/green-deal/>

## 🌀 estrategia "de la granja a la mesa" (*Farm2Fork*)

- convertir 25% de la superficie agrícola en agricultura ecológica }  $\hat{=}$  20%
- utilizando 50% menos plaguicidas, 20% menos fertilizantes } productividad
- $\hat{=}$  50% desperdicio alimentario } actual
  
- ag ecológica: 30-35%  $\hat{=}$  productividad que convencional

<https://daleph.com/noticias/la-comision-europea-presenta-la-estrategia-de-la-granja-a-la-mesa-farm-to-fork-strategy/> ; <https://fundacion-antama.org/las-nuevas-tecnicas-de-edicion-genetica-en-el-pacto-verde-europeo/>

# Actitud Europea y Países en Desarrollo

## ↪ efecto negativo en la seguridad alimentaria en países en desarrollo

– ä fondos para la mejora de la agricultura, sobre todo en África desde el comienzo del siglo 21

§ no ayudas para mejoras biotecnológicas

- “*agricultura familiar agro-ecológica*” - agroecología
  - trabajo intenso: sobre todo mujeres y niñas

§ no se aceptan las semillas transgénicas para **no poner en entredicho las exportaciones a Europa** (la mayoría de productos ecológicos)

R. Paarlberg, *Starved for Science – How Biotechnology is being kept out of Africa*, Harvard Univ. Press, 2008, <https://www.hup.harvard.edu/catalog.php?isbn=9780674033474>;

2017: <https://geneticliteracyproject.org/2017/02/23/european-based-ngos-block-crop-biotechnology-adoption-africa/>

§ Û nuevo colonialismo <https://www.libertaddigital.com/ciencia-tecnologia/ciencia/2013-12-13/alexander-grobman-la-agricultura-organica-esta-creando-un-nuevo-colonialismo-1276506392/>

★ África ve la “agenda verde” que Europa quiere imponerles como un serio obstáculo para el crecimiento basado en la industrialización

2024, *The paradoxes of the EU's Africa policy* - <https://www.gisreportsonline.com/r/eu-africa-strategy/>

# Actitud Europea y Países en Desarrollo

## • • fondos para mejorar la agricultura en África

– rechazo a la ayuda humanitaria: hambruna en Zambia en 2002-2003

§ advertencia de Greenpeace: Europa no aceptaría sus exportaciones de productos ecológicos si aceptaban maíz transgénico.

Paarlberg R, 2022, *The trans-Atlantic conflict over "green" farming* – Food Policy, <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2022.102229>

R. Paarlberg. *Consequences of the anti-GMO campaigns*. Scripta Varia 125, 2014 <https://www.pas.va/content/dam/casinapioiv/pas/pdf-volumi/scripta-varia/sv125/sv125-paarlberg.pdf>

– retraso en el desarrollo de países pobres

§ ONGs europeas: oposición a las semillas biotecnológicas

Val Giddings et al. *Suppressing Growth: how GMO opposition hurts developing nations*. 2016.

<https://itif.org/publications/2016/02/08/suppressing-growth-how-gmo-opposition-hurts-developing-nations/> ;

2022 *A new colonial threat: the harmful impact of European GMO policy on African food security* - <https://aglawjournal.wp.drake.edu/wp-content/uploads/sites/66/2023/03/Martin-Final-Macro.pdf>

– bloqueo a la biotecnología agrícola en África

<https://geneticliteracyproject.org/2024/08/29/viewpoint-science-colonialism-europe-and-the-united-nations-are-blocking-crop-biotechnology-poised-to-address-global-hunger/>

# Actitud Europea y Países en Desarrollo

## ¿ Parlamento Europeo 2016 – Informe Heubuch

- prohibición a los miembros del G8 de financiar investigaciones relacionadas con cultivos transgénicos en África: n° 72
  - § 577 votos a favor de la propuesta, 24 en contra
- fondos para el desarrollo condicionados a no utilización de cultivos biotecnológicos [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2016-0169\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2016-0169_EN.pdf);

Val Giddings et al. Suppressing Growth: how GMO opposition hurts developing nations. 2016. <https://itif.org/publications/2016/02/08/suppressing-growth-how-gmo-opposition-hurts-developing-nations>

## ¿ proyectos europeos de ayuda al desarrollo?

- obligan a utilizar ag ecológica y variedades locales de  $\hat{e}$  productividad
  - § Investigadores europeos utilizan biotecnología

Mulet, *Ecologismo real – todo lo que la ciencia dice que puedes hacer para conservar el planeta y los ecologistas no te dirán nunca*. Destino, 2021, pgs 341-349

- moderar la inmigración mediante el desarrollo económico?

2024, *The paradoxes of the EU's Africa policy* - <https://www.gisreportsonline.com/r/eu-africa-strategy>

# Política Verde Europea – Situaciones Conflictivas

## ¿ consecuencias de la estrategia europea

- necesidad de importar más alimentos de otros países
  - § externalizar aspectos medioambientales negativos de su producción a otros países
    - países con normativas de pesticidas, etc menos restrictivas que las de la UE
    - deforestaciones en otros países: cultivar para Europa
- no al cultivo de transgénicos en la UE, ¿pero sí a su importación?
  - § apoyado por ONGs urbanitas

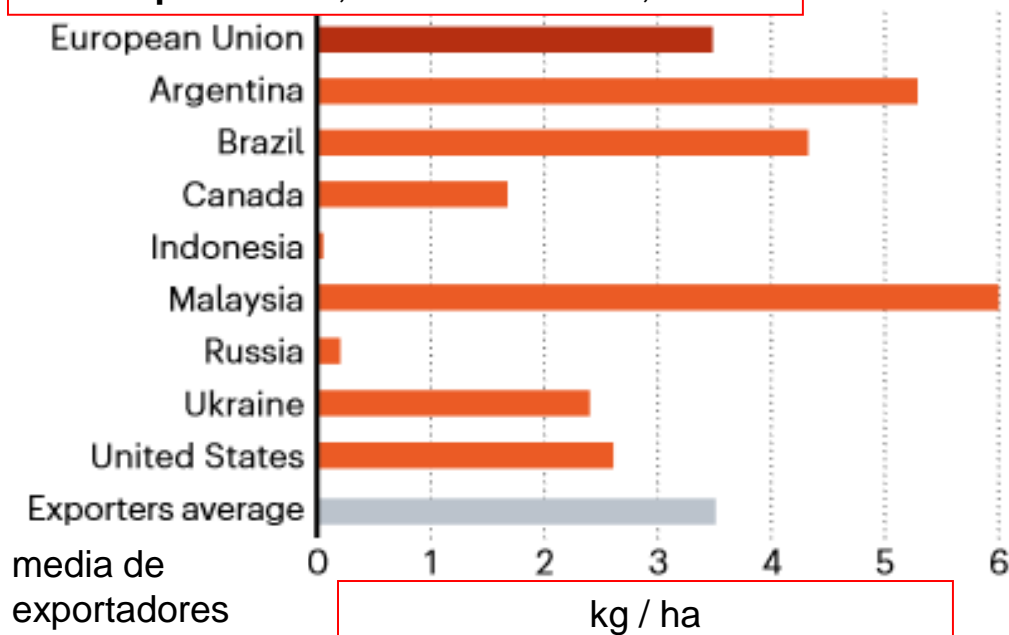
2021: <https://theconversation.com/el-dano-colateral-de-los-pactos-verdes-el-colonialismo-ambiental-161764> ; 2021: <https://ethic.es/2021/07/los-desafios-invisibles-de-una-agricultura-verde-en-europa>

# Política Verde Europea

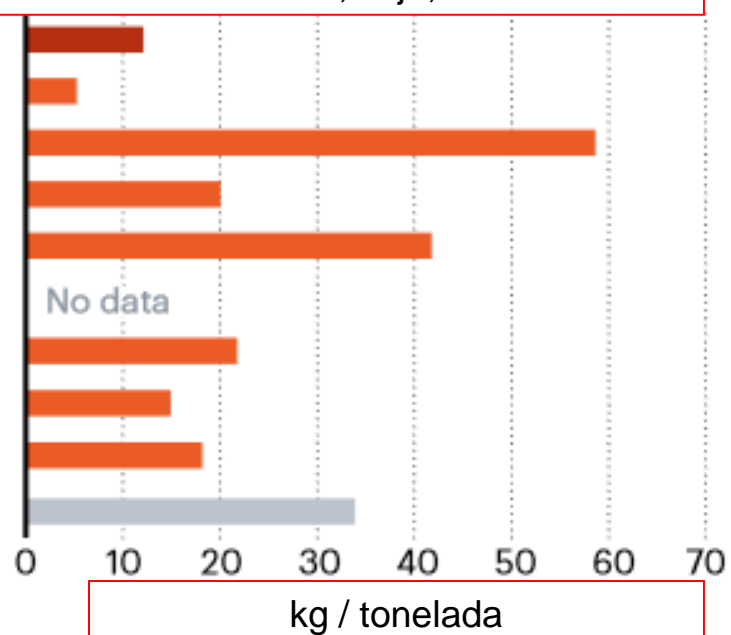
## Intercambios

En comparación con la UE, el uso de pesticidas y herbicidas son mayores en varios países de los que la UE importa cultivos oleaginosos y soja

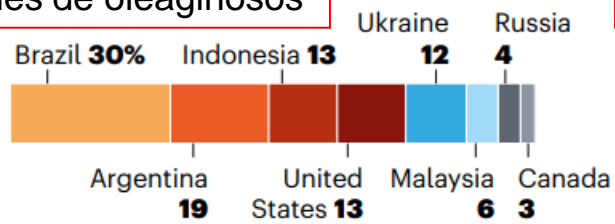
Uso de **pesticidas**, todos los cultivos, 2014



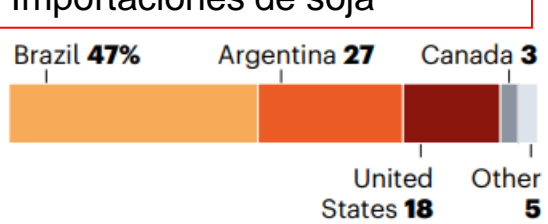
Uso de **fertilizantes**, soja, 2014



Importaciones de oleaginosos



Importaciones de soja



# Política Verde Europea

é Superficie convertida en Bosques en la UE 1990-2014



ê Masa forestal en otros lugares relacionadas con importaciones en la UE

La negativa europea a autorizar en Europa el cultivo de plantas mejoradas mediante las tecnologías de modificación génica (transgénesis y edición génica) mientras permite su importación es, en parte, responsable de la deforestación y problemas debidos a la expansión de los latifundios en América Latina.

<https://www.foodnavigator.com/Article/2019/04/12/Study-links-EU-diet-to-deforestation-footprint-in-the-tropics>

Estas deforestaciones se verán incrementadas al aumentar las importaciones de alimentos debido a la conversión del 25% de las tierras agrícolas en agricultura ecológica.

2020, Fuchs R y cols., *Europe's Green Deal offshores environmental damage to other nations* –

Nature - <https://www.nature.com/articles/d41586-020-02991-1>

**Eskerrik asko zuen  
arretagatik!**

**hitz egingo dugu?**

**Muchas gracias por su  
atención**

**¿dialogamos?**