

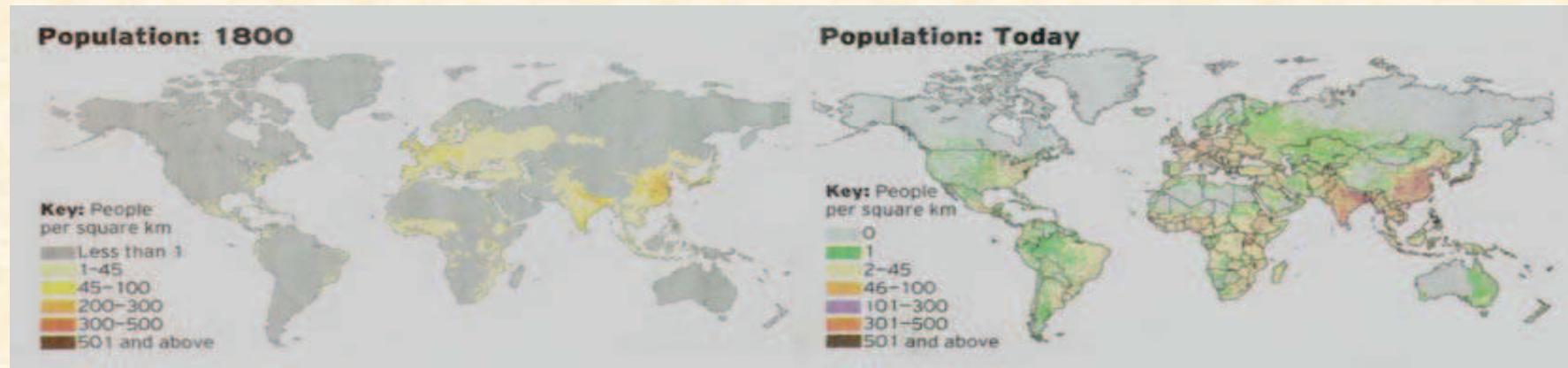
# **AGRICULTURA CONTEMPORÁNEA y BIOTECNOLOGÍA**

*Hacia una intensificación sostenible*



*Pilar Carbonero Zalduegui  
Centro de Biotecnología y Genómica de Plantas  
ETS Ingenieros Agrónomos (UPM)- Madrid  
II Jornadas Sostenibilidad Campus Álava  
Vitoria 24 Febrero 2011*

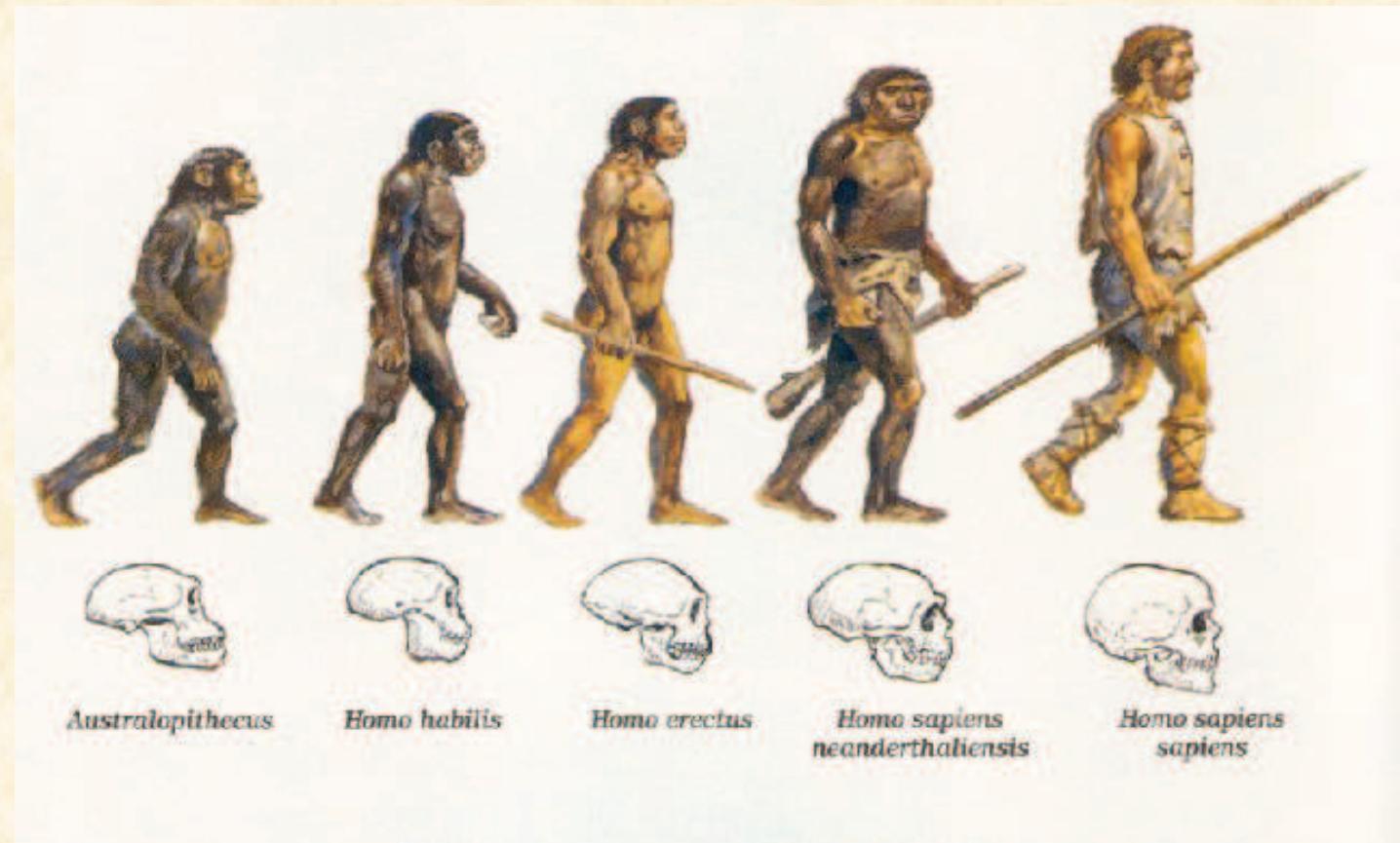
# AGRICULTURA Y POBLACIÓN



- ✓ *La población del planeta aumenta día a día; en el año 1880 poblaban la tierra 880 millones de personas, hoy somos 6500 millones y en 2050 se esperan más de 9000 millones.*
- ✓ *La mitad de la superficie del planeta está ocupada por ciudades o terrenos agrícolas.*
- ✓ *Durante los próximos 30 años se perderá la décima parte de terreno agrícola por erosión, salinidad y cambio climático.*
- ✓ *Habrá que aumentar la producción de alimentos entre 70-100 % para el 2050 sin aumentar la superficie agrícola.*



# LA ALIMENTACIÓN DE LOS HOMÍNIDOS



- ✓ 2.000.000 años
- ✓ África
- ✓ Carne en la dieta

- ✓ 100.000 años
- ✓ Eurasia
- ✓ El fuego en la cocina

- ✓ 12.000 años
- ✓ Diez localizaciones
- ✓ Nace la agricultura

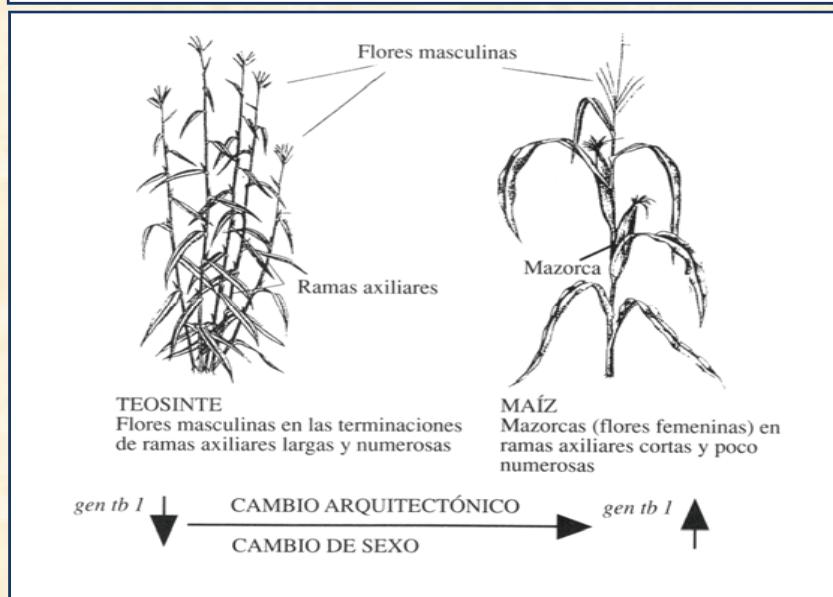
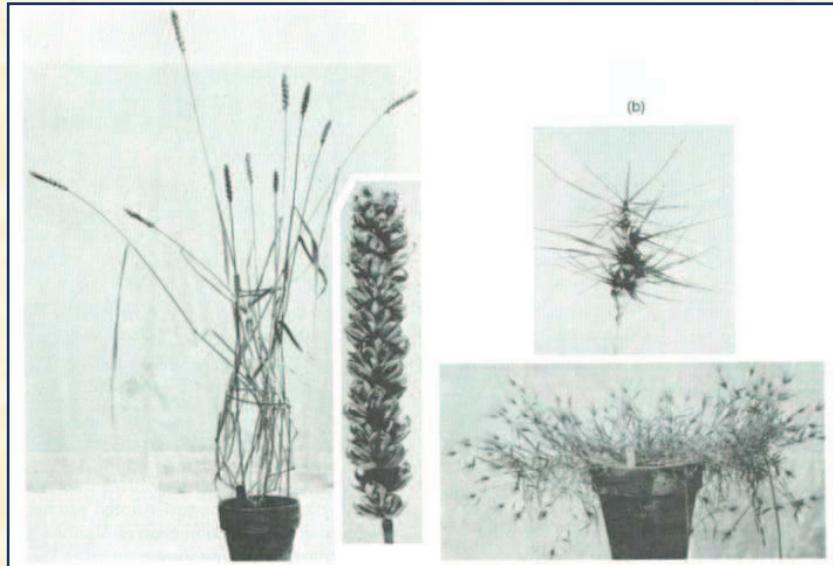


# LA (R)EVOLUCIÓN NEOLÍTICA DE LAS PLANTAS CULTIVADAS

- La domesticación fue uno de los grandes actos creativos de la humanidad.
- Las domesticaciones fueron inventos independientes y fundamento de las grandes culturas.
- Las técnicas moleculares modernas revelan los sitios de domesticación y las alteraciones genómicas



# LA AGRICULTURA EMPEZO HACE ~10.000 AÑOS



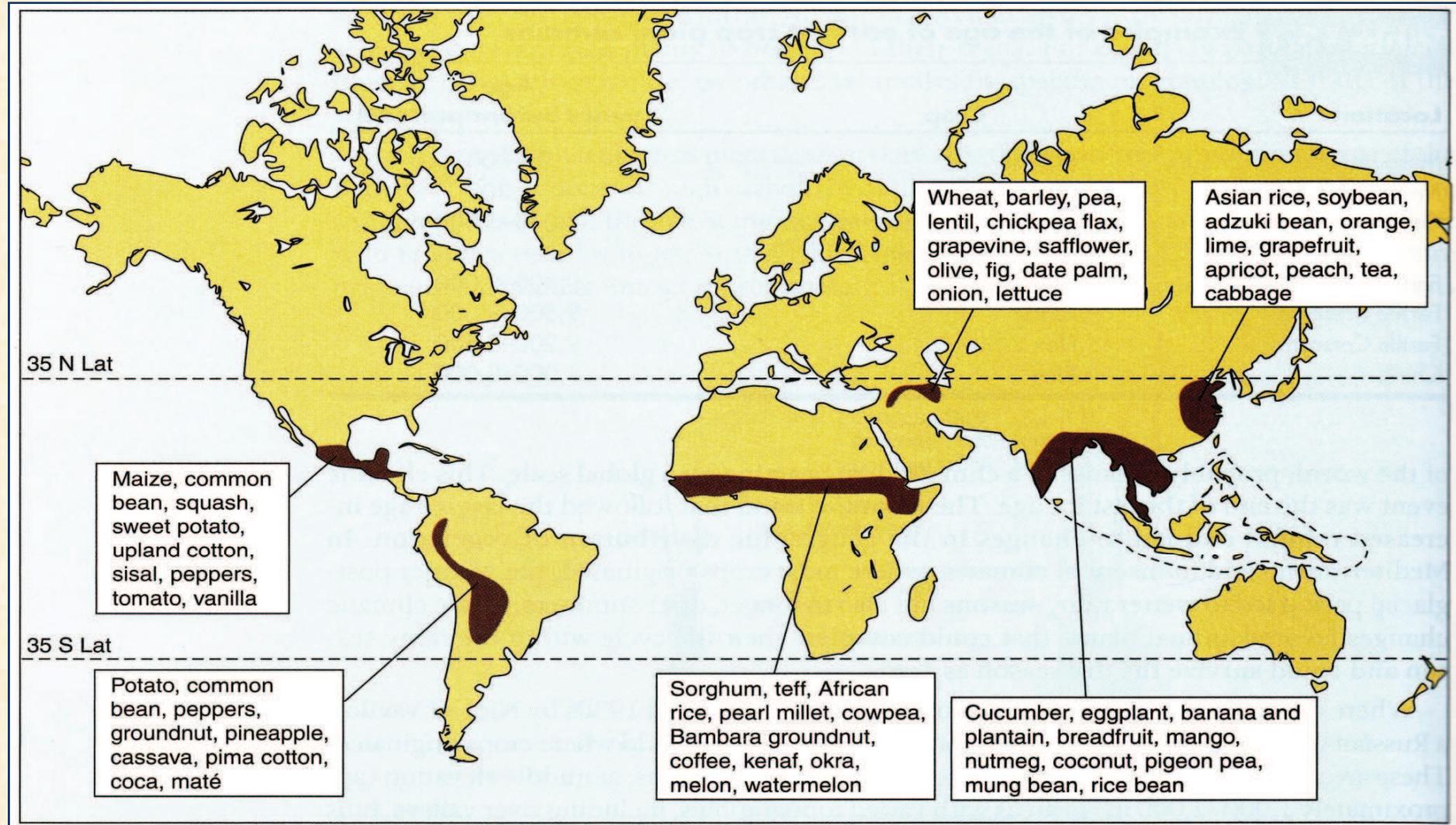
*La domesticación de las plantas es una evolución acelerada e implica pocos genes*

*Selección "contra natura" de:*

- \* *Raquis tenaz*
- \* *Germinación uniforme*
- \* *Porte erecto*
- \* *Frutos, semillas y tubérculos grandes y sin tóxicos*



# DISPERSIÓN DESDE CENTROS DE DOMESTICACIÓN



Migraciones démicas en la antiguedad  
grandes viajes desde 1492



# La agricultura - a través de la manipulación genética permitió la evolución social de la humanidad

Existen aproximadamente:

- 250.000 especies vegetales
- 50.000 comestibles
- 5.000 de interés económico
- 250 cultivos alimentarios
- 90 % de las calorías proceden de 15 cultivos
- 60 % del trigo, del arroz y del maíz

**¿Con cuantas plantas interaccionamos en nuestra vida cotidiana?**



La selección genética más intensa se produjo en el origen de la agricultura



# La Mejora Genética como oficio y arte: Desde los orígenes de la Agricultura hasta el siglo XX

AGRICULTURA  
**GENERAL:**  
QUE TRATA DE LA  
LABRANZA DEL CAMPO, Y SUS  
PARTICULARIDADES,  
CRIANZA  
DE ANIMALES, PROPIEDADES DE LAS  
plantas que en ella se contienen, y virtudes  
próuechonas à la salud  
humana.

COMPIESTA POR ALONSO DE HERRERA, Y LOS  
demás Autores que hasta now han servido de su materia, cuyos  
números, y tratados van á la huella de su obra.

126.



1645.

CON LICENCIA.

En Madrid, Por Carlos Sanchez.

A cargo de Antonio de Riba, librero de libros, en la calle de Toledo, a la esquina  
de la Concepción Granada. Ten Palacio.



Dizomas Co-  
lumela, que es bueno, que quando el pan se  
le tapia, que entonces se escoge la sieniente de  
lo que cayere mas al fondo del monton, por-  
que lo tal es mejor, por ser mas pesada

Es cuando pruecheso árboles que  
nutren, quando de un grano nacen muchas  
espigas, devuen escogerlas á pie de, y si npiar  
las por si, y sembrar por si, juanda la haz, y  
otro año hizase oco tanto, y despues que  
sea tal cantidad de can bianca sieniente sem-  
brar mas en grueso.

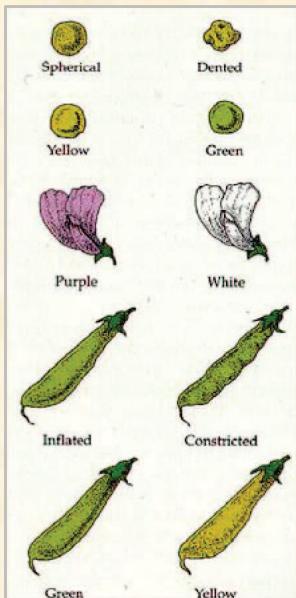
de la mala sieniente nunca sale bien tru-  
co, si no es por sobre de muy buen tiempo.

Selección  
masal

Selección  
genealógica

F = G + A

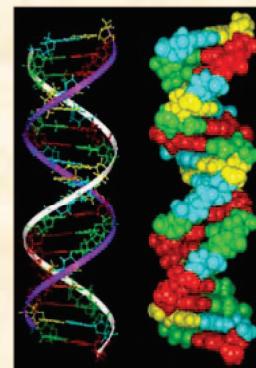
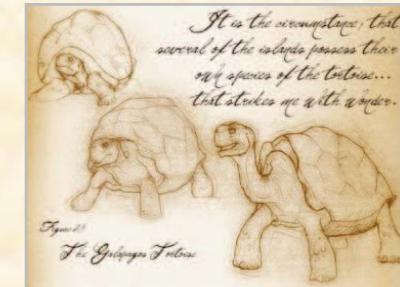
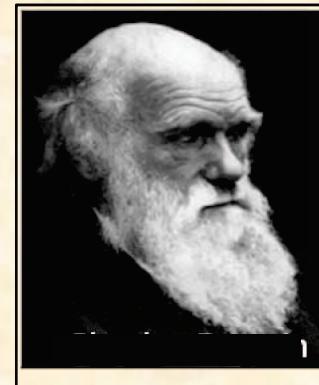
# La Mejora Genética como Ciencia:



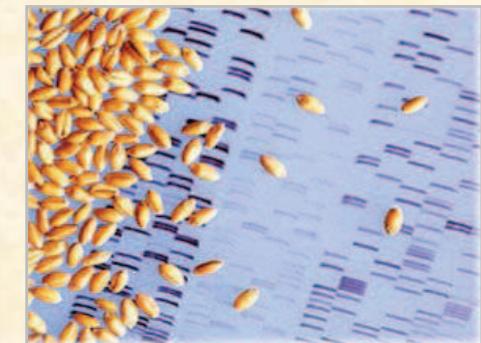
Mendelismo



Darwinismo/ Biometría



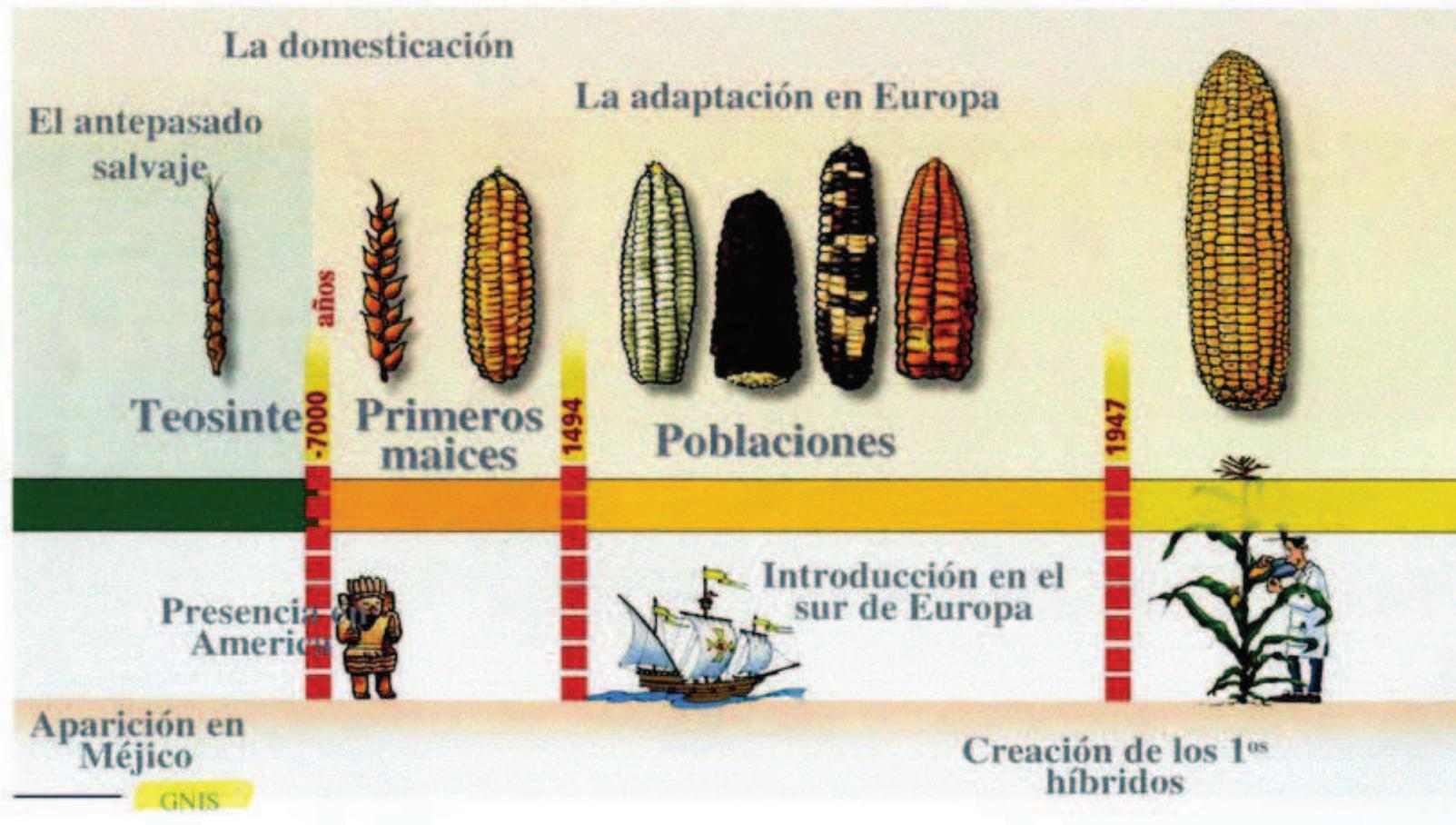
James Watson & Francis Crick



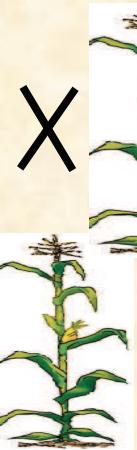
# AUMENTO DEL ÍNDICE DE COSECHA

**La modificación genética es un paso más en la mejora de plantas**  
selección, injertos, hibridación, mutaciones....

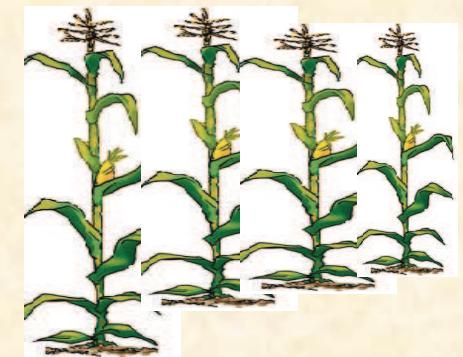
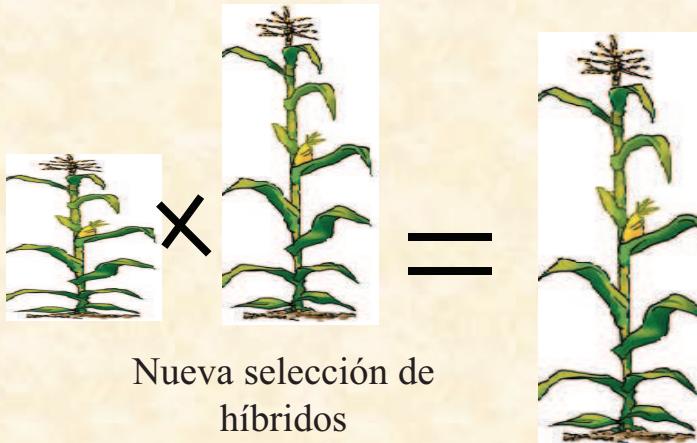
## Ejemplo del maíz



# GENERACIÓN Y SELECCIÓN DE LA VARIACIÓN GENÉTICA



Variabilidad mediante cruces y mutaciones

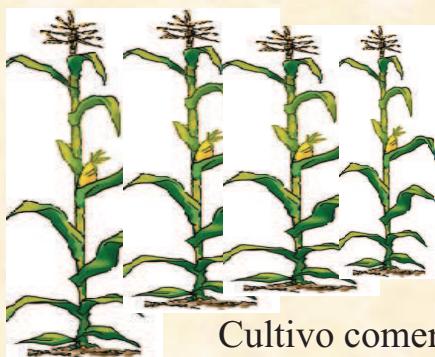


Ensayos y registro de híbridos homogéneos y estables

## MEJORA TRADICIONAL (el polen como vector)



Grano para consumo de humanos y animales

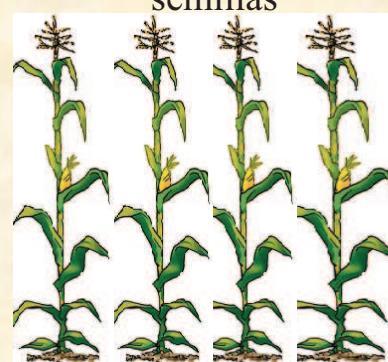


Cultivo comercial

SEMILLAS  
HIBRIDAS  
DE MAÍZ



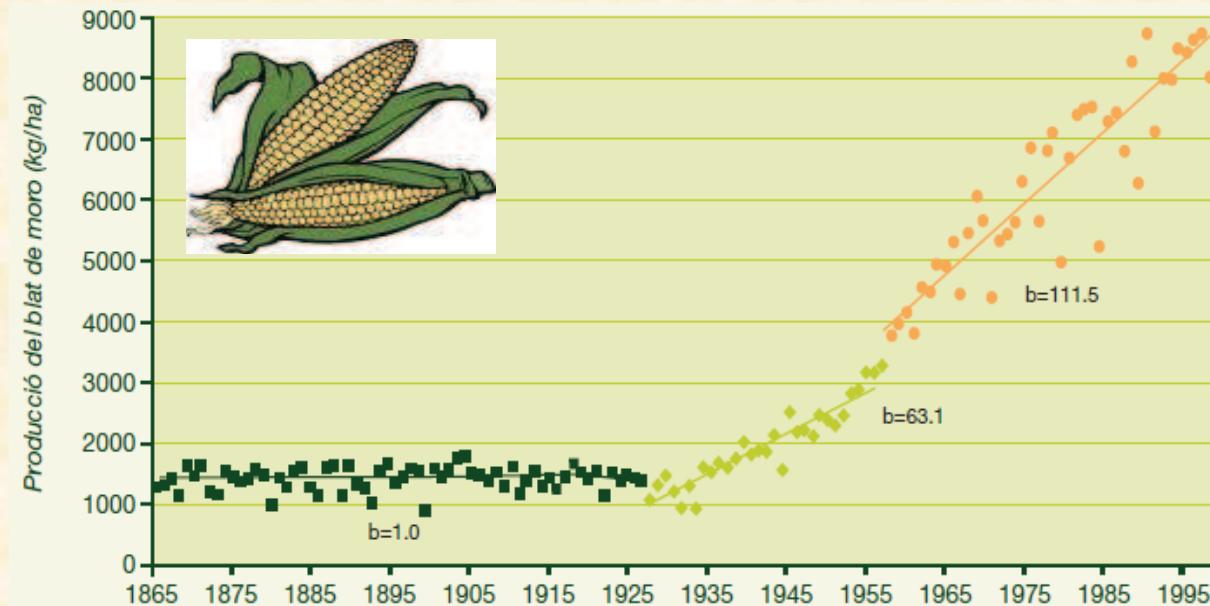
Producción de semillas



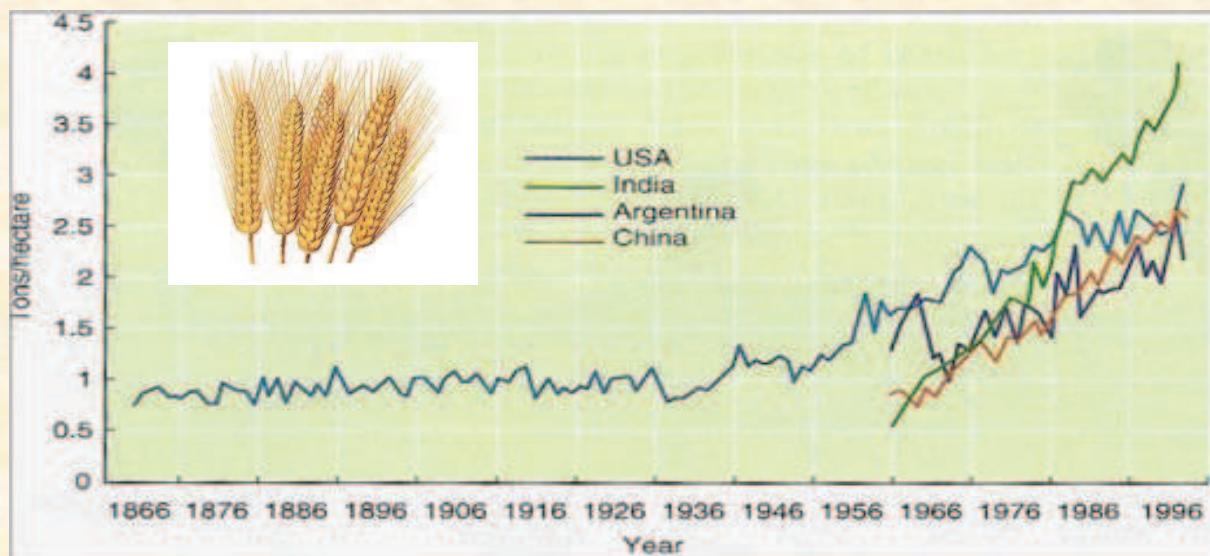
Registro-MAPA



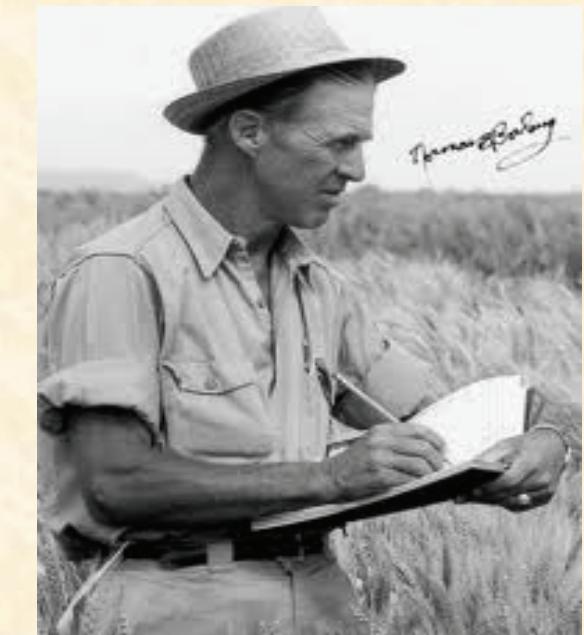
# Rendimientos medios de maíz y trigo



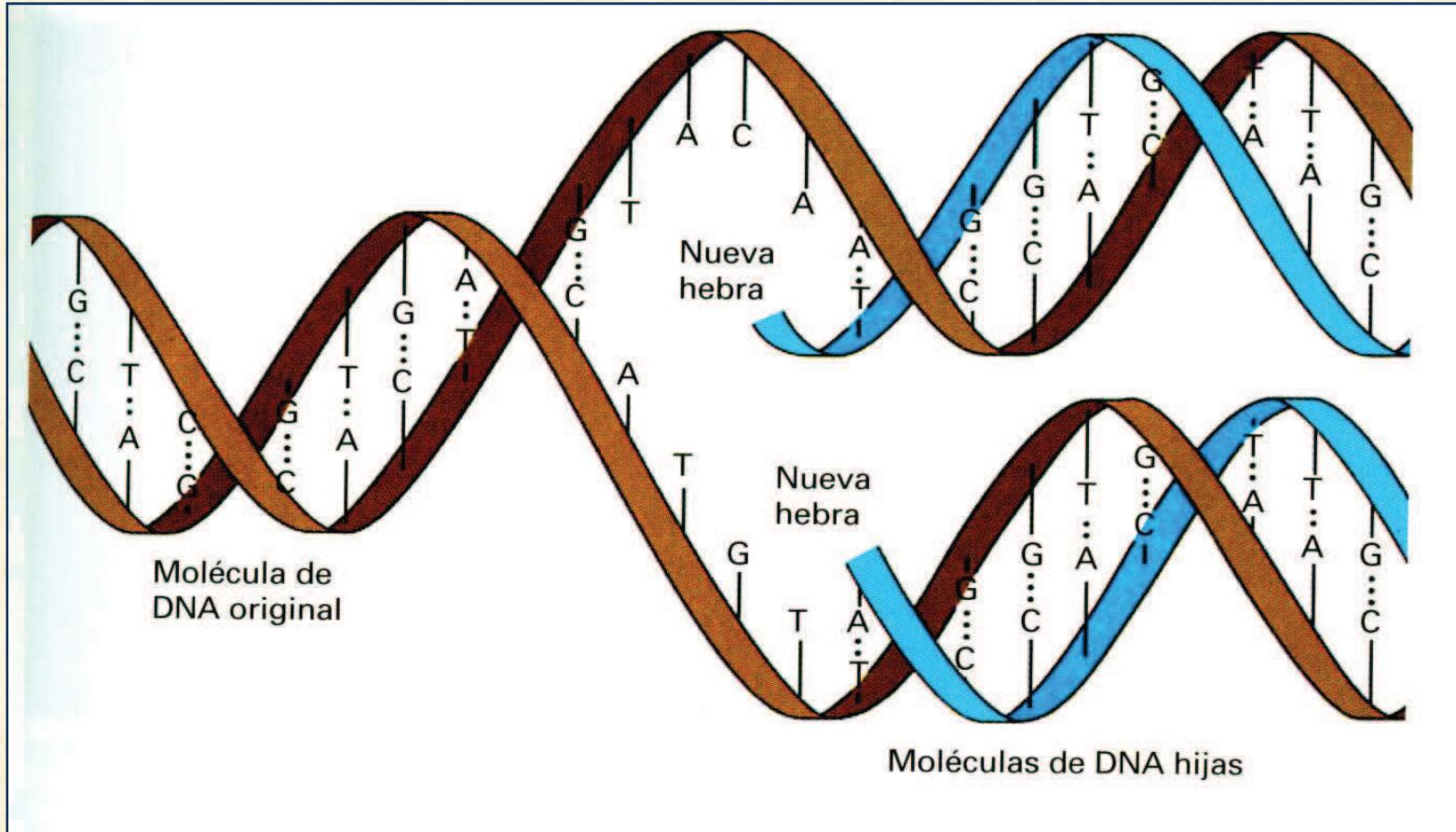
Maíz -EEUU:  
1865-2000



Trigo:  
1866-1996



# *LA ESTRUCTURA EN DOBLE HÉLICE DEL DNA (1953) Y EL INICIO DE LA BIOTECNOLOGÍA (1970-...)*



**El 100 % de la insulina y numerosos fármacos son productos de la Biotecnología**



## Agrobacterium

Agrobacterium  
*tumefaciens*

Plásmido Ti



Cocultivo  
Agrobacterium  
Y tejido vegetal



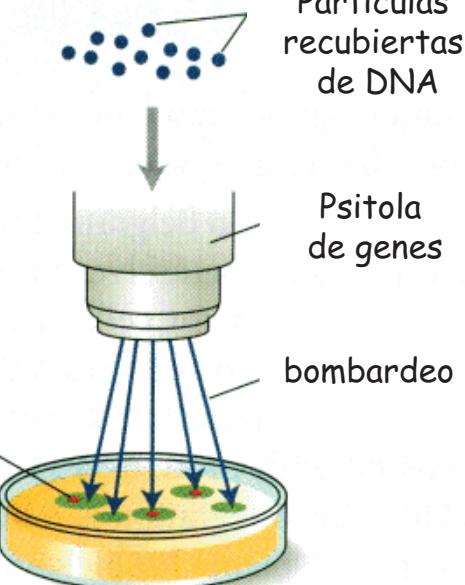
Transferencia  
de DNA

## Pistola de genes

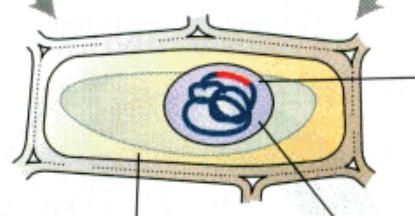
Partículas  
recubiertas  
de DNA

Pistola  
de genes

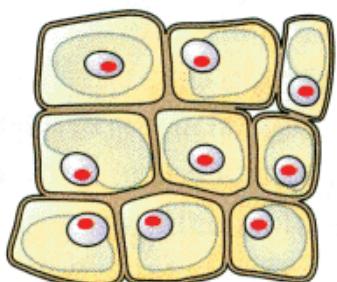
bombardeo



Cromosoma  
bacteriano



Célula vegetal núcleo



Células o tejidos

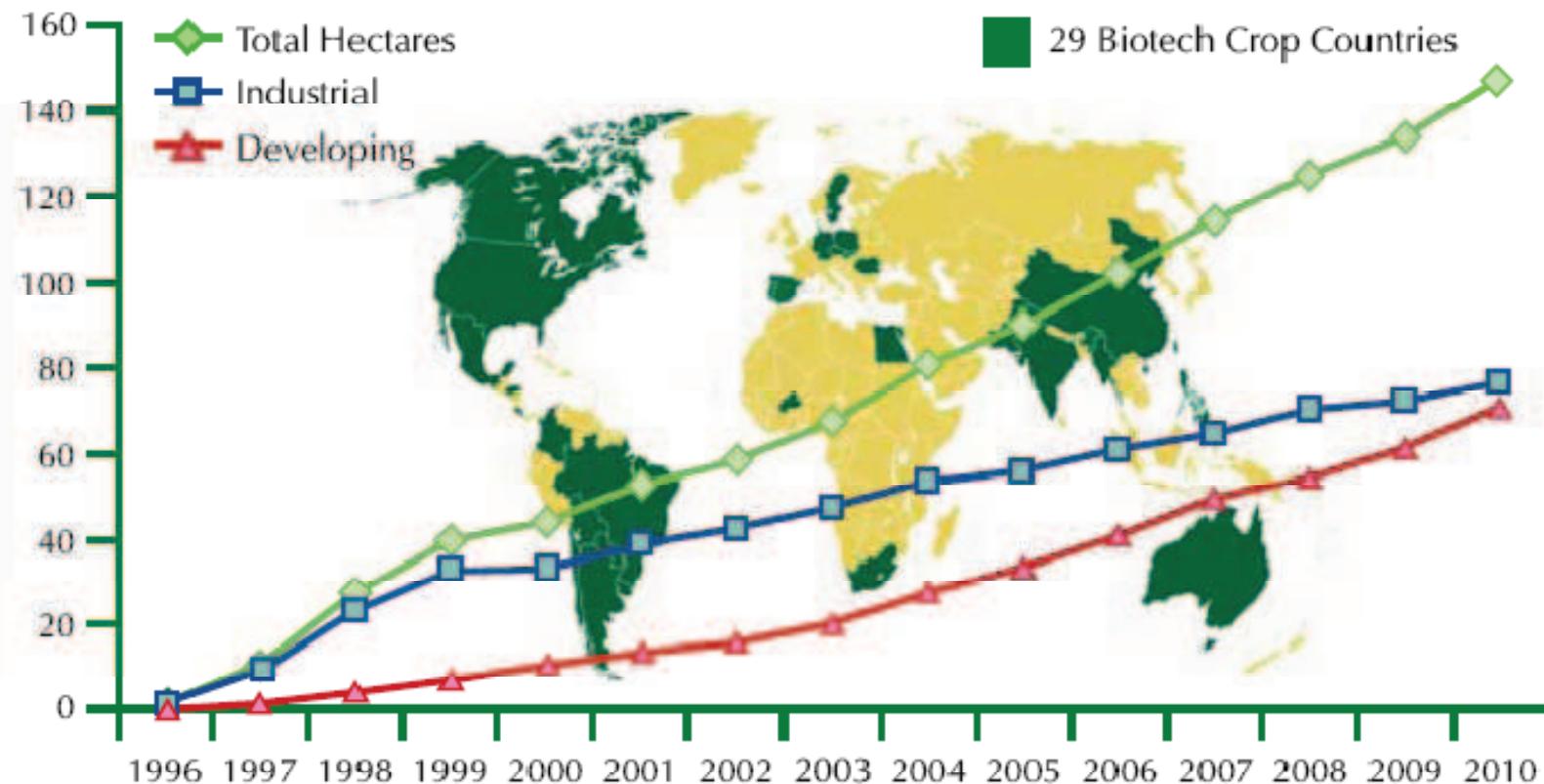
regeneración

Planta regenerada

# BIOTECNOLOGÍA DE PLANTAS (~ 1990)



## GLOBAL AREA OF BIOTECH CROPS Million Hectares (1996-2010)

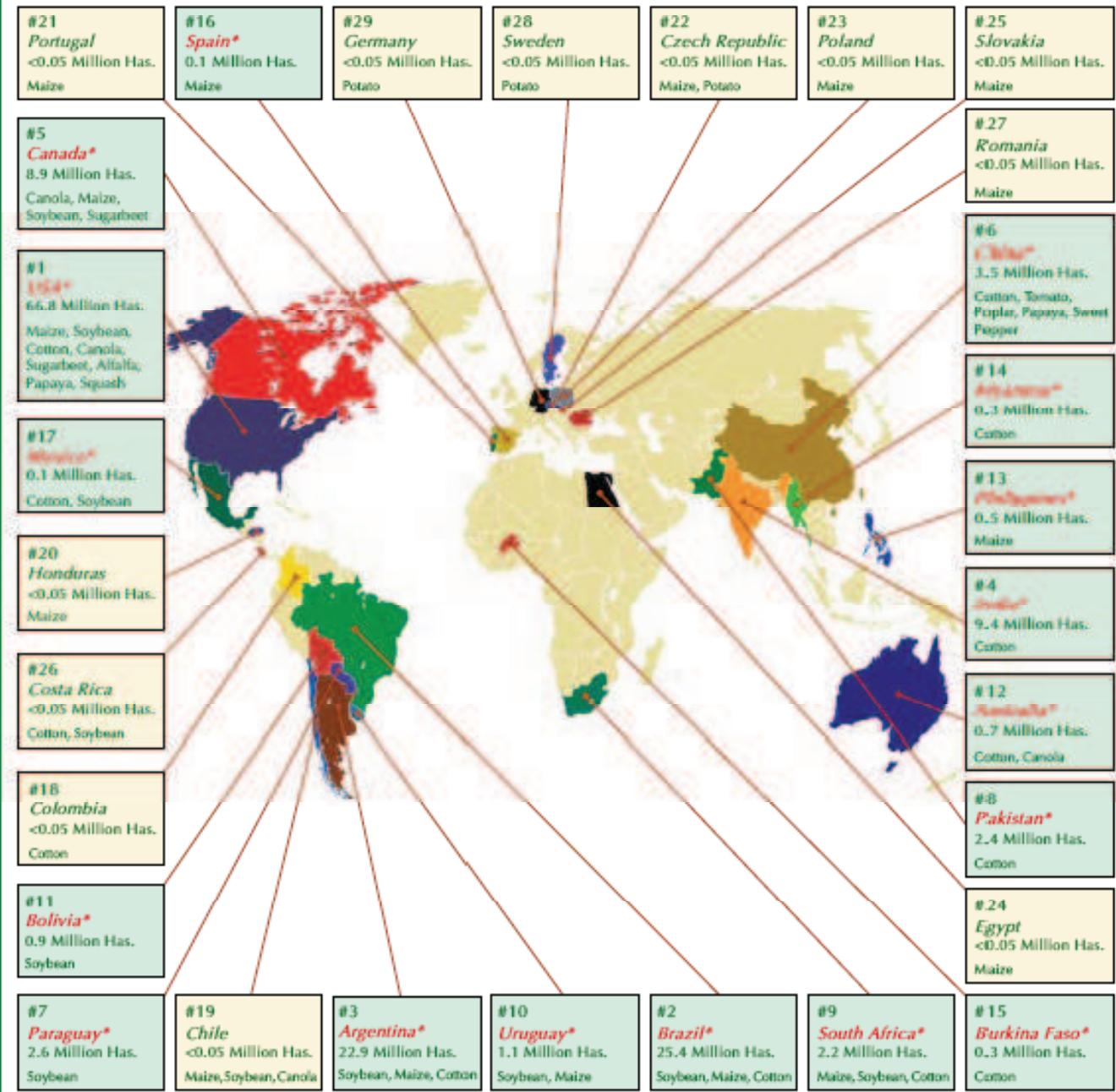


*A record 15.4 million farmers, in 29 countries, planted 148 million hectares (365 million acres) in 2010, a sustained increase of 10% or 14 million hectares (35 million acres) over 2009.*

Source: Clive James, 2010.

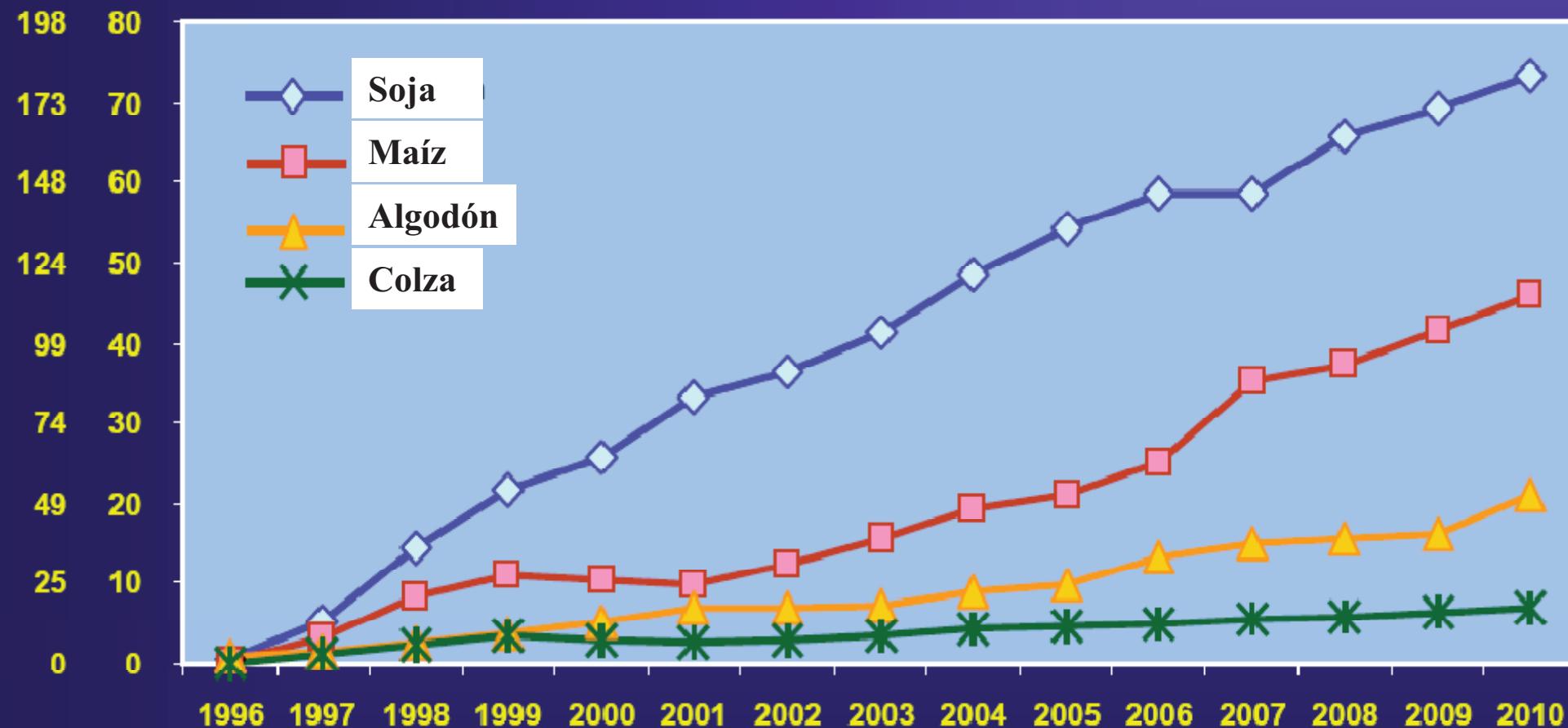


## Países con cultivos biotecnológicos, 2010

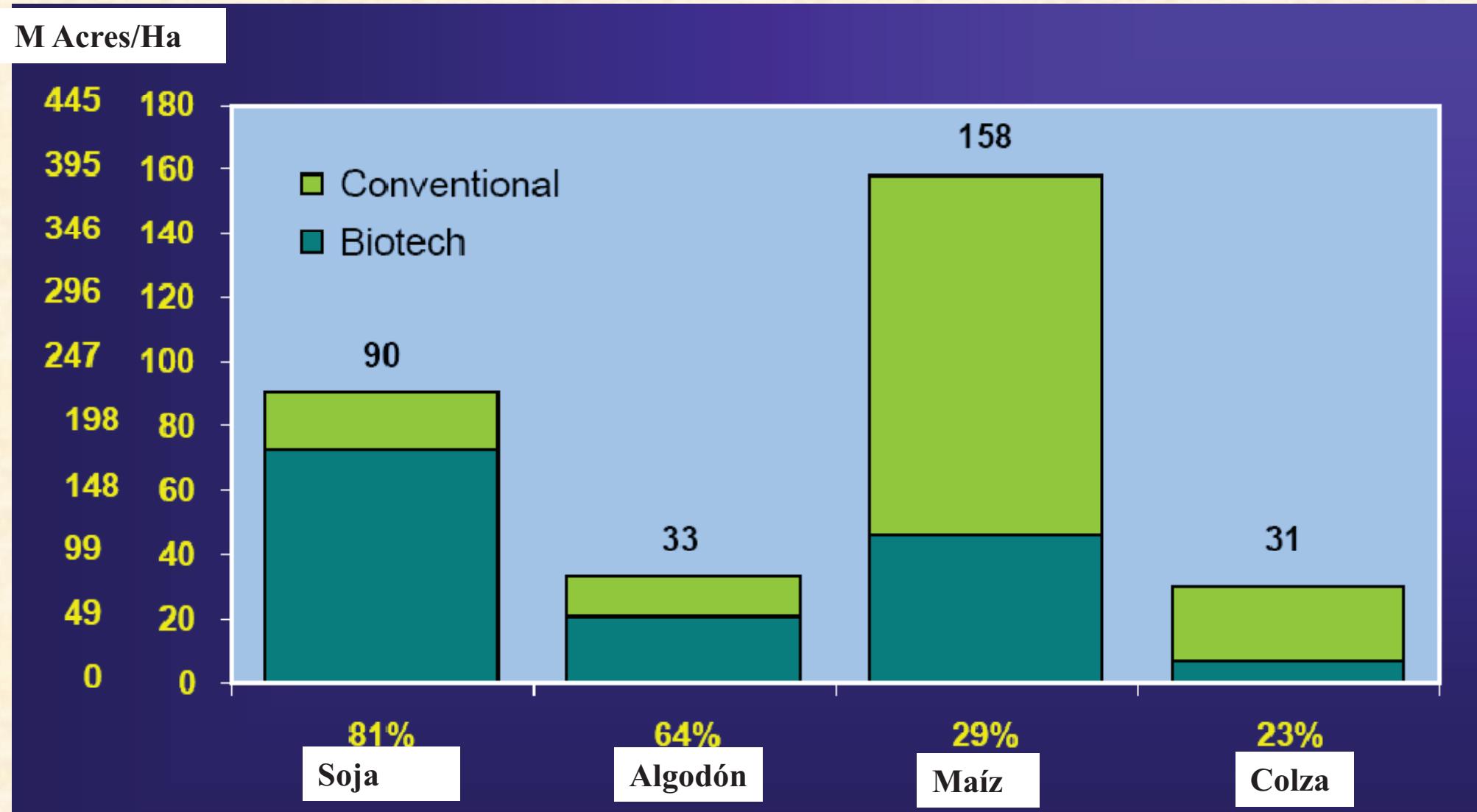


M Acres/Ha

### Area Global de cosechas biotecnológicas, (1996-2010 )

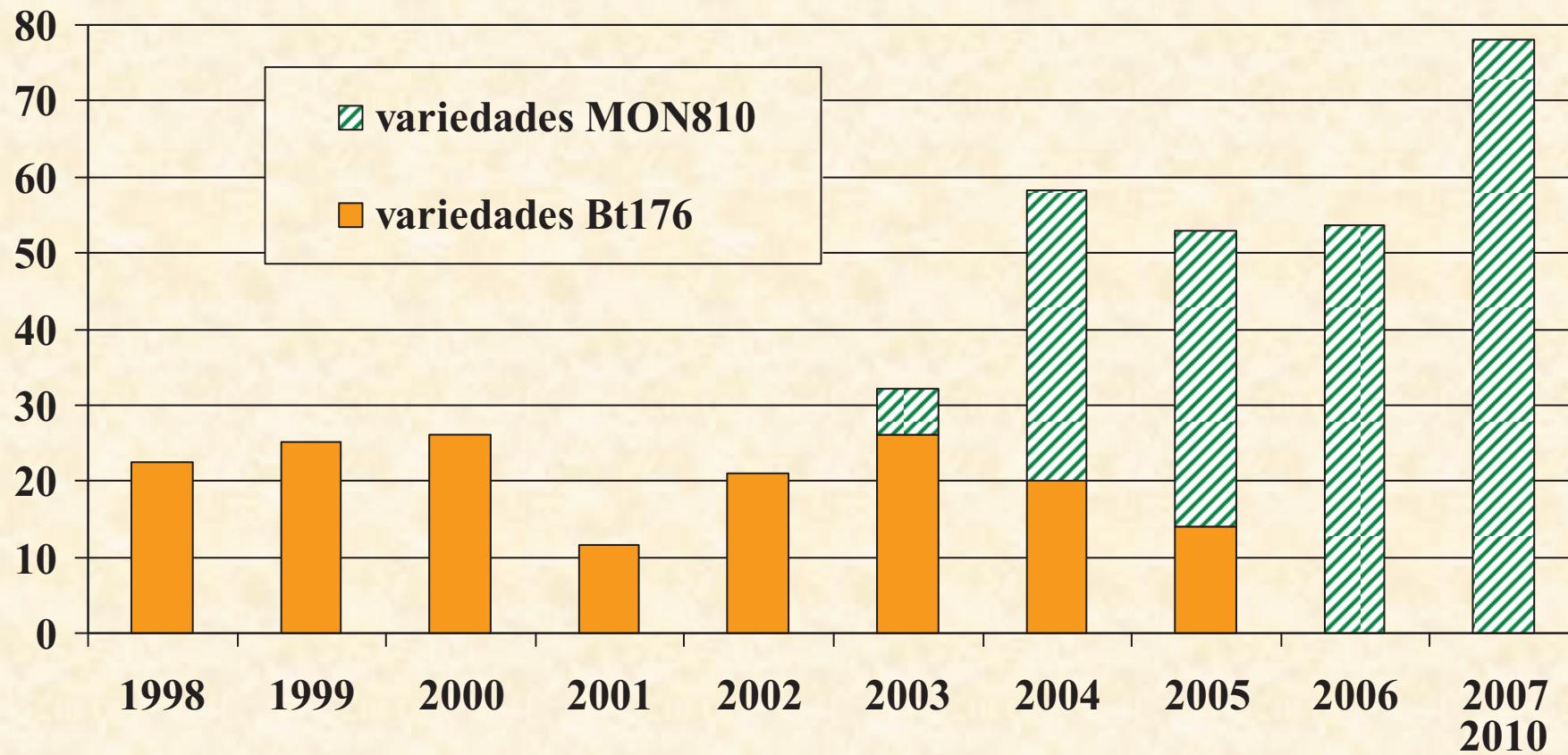


M Acres/Ha



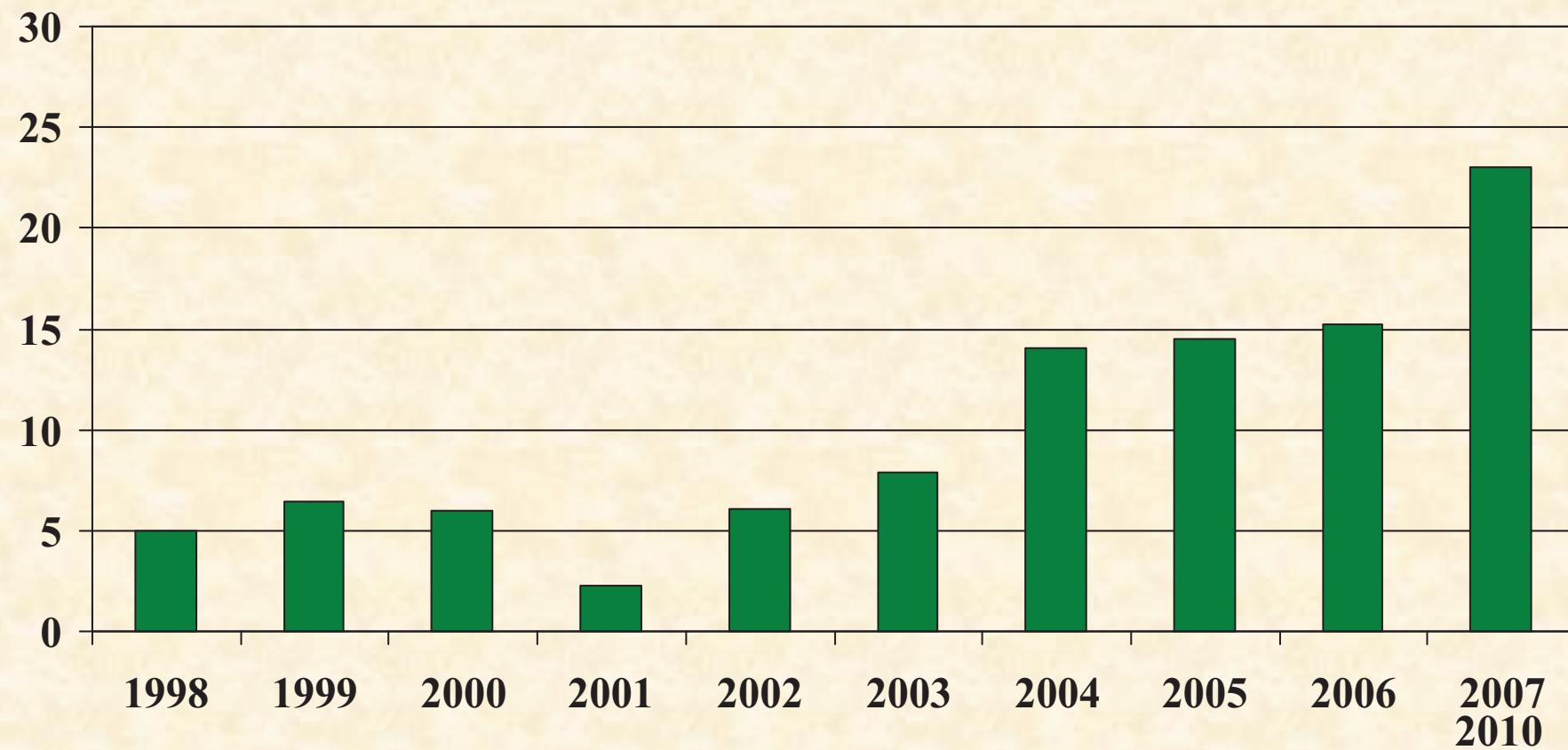
# Estimación de superficies sembradas en España con variedades de maíz-Bt, en miles de hectáreas

(datos del MAPA, 2007)



# Estimación de superficies sembradas en España con variedades de maíz-Bt, en % del maíz sembrado

(datos del MAPA, 2007)



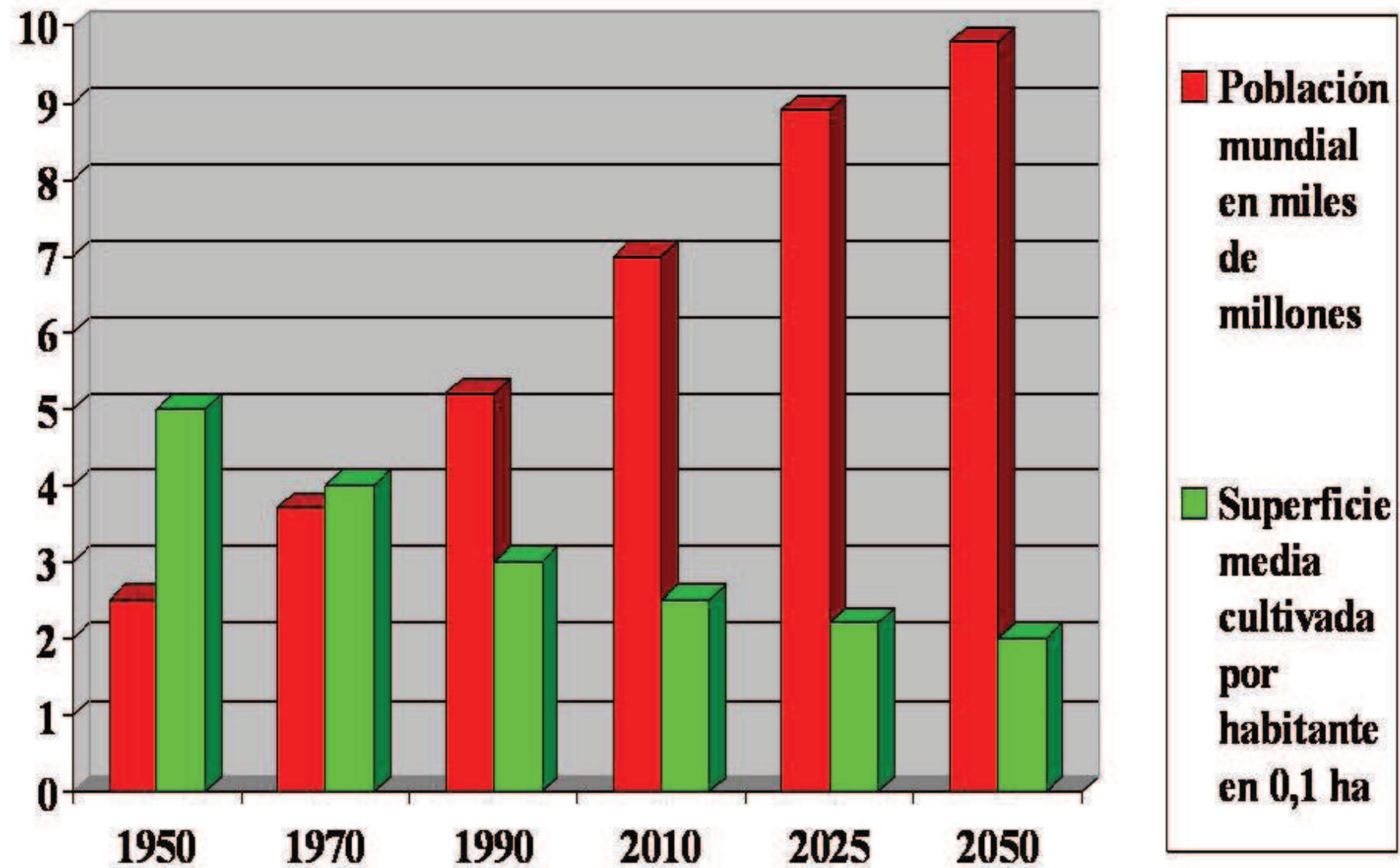
# MIL MILLONES DE HAMBRIENTOS: LA MAYOR LACRA DE LA HUMANIDAD



- ✓ *En lo referente a la alimentación existen desbalances vergonzosos entre los distintos habitantes del planeta*
- ✓ *El derecho a una alimentación mínima no está asegurado para todos; mil millones de personas padecen hambre (2010)*
- ✓ *Para muchos lo funcional es poder comer cada día*

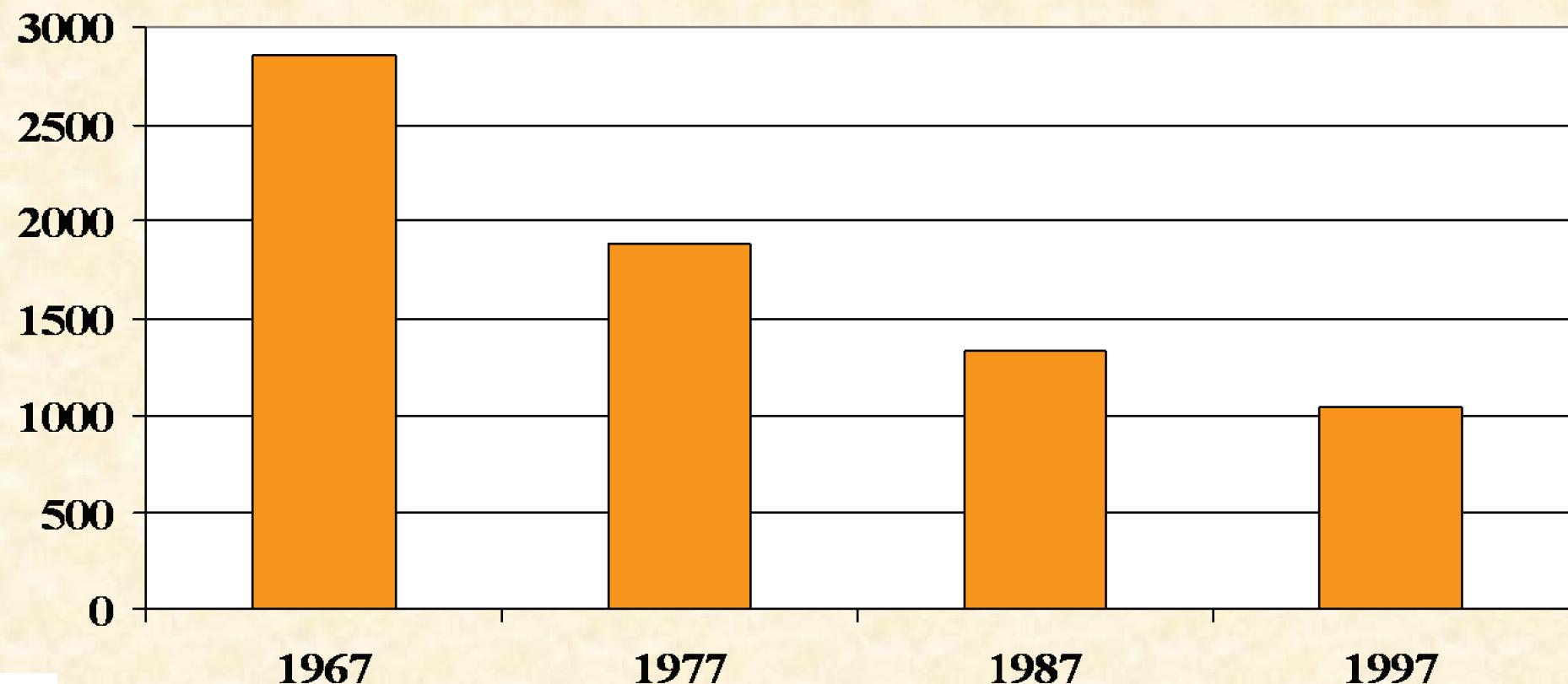


# Es necesario aumentar los rendimientos de arroz, trigo y maíz



# LA EFICIENCIA TÉCNICA FAVORECE AL MEDIOAMBIENTE

Superficie en m<sup>2</sup> necesaria para producir 1Tm de maíz



Datos del M.A.P.A.

# ACIERTOS GLOBALES



**MILLIONS FED: Proven Successes in Agricultural Development**

*D.J. Spielman & R. Pandya-Lorch (eds).*

*International Food Policy Research Institute (Washington)*

[www.ifpri.org](http://www.ifpri.org)



# Asia

## • Transformación de la Agricultura

La Revolución Verde en Asia

## • Contando habichuelas

Mejora de la habichuela mungo en Asia

### • Dejando atrás el arado

Siembra directa de arroz y trigo en la llanura indo-gangética

### • Ver el bosque a través de los árboles

Silvicultura comunitaria en Nepal

### • Ampliando los límites del

Arroz híbrido en China

### • Cultivos mejorados para tierras áridas

mijo y sorgo en India

Reforma de la tenencia de tierras en China

### • Conectando la red lechera

Producción lechera en pequeña escala en India

### • Abandono de la agricultura colectiva

Reforma de la Tenencia de tierras En Vietnam

### • Bombeando la producción

Pozos entubados superficiales para arroz en Bangladesh

### • Diversificación hacia dietas sanas

Producción doméstica de alimentos en Bangladeh

### • Crianza del pollo acuático

Tilapia mejorada en Filipinas

# África

## • Resistencia a virus y plagas

Yuca en el África Subsahariana

## • Reverdecimiento del Sahel

Innovación dirigida por los agricultores en Burkina Faso y Niger

### • Abriendose paso entre las reformas

producción de algodón en Burkina Faso

## Desarrollo de un cultivo "maizravilloso"

Mejora del maíz en Kenia  
Malawi, Zambia y Zimbabwe

### • Abriendo el mercado

Fertilizantes y maíz en Kenia

# Sudamérica



### • Innovación en las pampas

Siembra directa de soja en Argentina

# **Intensificación sostenible: Estrategias**

- Ampliación de los límites de la producción
  - Rendimiento récord
  - Incremento del suelo laborable
- Aumento del rendimiento medio
  - (Técnica/economía)
- Reducción del desperdicio
- Cambio de dieta
- Gestión pesquera y acuicultura



# AGRICULTURA DE PRECISIÓN

Detección de malezas



Protección vegetal

Detección estatus de cosecha



fertilización

Detección en suelo

Arar y sembrar

Transferencia de datos

APLICACIÓN

RESULTADOS

PLANIFICACIÓN

EVALUACIÓN

Toma de decisiones

Datos: proceso transferencia e intercambio con suministradores, consejeros, Autoridades, reprogramadores

Antecedentes de parcela  
Analítica suelo  
Topografía  
sensores

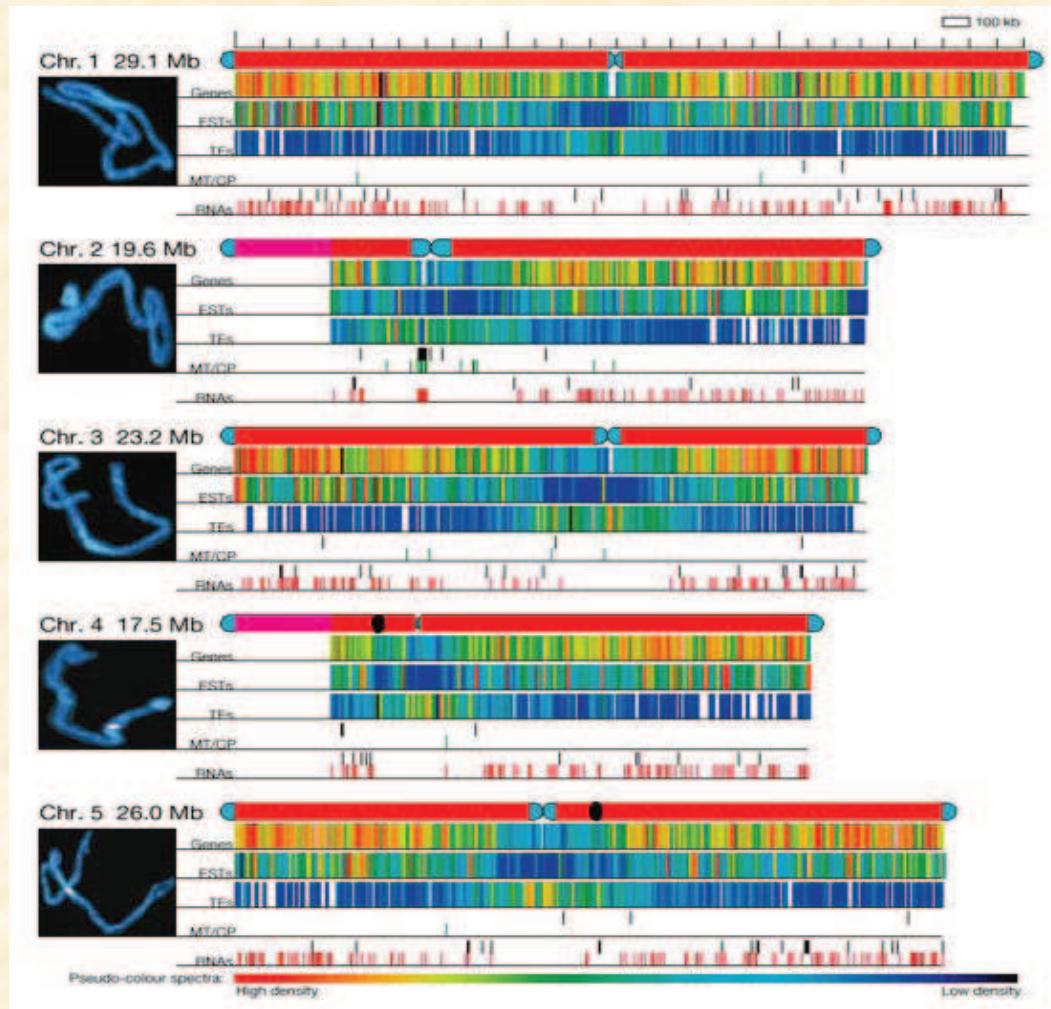
Costes de semillas y fertilizantes  
Disponibilidad de recursos





# LA ERA DE LA GENÓMICA

*La secuenciación del genoma de *Arabidopsis* (2000) y de arroz (2002) ha producido un cambio radical en la investigación de la biología de las plantas*



# *GENÉTICA EN REVERSO*

Genética directa

Fenotipo

Genotipo  
(Gen)



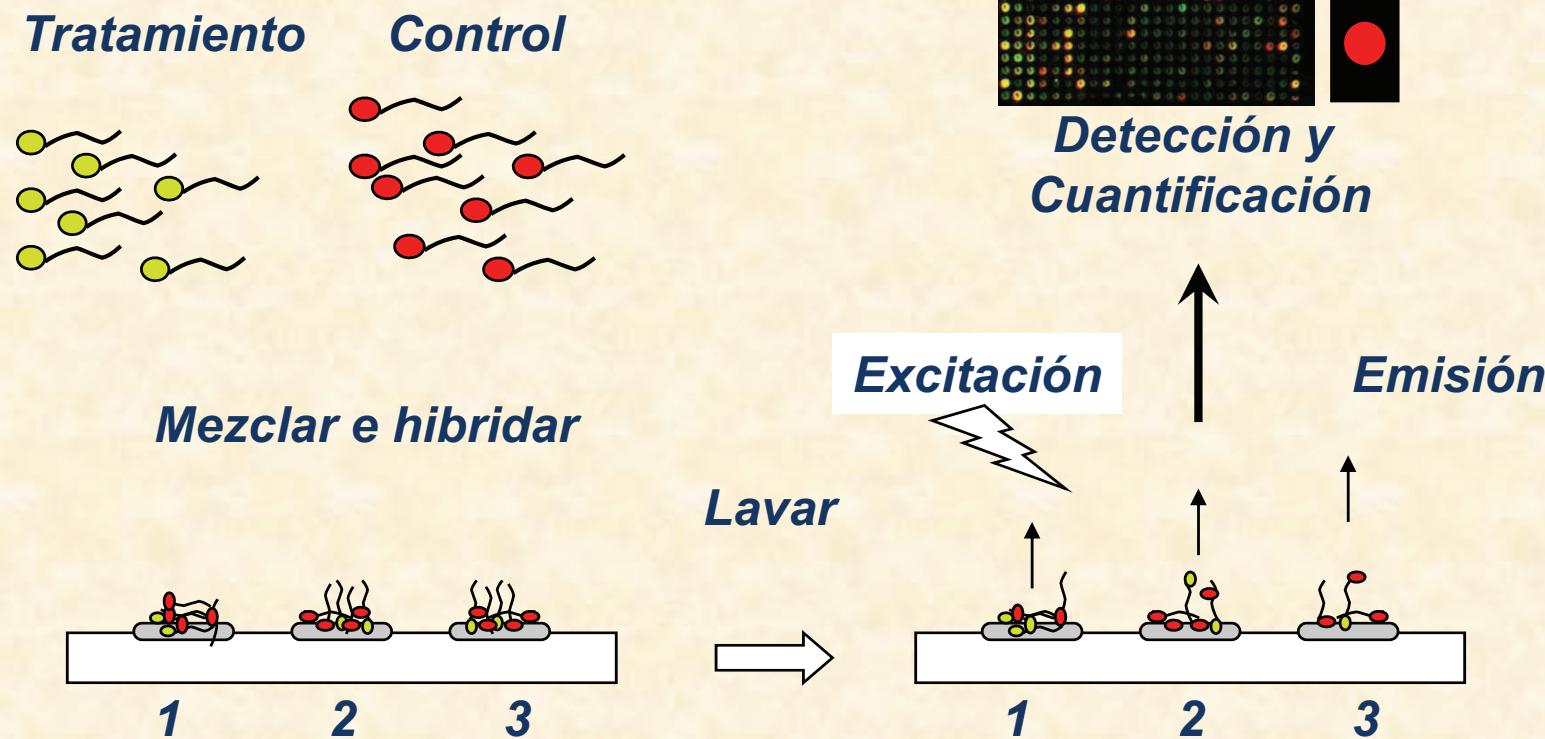
Genética reversa



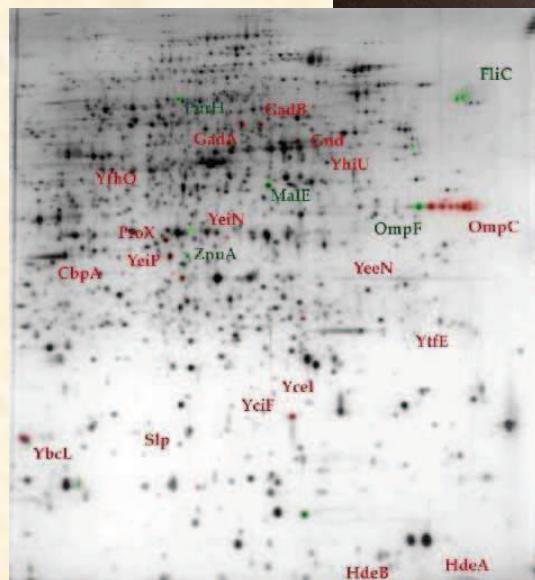
# ANÁLISIS DE LA EXPRESIÓN GÉNICA GLOBAL

## MICROMATRICES Y "CHIPS" DNA

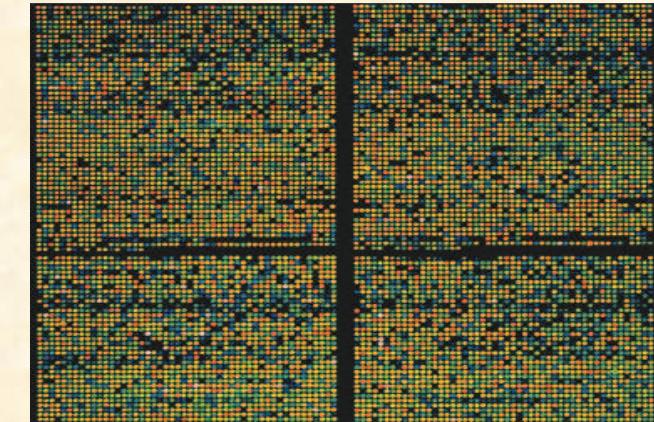
### ESQUEMA DE TRABAJO



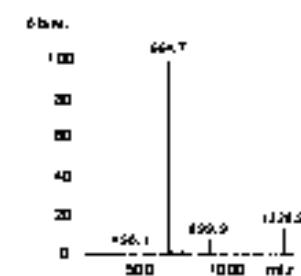
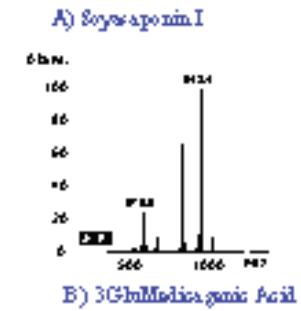
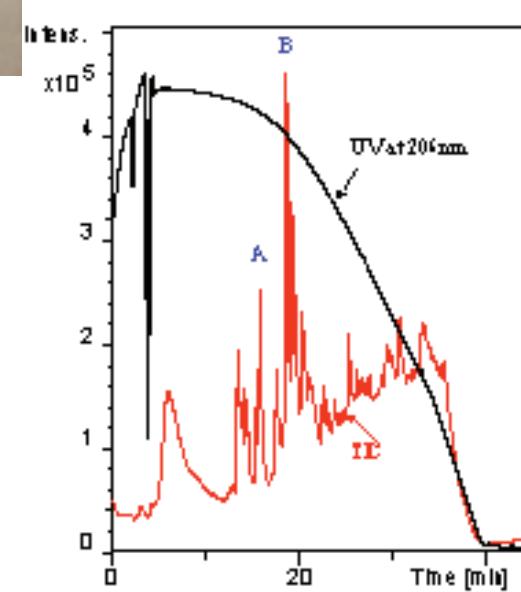
# ANÁLISIS GLOBAL PARA EL ESTUDIO FUNCIONAL DE TODOS LOS GENES DE UN GENOMA



**TRANSCRIPTOMICA  
PROTEOMICA  
METABOLOMICA  
BIOINFORMATICA**



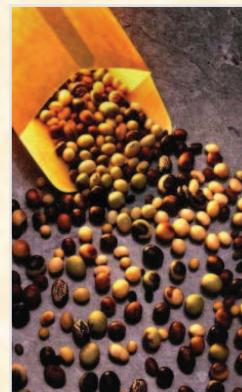
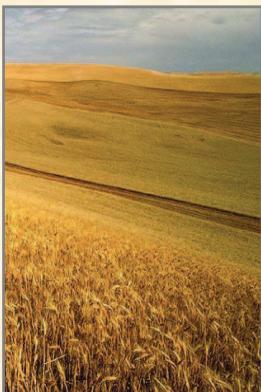
Comparison of an Alfa Root Extract by On-line UV and Mass Selective Detection



# La paradoja actual de la agricultura y de la alimentación

En poco más de un siglo en los países más desarrollados se ha pasado de:

- Necesar 400 horas anuales de trabajo agrícola para alimentar a una persona a unas dos horas anuales en las agriculturas más tecnificadas.
- Gastar dos tercios del presupuesto familiar en comida a menos del 20%
- Cocinar dos horas al día a sólo unos pocos minutos
- Se ha perdido variedad en la alimentación: la comida base se basa en sólo 15 platos.
- Coexiste un problema vergonzoso de seguridad alimentaria a nivel global con el exceso de ingesta y malnutrición.
- La sociedad occidental nunca ha comido tanto y de tanta calidad pero ha puesto a la agricultura bajo sospecha , perdiendo el reconocimiento social



# Reconocimiento social de la agricultura

*"Whoever could make two ears of corn, or two blades of grass, to grow upon a spot of ground where only one grew before, would deserve better of mankind, and do more essential service to his country, than the whole race of politicians put together."*

Jonathan Swift (1667-1745) "Gulliver's Travels"

