



Excelencia que trasciende

Biotecnología Agrícola e Ingeniería Genética

Mónica Stein, Ph.D
Instituto de Investigaciones
Universidad del Valle de Guatemala

Gracias a Juan José Chávez, Bruce Chassy y Wayne Parrot

Qué es biotecnología

- En un sentido amplio se puede definir como la aplicación de organismos, componentes o sistemas biológicos para la obtención de bienes y servicios (*OECD*).

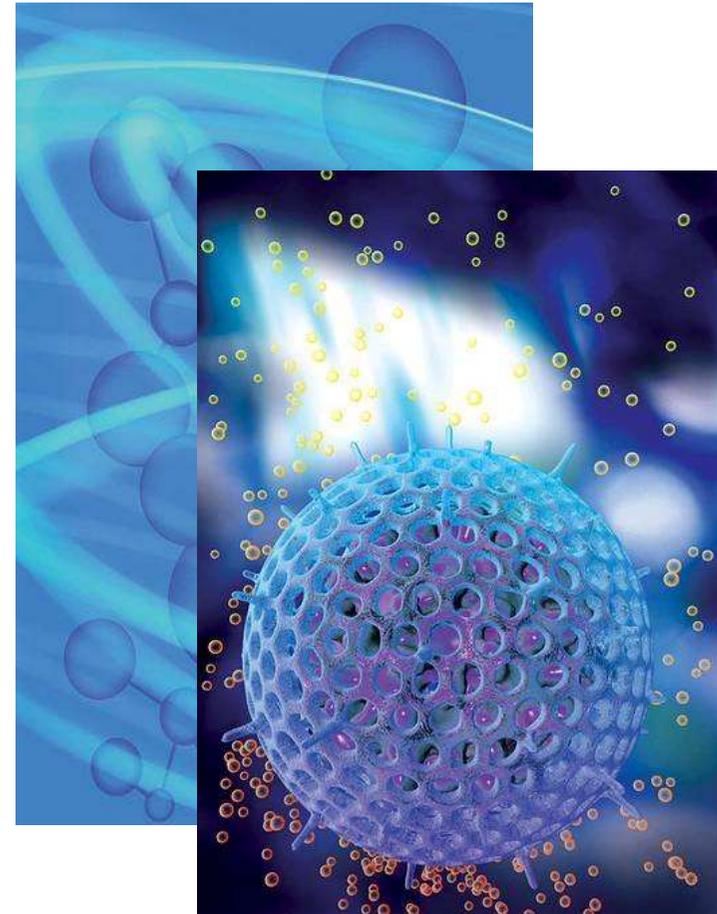


Diferentes acepciones

Moderna

Se han identificado organismos en los procesos involucrados, los mecanismos de control y adicionalmente la forma de modificarlos.

Entran en aplicación las tecnologías del ADN recombinante.



Biotecnología – Aplicaciones tradicionales



La biotecnología tradicional

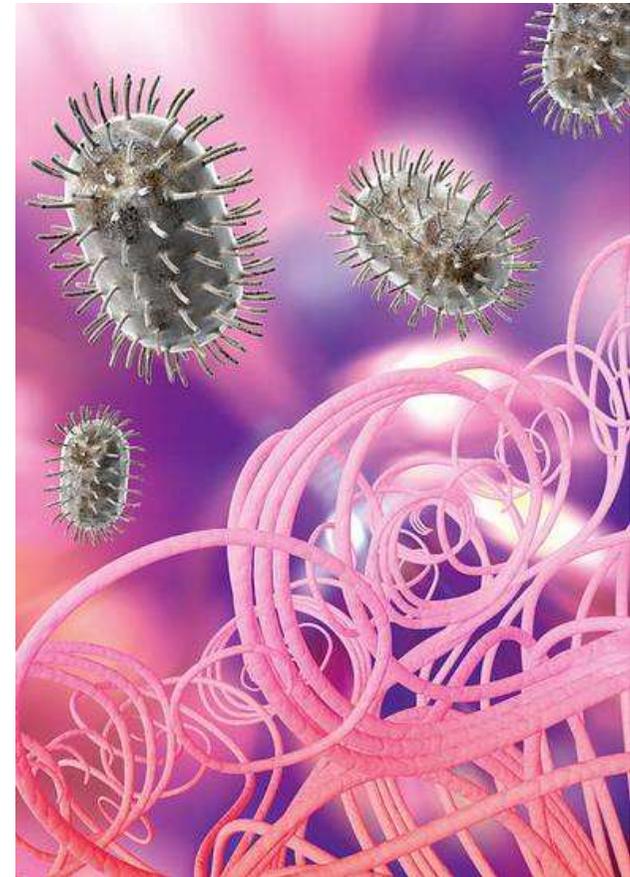
- Utilizada desde hace miles de años para producir bienes:
 - Pan
 - Quesos, yogurts, mantequilla
 - Cerveza, Vino, Vinagre
 - Salsa Soya, ablandador de carne
 - Siglo pasado: Penicilina, Acetona



- Propiamente, no es una ciencia, es una **herramienta** que integra diferentes disciplinas para generar beneficios en diversos sectores.
- Se caracteriza por la reunión de conceptos y metodologías procedentes de numerosas ciencias y tecnologías: Es multi e interdisciplinaria

30 años de la Biotec. moderna

- **Primera ola:**
 - **biotecnología en salud**
- **Segunda ola:**
 - **bioctecnología agrícola**
- **Tercera ola:**
 - **biotecnología industrial**



La biotecnología en la salud

- **Un incomparable potencial:**

- desde tratamientos médicos personalizados,
 - medicina regenerativa,
 - vacunas terapéuticas o medicamentos contra el cáncer,
 - hasta innovadores y eficacísimos sistemas de diagnóstico y prevención, como el “apagado” de genes con interferencia del ARN que bloquea el ARN mensajero que los expresa.
-
- Un ejemplo que ilustra estas novedosas terapias génicas es el “apagado” de genes responsables de la obesidad. Se han bloqueado genes asociados a la obesidad en animales, los cuales no engordan mientras continúan sometidos a una copiosa dieta.



La Biotecnología industrial

- La biotecnología industrial incorpora el uso de plantas, microorganismos o biomoléculas para ser incorporados en sistemas y procesos industriales, de manufactura, transformación o ambientales.



La Biotecnología Agrícola

- **Cultivo de tejidos** (propagación de plantas libres de plagas, para injerto, etc.)
- **Marcadores Moleculares** (Diagnóstico de Enfermedades, Selección Asistida, Identificación Genética: ej. Clasificación de variedades, denominación de origen).
- Bioinformática
- **Ingeniería Genética**

La Biotecnología Agrícola en Guatemala:

Capacidad Instalada:

- UVG
- USAC
- UMG
- URL
- ICTA
- CENGICAÑA
- ANACAFE
- Otros

Tipo de Biotecnología

- Se enfoca a cultivo de tejidos
- Se está moviendo hacia marcadores moleculares
- Poca experimentación con ingeniería genética

Cultivo de tejidos

- Generación de plantas a partir de células o tejidos crecidos en el laboratorio
- Propagación de plantas libres de plagas (virus)
- Paso necesario para generar transgénicos
- Posibilidad: generar material de siembra solamente de Cultivo de Tejidos.

La Caracterización Molecular y Bioinformática permiten:

- Mejor identificación genética de variedades élite.
- Mapas de variedades de importancia local
- Generación de bibliotecas de genes.
- Identificación de rasgos de importancia local, posible identificación de genes candidatos.

Ingeniería Genética

- Como el mejoramiento tradicional, produce variedades con nuevos rasgos.
- Inserta o elimina genes de manera individual.
- Amplía el rango de rasgos posibles y acorta el tiempo de generación de nuevas variedades.

Los Cultivos Mejorados por Ingeniería Genética permiten:

- Resistencia a plagas
- Resistencia a herbicidas
- Tolerancia a sequía, frío, salinidad, etc.
- Nuevas propiedades nutricionales
- Cambios en maduración
- Tolerancia a procesamiento y transporte
- Biorremediación y bioconcentración Producción de fármacos y vacunas
- Bioplásticos, biofibras, bioproductos

Que es un transgénico?

- Un transgénico es un organismo que ha sido modificado genéticamente por métodos “modernos” de biotecnología, utilizando ADN recombinante.

= Un organismo que ha sido modificado por ingeniería genética

La modificación genética

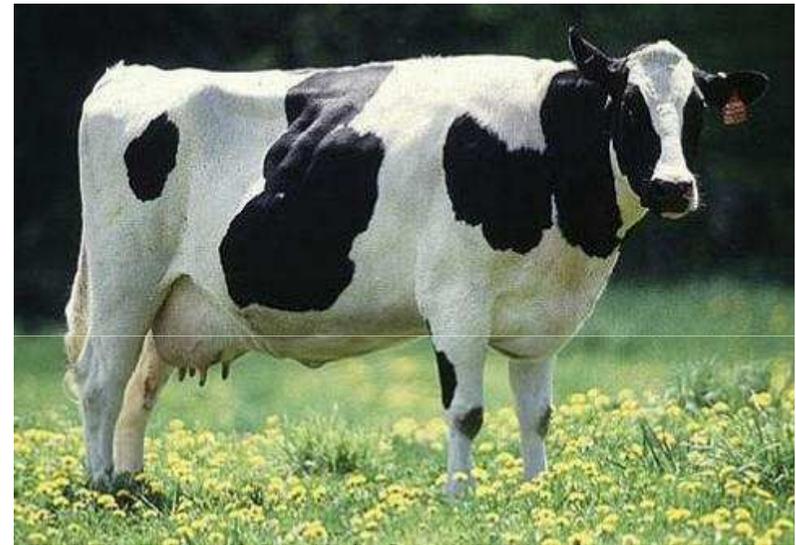
- Se habla de la modificación genética como si fuera un concepto novedoso y no natural
 - Forma la base para exigir nuevas regulaciones



La domesticación es modificación genética

Alteramos en animales:

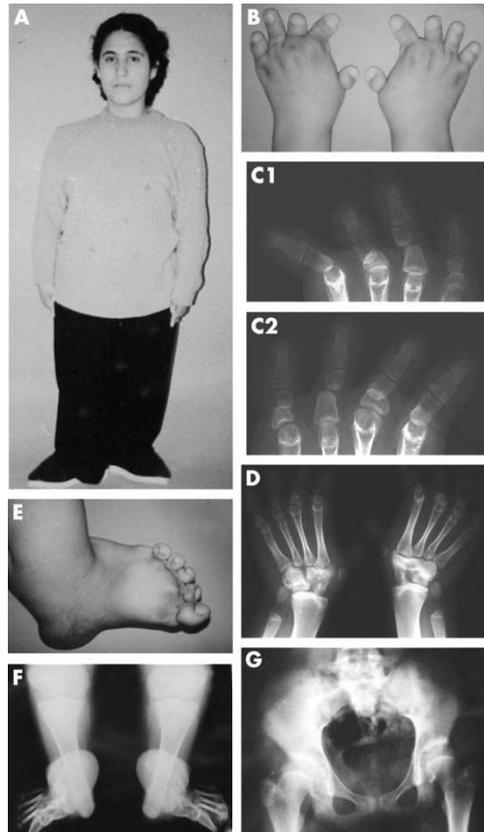
- Comportamiento
- Tamaño
- Productividad
- Color



La domesticación es modificación genética

**Cronodisplasia en humanos:
una enfermedad**

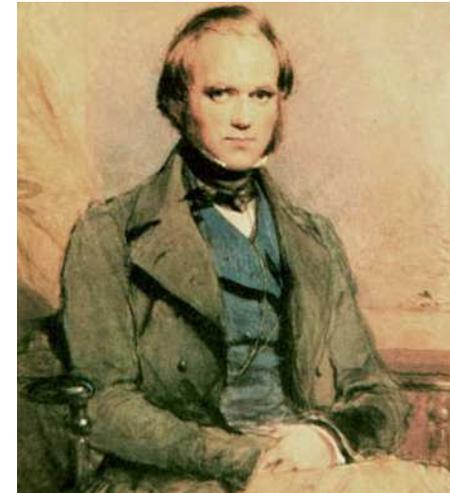
**Razas miniatura en perros:
Rasgo deseable y entrenecedor**

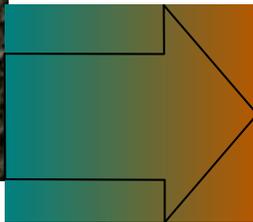


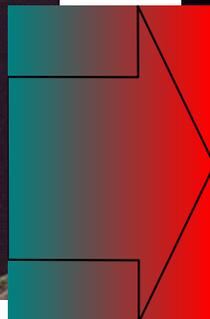
La modificación genética es una práctica muy antigua

Según Carlos Darwin

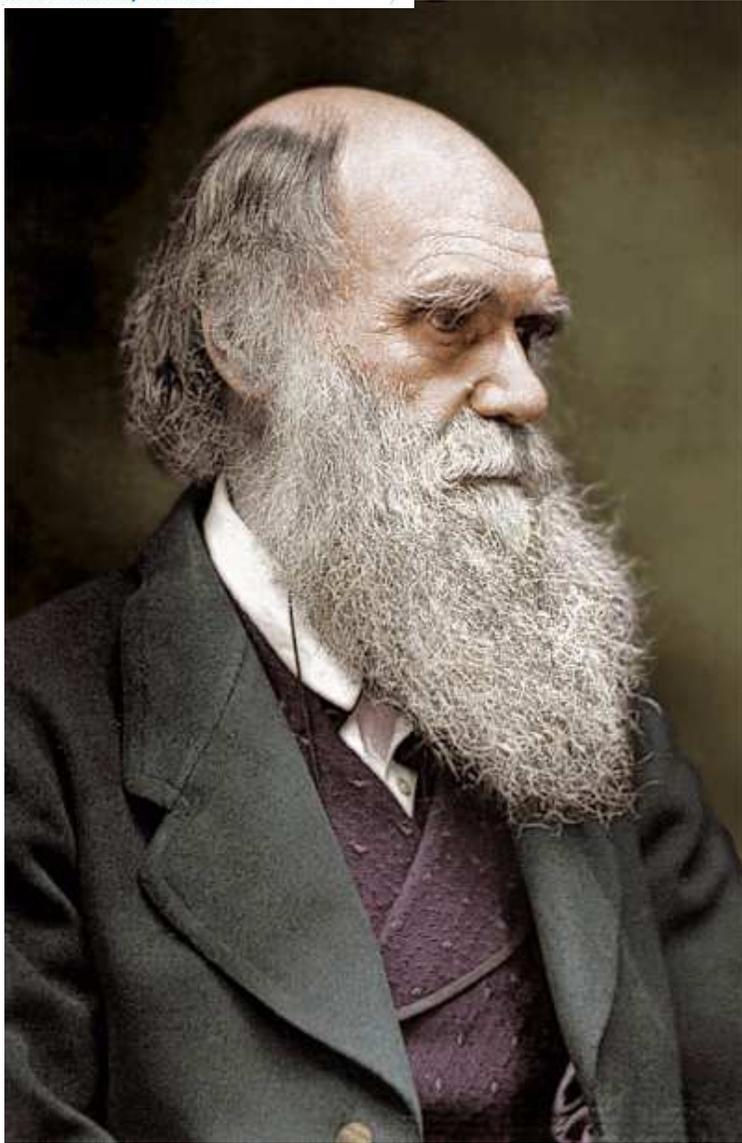
- "... una clase de Selección que resulta cuando cada quien trata de poseer y guardar semillas de los mejores individuos..."
- "... en un gran número de casos, ya no podemos reconocer ... los ancestros silvestres de las plantas más antiguamente cultivadas en nuestros huertos."











---... Los mejoradores nunca hubieran esperado o aun deseado producir el resultado obtenido.



Abundan ejemplos de modificación genética



La Ingeniería Genética tiene ventajas sobre mejoramiento convencional

- Es más rápida
- La amplitud de rasgos disponibles es más grande
- La modificación genética es menos drástica y mejor caracterizada a través de ingeniería genética que a través de métodos convencionales.

El fitomejoramiento tradicional

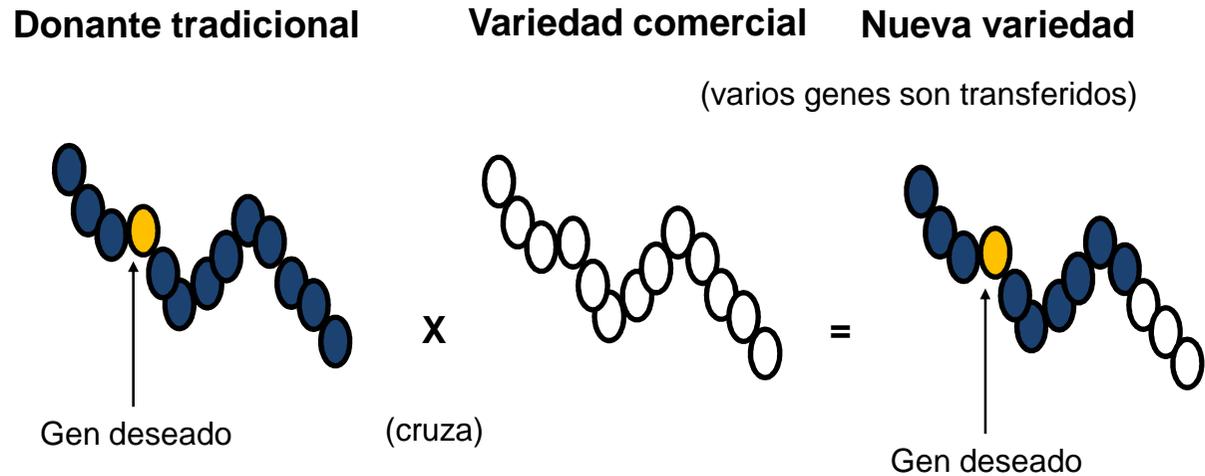
- **Crea diferencias más grandes que los transgénicos**
- **La base genética es generalmente desconocida**
- **Es una tecnología que se considera segura**
- **Millones de variedades**
- **Generalmente, carece de regulaciones**
- **No hay que comprobar ni eficacia ni inocuidad**



Corbis

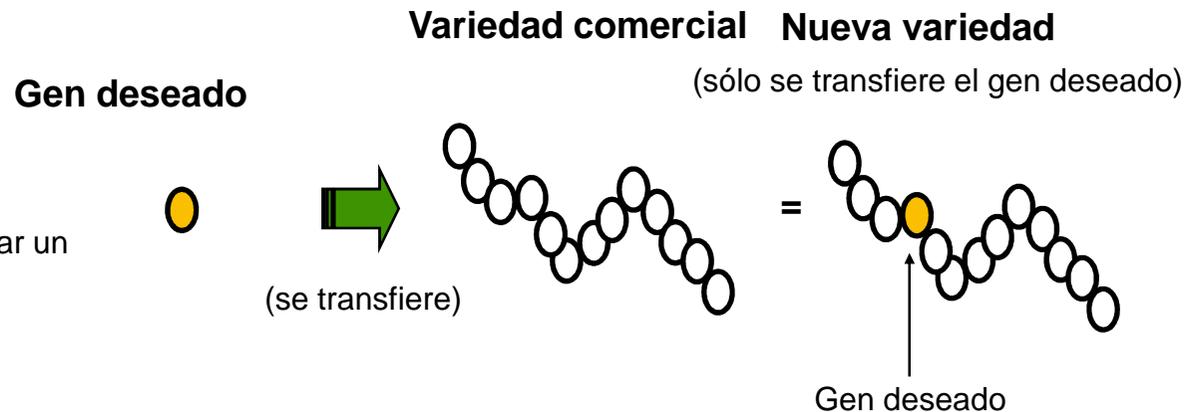
Cruzamiento tradicional

ADN es un hebra de genes, parecido a un hilado de perlas. El cruzamiento tradicional de plantas combina muchos genes a la vez.



Bioteología Vegetal

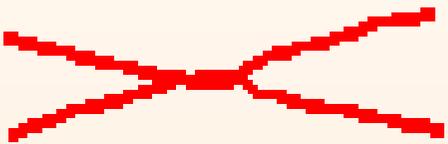
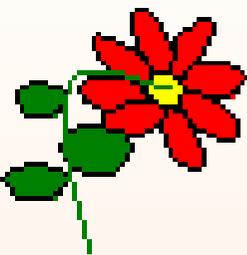
Utilizando biotecnología vegetal, se puede agregar un solo gen a la hebra.



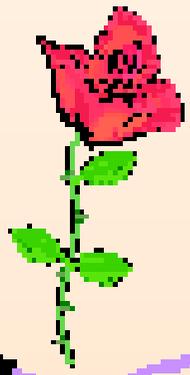
Introducción de una Característica Nueva Usando Ingeniería Genética

Que es único de la ingeniería genética??

La transferencia de genes entre especies



Susceptible a virus de marchitez

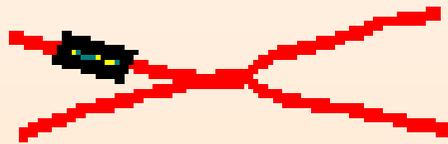
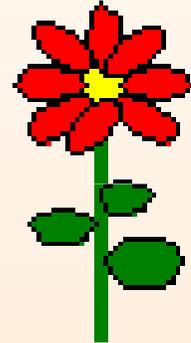


Resistente al virus

Aislamiento de gen para resistencia al virus; insertar en planta objetivo



Gen para virus de resistencia



Resistente al virus

¿Por qué los transgénicos?

- Método mucho más rápido y preciso de crear variedades con nuevos rasgos.
- Incrementar producción agrícola (Según la FAO, se necesitará incrementar la producción agrícola por 70% para alimentar la población mundial en el 2050).
- Mejorar la salud y nutrición.
- Mejorar el impacto en el medio ambiente.
- Incrementar rentabilidad.
- Producción más barata de fármacos.

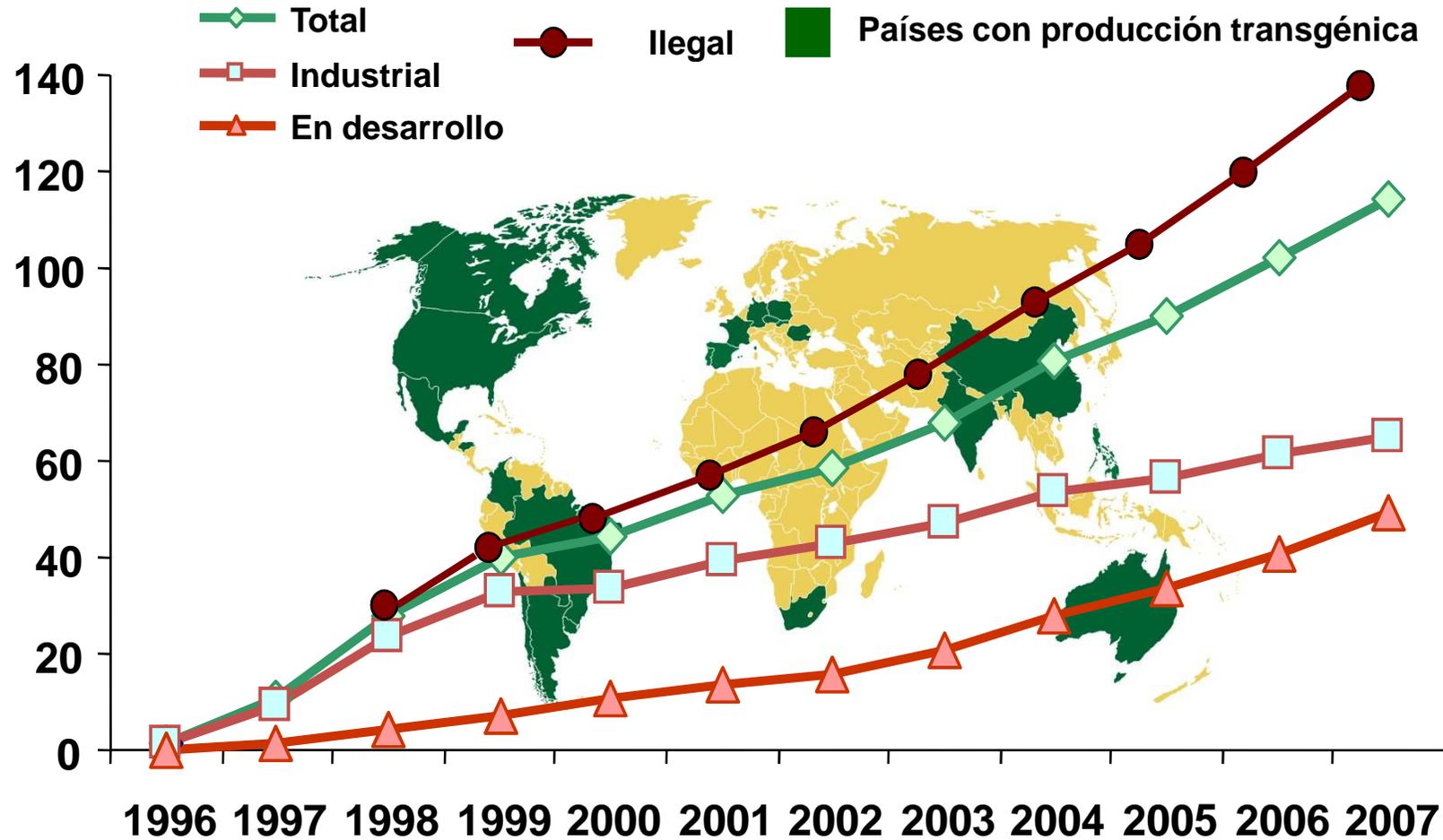
BENEFICIOS

- Mejora en rendimientos por evitar pérdidas en campo (cultivos resistentes a enfermedades, resistentes a sequías) => Mejora en ganancias



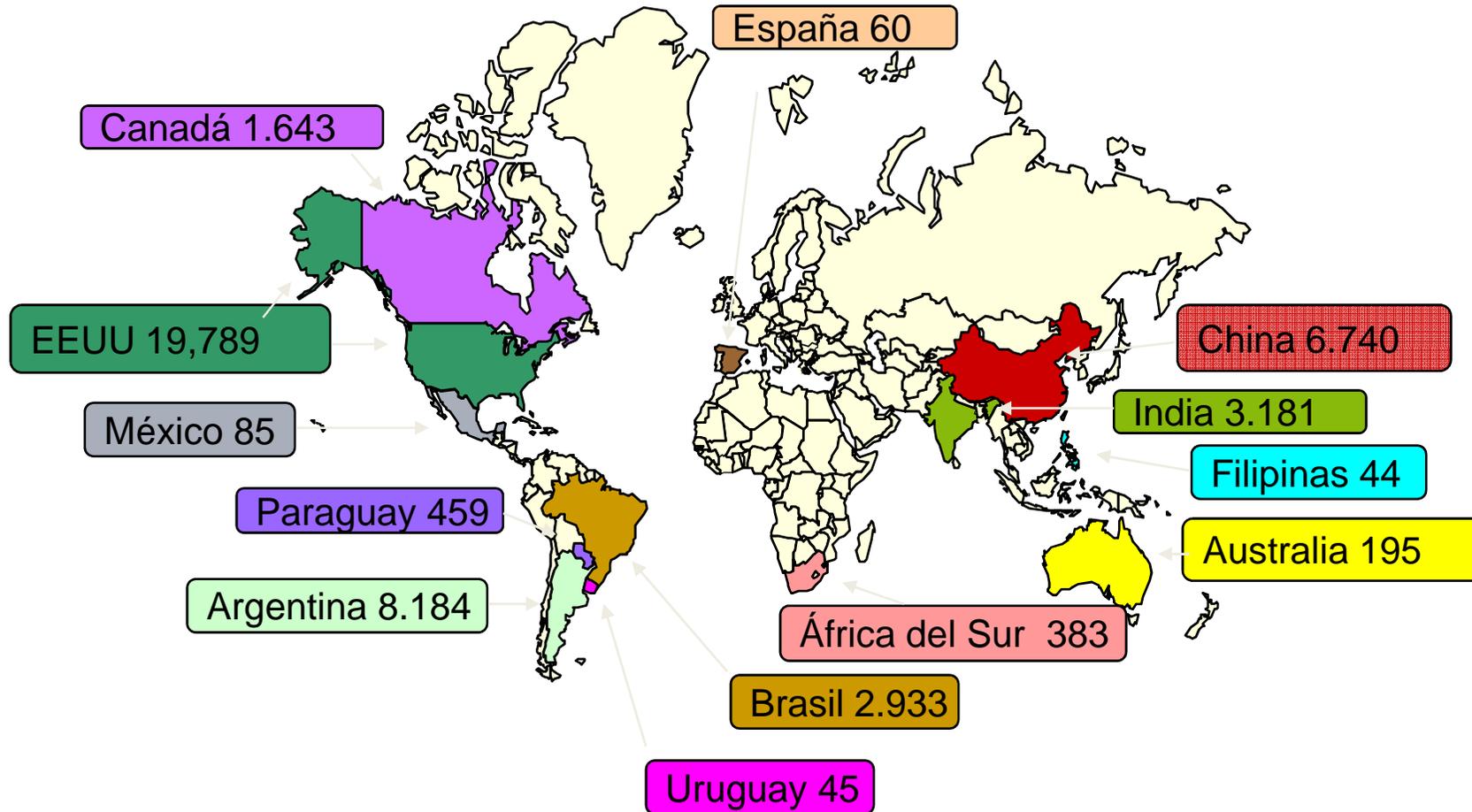
Fotos e Información de Dr.
Wayne Parrott, 2009

Area global de cultivos transgénicos (millones de ha)



Valor agregado, 1996-2007

(millones de US\$)



Incrementos en ganancia a nivel mundial para el 2006

Cultivo	Incremento en ingresos mundiales (Millones USD)
Soya RR	2,359
Maiz RR	296
Algodón RR	21
Colza RR	227
Maiz Bt	1,131
Algodón Bt	2,149

(Barfoot and Brookes, 2006)

Maíz Bt en Honduras



Convencional



Transgénico



Joshua Eley-McClain for NPR



No transgénica

Transgénica

Impacto Económico

Cualidad		Colza	Maiz	Algodón	Soya
Resistencia a Herbicidas	Reducción de Costos de herbicidas y aplicación de los mismos	38%	26%	42%	54%
Resistencia a Insectos	Incremento en rendimiento Reducción en uso de insecticidas		20%	90%	
Resistencia a Viruses	Incremento en rendimiento	Papaya 16-77%			

Fuente: [Gómez- Barbero & Rodriguez Cerezo, Economic Impact of Dominant GM Crops Worldwide: A review](#)

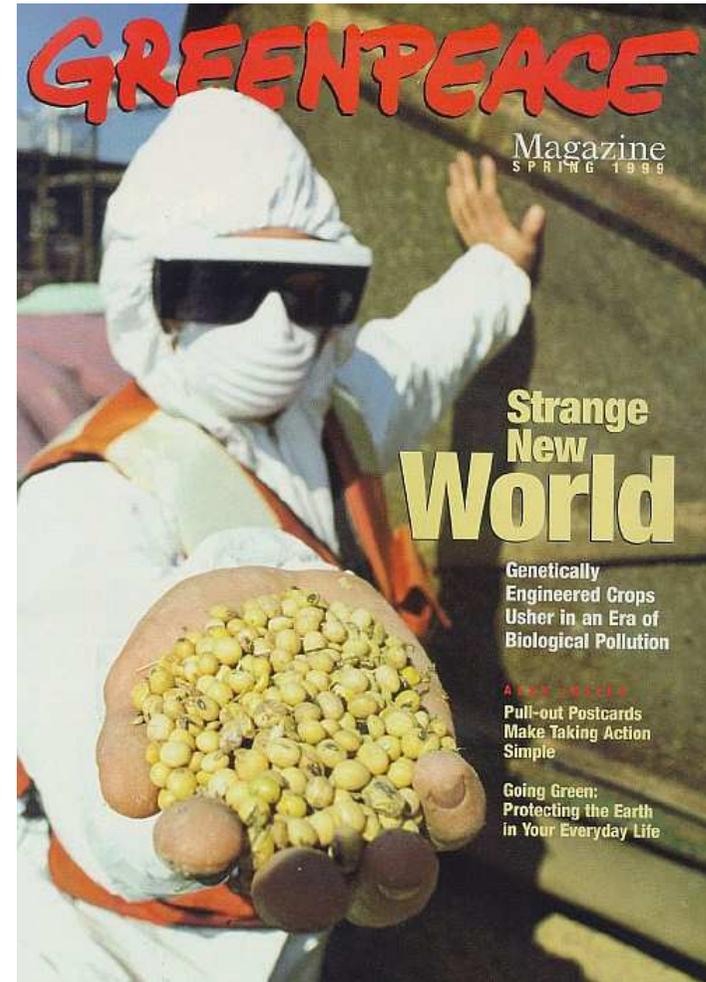
Maíz Bt (Resistente a Gusanos) en Zamorano

Rendimiento convencional	95 QQ/Mz	
Rendimiento transgénico	105 QQ/MZ (= + 10 QQ)	
Precio por quintal		US \$ 8,50
Ingreso adicional/Mz		US \$ 85,00

Ahorro en aplicaciones de insecticidas	US \$ 24
Ingreso por rendimiento adicional	US \$ 85
Valor total al usar transgénico	US \$ 109

Porqué la oposición a transgénicos?

- La oposición a los Transgénicos en países desarrollados es política e ideológica, no científica
- La gran mayoría de críticas ambientales hacia los transgénicos aplican también a todos los cultivos con rasgos mejorados (ej. por vías tradicionales, mutagénesis)
- Parte de la industria del miedo



Los magníficos efectos de la nueva inoculación



Vide—Las publicaciones de la Sociedad Anti-Vacunas, 12 de junio de 1802, National Library of Medicine

Cuál es la posición científica?

- No existe diferencia entre los riesgos que presenta un cultivo mejorado por vía tradicional que uno mejorado por ingeniería genética
- Las academias de ciencias europeas, estadounidenses, del vaticano y de otras partes del mundo, así como FAO, WHO apoyan la biotecnología y la ingeniería genética
- <http://www.nap.edu/openbook.php?isbn=0309092094>,
http://www.who.int/foodsafety/publications/biotech/biotech_en.pdf ,
<http://www.gmsciencedebate.org.uk/>, <http://www.gmcommission.govt.nz/RCGM/index.html>,
<http://www.aspb.org/publicaffairs/agricultural/africanbiotech.cfm> , <http://www.fao.org/biotech/stat.asp> ,
<http://www.redbio.org/html/declaracion3.htm>
http://www.who.int/foodsafety/publications/biotech/biotech_en.pdf ,
[http://www.vatican.va/roman_curia/pontifical_academies/acdscien/documents/sv%2099\(5of5\).pdf](http://www.vatican.va/roman_curia/pontifical_academies/acdscien/documents/sv%2099(5of5).pdf)
- <http://www.royalsoc.ac.uk/files/statfiles/document-165.pdf> ,

Los Mitos sobre Transgénicos

- Causarán la pérdida de la diversidad genética
- Crearán Super Malezas
- Crearán Resistencias en Insectos
- Afectarán nuestra salud

Diversidad Genética

La variabilidad genética es importante:

- Asegura la supervivencia de la especie (Selección Natural)
- Asegura la disponibilidad de nuevos rasgos y variedades para desarrollar especies mejoradas y adaptadas a nuevas situaciones (Resistencia a pestes, cambio climático)
- FAO: La diversidad genética es un seguro en contra de amenazas como hambruna, sequía y epidemias.
- Existe gran potencial de nuevas especies (Al presente 30 plantas representan el 95% de lo consumido por humanos)

Erosión Genética

La Erosión genética es la pérdida de variación de genes en una especie.

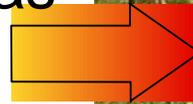
Causas:

- Deseo de uniformidad en una variedad (para comercialización, características deben ser reproducibles). La Agricultura intensiva usa pocas variedades
- Desplazamiento de viejas variedades por variedades mejoradas con mayor productividad.
- Incremento en población resulta en tala de bosque y pérdida de biodiversidad.
- Costos de mantenimiento de viejas variedades.

VIITO: Los transgénicos causan erosión genética

- Causa de la erosión genética: el reemplazo de variedades viejas por nuevas
 - Rinden mejor, saben mejor, etc
 - **Seguirá pasando haya o no haya transgénicos**
- Pestes y enfermedades

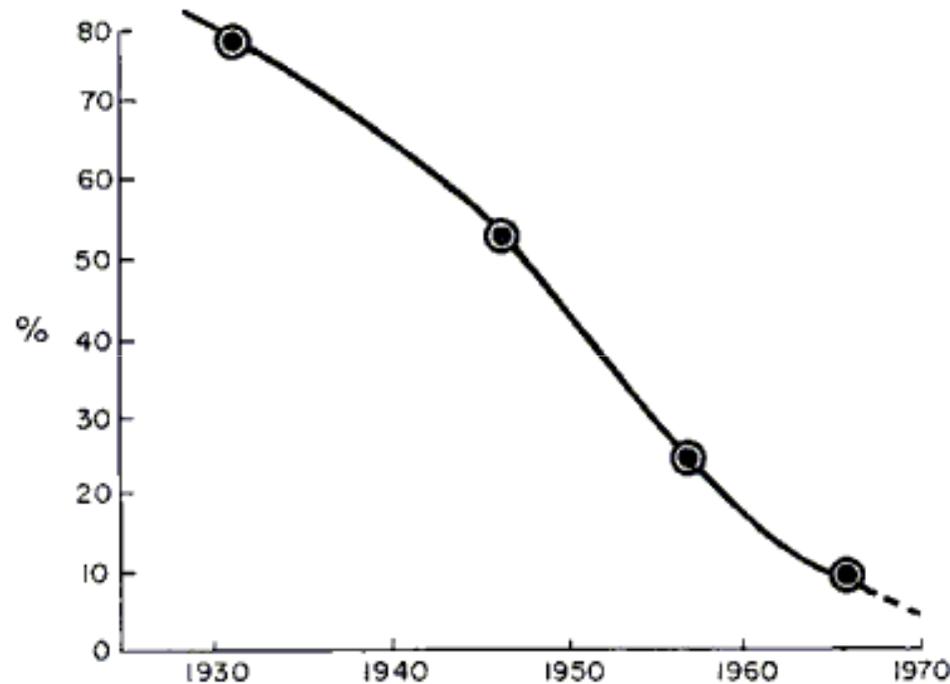
Las enfermedades causan la extinción de variedades nativas



Erosión genética del trigo y maíz, frijol

- En Estados Unidos, la diversidad de maíces del norte se perdió a raíz de los híbridos producidos en los años 40.
- El Salvador, pérdida de biodiversidad en frijol coincidió con la construcción de caminos y carreteras.

Pérdida de variación genética



Erosión genética en el trigo griego

Hammer & Laghetti, 2005. Genetic erosion – examples from Italy. *Gen Res Crop Evol* 52: 629-634.

- La mayoría de la erosión genética en los cultivos ocurrió durante la primera mitad del siglo.

La erosión genética es el resultado de nuestras practicas agrícolas actuales, no del tipo de nuevas tecnologías utilizadas para generar cultivos

Mito: Los cultivos transgénicos crearán Super Malezas

- **REALIDAD:** Resistencia a herbicidas se obtiene por varios tipos de mejoramiento
= **AMBOS** aplican misma presión



sulfonil urea



imazamox



imidazolinona

**Cultivos
mejorados
tradicional-
mente**

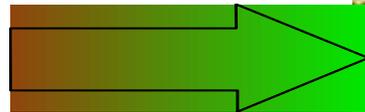
Tendencia a convertirse en super-malezas:

- El comportamiento de estos cultivos nos ayuda a predecir el comportamiento de cultivos con resistencia a herbicidas obtenida por medio de la ingeniería genética= **No se han desarrollado supermalezas.**
- El uso de varias resistencias a la vez y la rotación de herbicidas reduce esta posibilidad (posible con transgénicos)

No solo se consideran los riesgos,
sino también los BENEFICIOS

**Efectos secundarios de variedades
tolerantes a herbicidas**

Labranza cero o reducida/siembra directa



Labranza cero/siembra directa

Fawcett & Towery. 2002. Conservation tillage and plant biotechnology
Conservation Technology Information Center

- Aumento de 35% desde 1996
- 2002
 - Uso de combustible bajó 306 millones de galones
 - Menos emisiones de CO₂
 - Ahorros de US\$3,5 mil millones en amortiguamiento de sedimentos
 - Dragaje de canales, ríos y puertos
- Menos contaminaciones por fertilizantes
 - Eutroficación

Insectos beneficiosos por metro cuadrado

Soya	Escarabajos
Convencional	0.4
GM-cero labranza	17.6

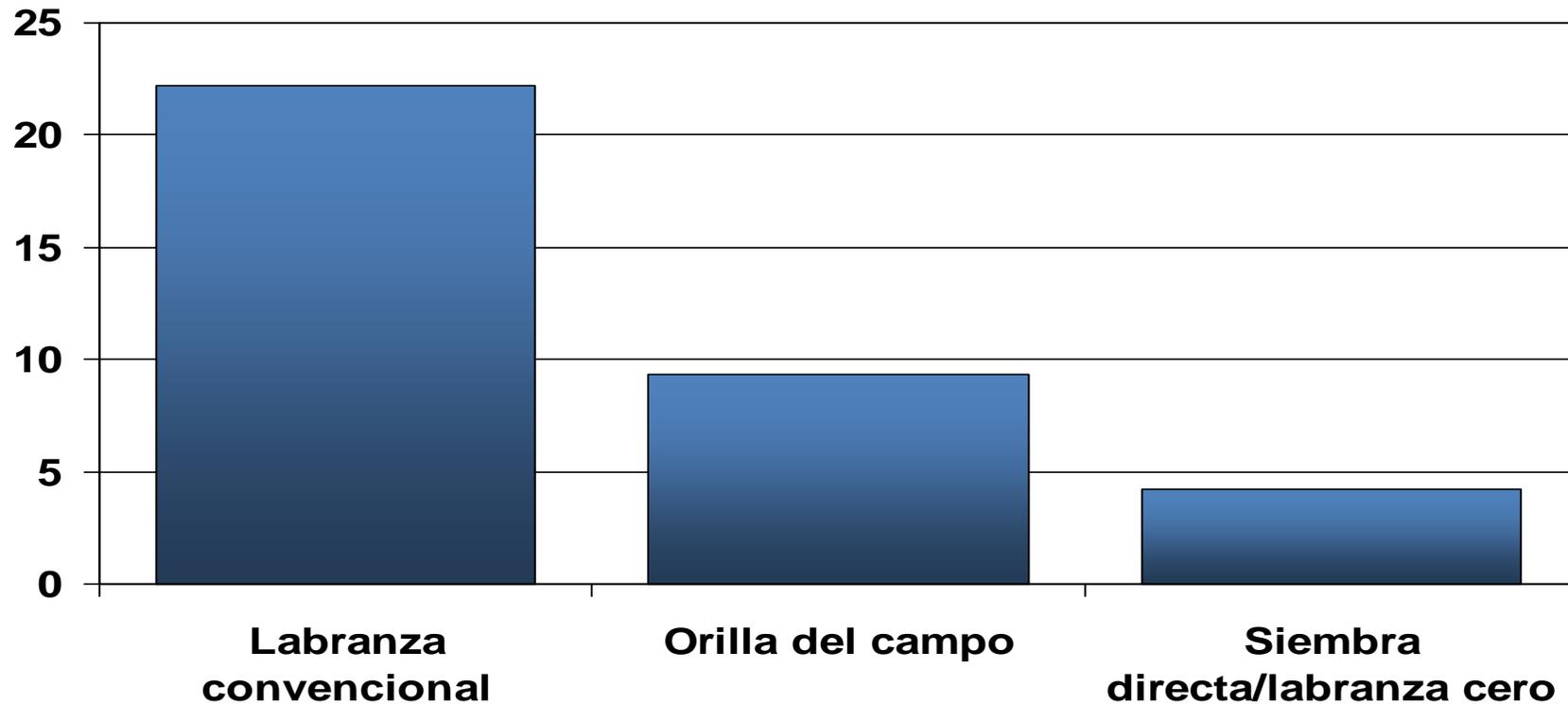
También aumentaron

- Ácaros predadores
- Aves

Fawcett & Towery. 2002. Conservation tillage and plant biotechnology
Conservation Technology Information Center

Efecto de labranza y calidad de habitat

Tiempo necesario para que codornices se alimenten



2005: Cultivos transgénicos y equivalencia de automóviles

- 962 millones kg de CO₂ en ahorro de combustibles
- 8.053 millones kg de CO₂ de secuestrado en el suelo
- = 4.006.854 carros estacionados por 1 año
 - El 17% de los carros en Gran Bretaña



Brookes & Barfoot, 2006

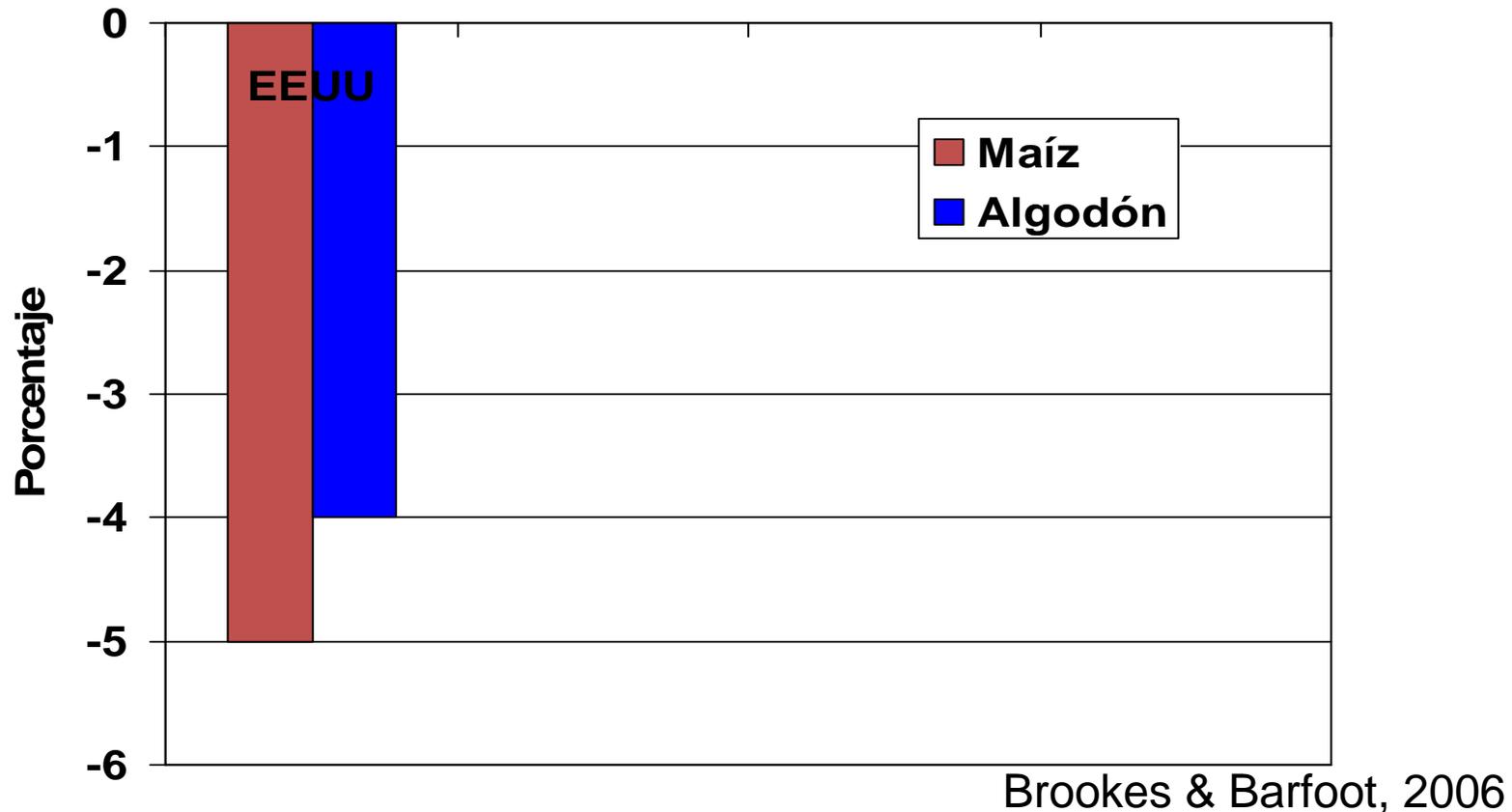
Cociente de impacto ambiental

- De la Universidad de Cornell
- Kilo por kilo, los agriquímicos no son iguales
- Mide efecto total
 - Toxicidad x cantidad usada

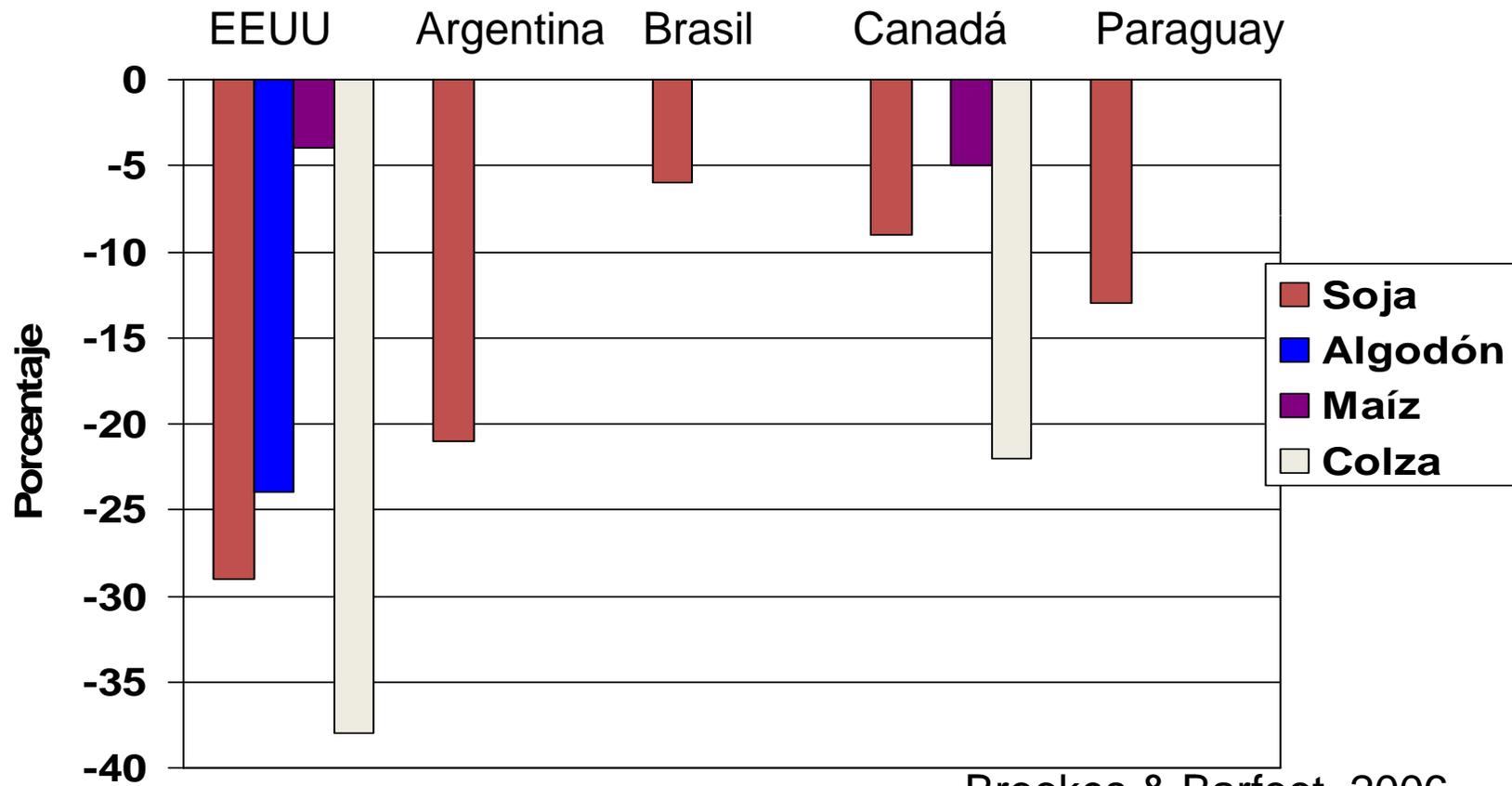


El glifosato es de los herbicidas conocidos menos tóxicos para el humano.

Cambio en el cociente de impacto ambiental debido al reducido uso de insecticidas en cultivos transgénicos, 1996-2005



Cambio en el cociente de impacto ambiental debido al uso de cultivos transgénicos con resistencia a herbicidas, 1996-2005



Brookes & Barfoot, 2006

10 años de experiencia

- No se han creado supermalezas
- Si han evolucionado resistencias
- Se necesita rotar los cultivos
- “stacked traits”
- Esto afecta el impacto ambiental

Mito: Los Transgénicos tiene toxinas que matan a todos los insectos

- **La proteína BT se utiliza en la agricultura organica. Es altamente especifica.**
- **Se debe investigar qué insectos viven en parcelas agrícolas**
- **Para efecto en organismos no Blanco:**

Se deben comparar parcelas donde se aplica insecticida vs. parcelas donde se siembran variedades resistentes a pestes.

Potencial de ocasionar resistencias en plagas y el efecto en organismos no blanco



Transgénico

No Transgénico

- Hasta la fecha, ningún insecto se ha vuelto resistente a un cultivo transgénico
- Hasta la fecha, no se ha comprobado un daño hacia un organismo no blanco

se consideran los riesgos, sino también los **BENEFICIOS**

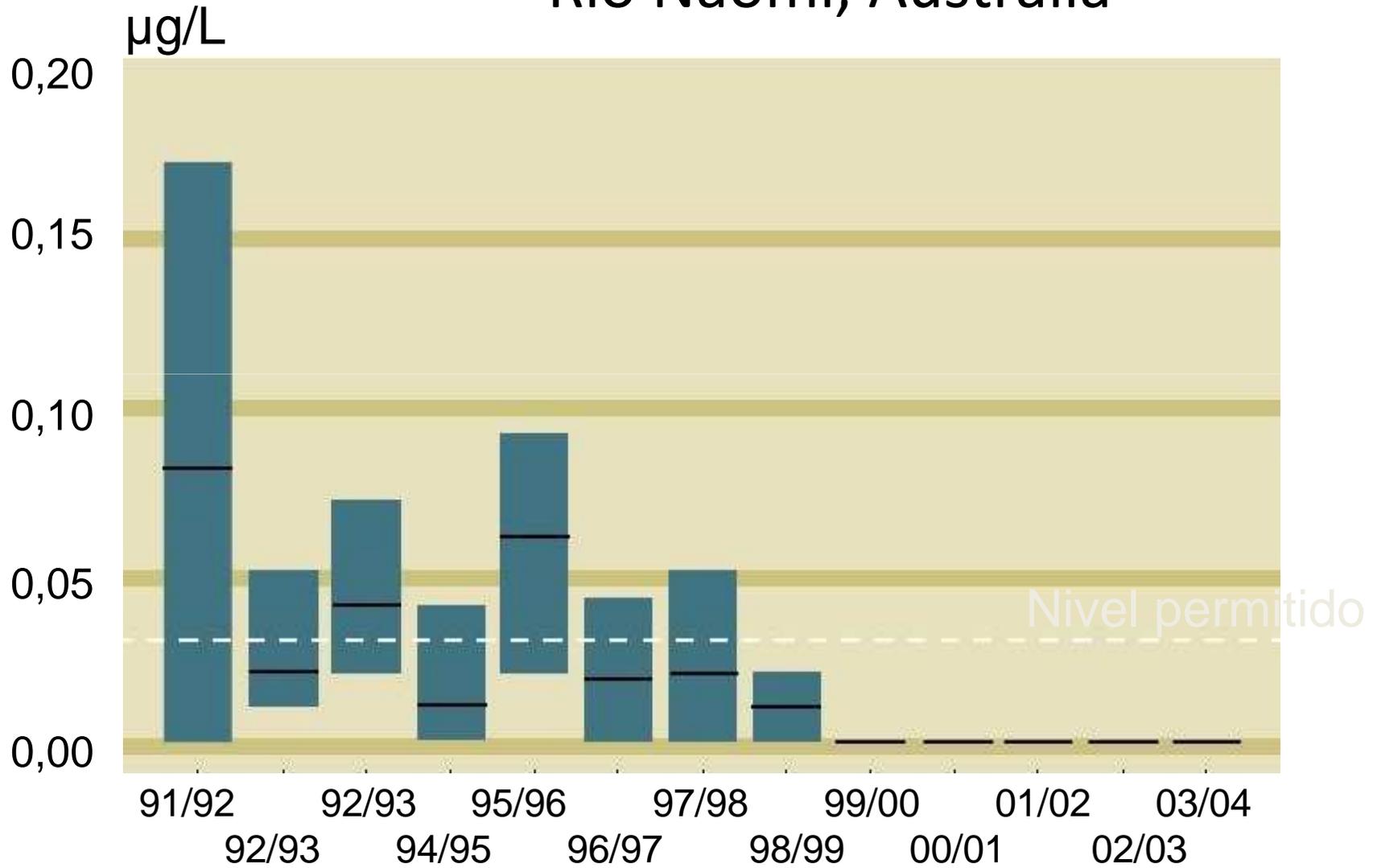
- Las variedades resistentes a plagas reducen la cantidad de agroquímicos aplicadas al medioambiente
- El Algodón Bt Resulta en Reducción de Residuos de Pesticidas en el Agua de Zonas Algodoneras
 - Residuos a niveles indetectables

7 de marzo de 2001

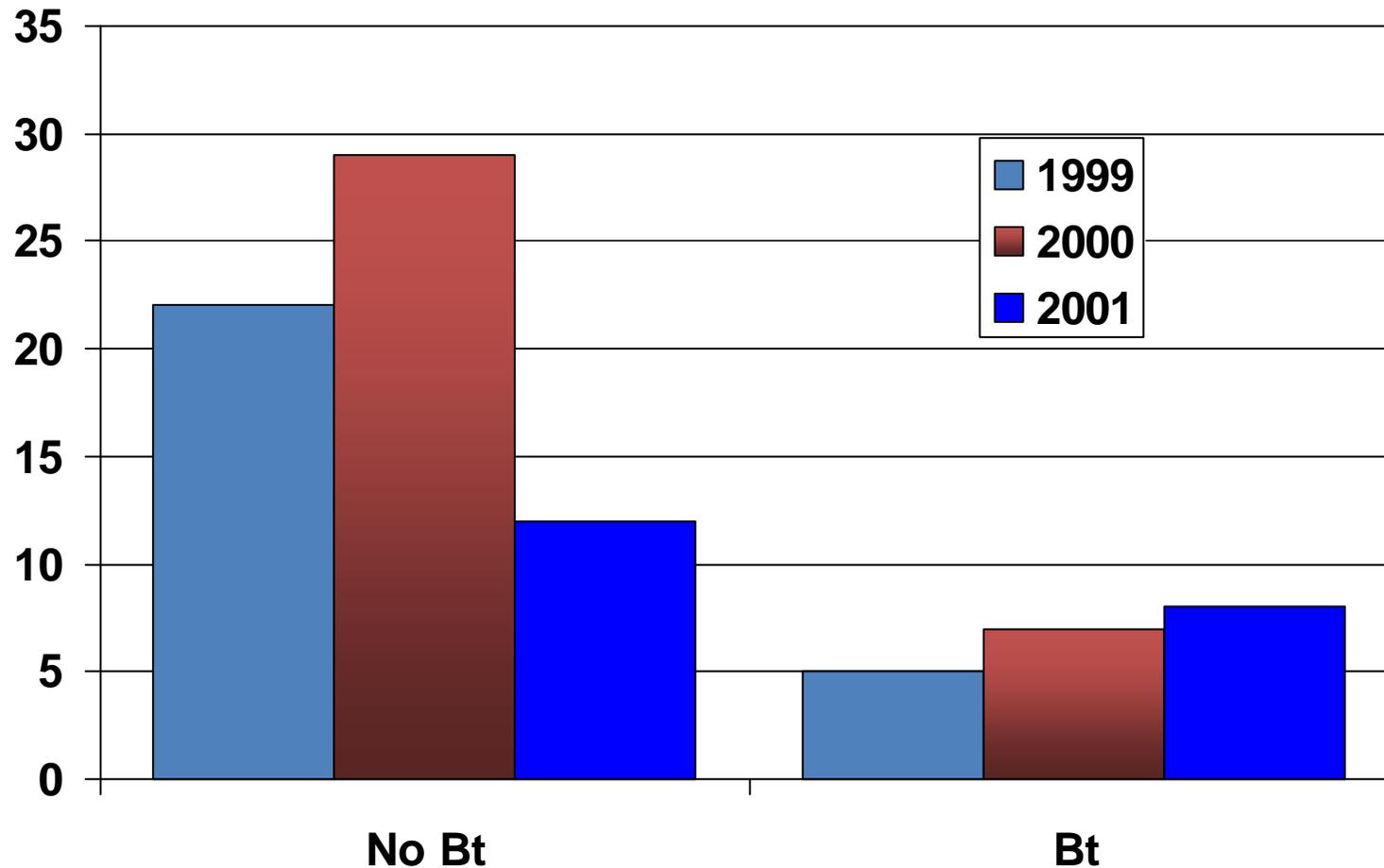
USDA Agricultural Research Service News Release

<http://www.ars.usda.gov/is/pr/2001/010307.htm>

Concentración de endosulfán en el Río Naomi, Australia



Porcentaje de algodoneiros chinos con síntomas de envenenamiento



¿Es cierto que nuestros cuerpos
no pueden metabolizar
alimentos novedosos?

Un poco de historia



Colón llega al nuevo mundo en 1492

Cortés conquista a los Aztecas en 1512

Alvarado conquista a Guatemala en 1523

Pizarro conquista a los Incas en 1533

Cultivos que provienen de Eurasia y África

Ajo	Citricos	Manzana
Apio	Col	Melón
Arveja	Coliflor	Nabo
Brocoli	Colinabo	Palma africa
Café	Colza	Rabano
Cebada	Durazno	Sandia
Cebolla	Granada	Soya
Centeno	Kiwi	Trigo
Cereza	Lechuga	Uva
Ciruela	Macillo	Zanahoria

Cultivos que no serían aprobados hoy día

Apio--psoralenas

Papa--glicoalcaloides

Tomate--glicoalcaloides

Malanga-- ácido oxálico

Yuca-- alcaloides cianogénicos

Ruibarbo, espinaca-- ácido oxálico

Soya, trigo, leche, huevos, moluscos, crustáceos, peces, sésamo, nueces, maní-- son alergénicos

Kiwi-- es alergénico

Los transgénicos obligan al agricultor a comprar la semilla cada año

- Semilla se compra cada año, igual que los híbridos
- Las opciones en el mercado son parecidas a las de comprar un híbrido o no comprarlo
- El impacto económico y social es similar al que han tenido los híbridos

Transgénicos en Guatemala:

El caso del maíz

El maíz transgénico acabará con los maíces criollos y con la cultura guatemalteca?

- Los maíces transgénicos actualmente generados son híbridos de costa
- No crecen en el altiplano
- No se cruzan con maíces del altiplano (separación geográfica y de floramiento)

Y si sí se cruzaran?

El flujo genético es importante y se debe considerar

Flujo Genético: Intercambio genético por polinización de un individuo a otro

-Ej. El frijol común es autónomo, el flujo genético no es un riesgo considerable

-Ej. El maíz permite la polinización cruzada, es necesario considerar flujo genético

Coexistencia milenaria del maíz y del teocintle



- # Y sabemos las consideraciones agronómicas para sembrar maíz
- Espaciamiento entre parcelas
 - Mejores prácticas para generación de semilla
 - Estudios sobre cuánto viaja el polen del maíz (el 90% viaja menos de 10 metros, pero depende de los vientos)
 - ¿Qué pasa con el polen que sí viajó y fertilizó?

Los Agricultores tradicionales mantienen la diversidad genética: maíces no se contaminan los unos a los otros- se mantienen separados



Es necesario considerar si el rasgo transmitido perdura

- El cruzamiento puede suceder entre maíces que crecen en la misma área geográfica y florecen a la misma vez
- Si hay cruzamiento, el rasgo transmitido perdura? En caso altiplano, no.
- El agricultor selecciona los maíces que más se apegan a su preferencia cultural para semilla.

Maíz y Biodiversidad

- 16. No hay razón alguna para prever que un transgén habría de tener efectos mayores o menores en la diversidad genética de razas nativas o teocintles que otros genes de cultivares modernos empleados en forma similar.



Efectos del maíz transgénico en México.
Conclusiones y recomendaciones
Informe del Secretariado
conforme al artículo 13 del ACAAN
Comisión para la Cooperación Ambiental
de América del Norte
8 de noviembre de 2004

Otros mitos

- El maíz transgénico se convertirá en una maleza: El maíz necesita desgranarse para reproducirse
- El maíz transgénico causará esterilidad en todos los demás maíces:
 - En los 90 se desarrolló el maíz terminador, cuyo polen es infértil, para proteger el medio ambiente
 - Nunca se comercializó, por protestas contra tener que adquirir la semilla cada año
 - Agricultores orgánicos piden que se comercialize

Después de 8 años, no hay evidencia de “contaminación” del maíz

PNAS

Absence of detectable transgenes in local landraces of maize in Oaxaca, Mexico (2003–2004)

S. Ortiz-García*, E. Ezcurra*†, B. Schoel‡, F. Acevedo§, J. Soberón¶, and A. A. Snow||**

*Instituto Nacional de Ecología, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Avenue Periférico Sur 5000, Colonia Insurgentes Cuicuilco, Delegación Coyoacán, 04530 México D.F., Mexico; †Genetic ID North America, Inc., Fairfield, IA 52556; ‡Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad en México, Avenida Liga Periférico–Insurgentes Sur 4903, Colonia Parques del Pedregal, Delegación Tlalpan, 14010 México, D.F., México; and ||Department of Evolution, Ecology, and Organismal Biology, Ohio State University, Columbus, OH 43210

Edited by Barbara A. Schaal, Washington University, St. Louis, MO, and approved June 21, 2005 (received for review April 22, 2005)

In 2000, transgenes were detected in local maize varieties (landraces) in the mountains of Oaxaca, Mexico [Quist, D. & Chapela, I. H.

Quist, D. & Chapela, I. H. (2002) *Science* 295: 1312–1315]. The government of Mexico imposed a de facto moratorium on all environmental releases of GM maize starting in 1998 and continuing through 2004, as

Beneficios: Reducción de Fumonisinas



Fumonisinas: Cancerígeno y bloqueador de adsorción de Ácido fólico



El maíz con BT podría ayudar a eliminar el defecto del tubo neural

Beneficios para la Salud: Biotecnología del Maíz

- No se necesitan tratamientos químicos en la semilla de maíz Bt.
- Micotoxinas 30-40 veces menores que en el maíz convencional en las mismas plantaciones



Maíz y fumonisinas

- Relación entre consumo de maíz contaminado de fumonisinas y defectos del tubo neural ...
GUATEMALA 5X mayor cantidad de casos que el promedio mundial!!!



Alimentos dorados (con vitamina A)



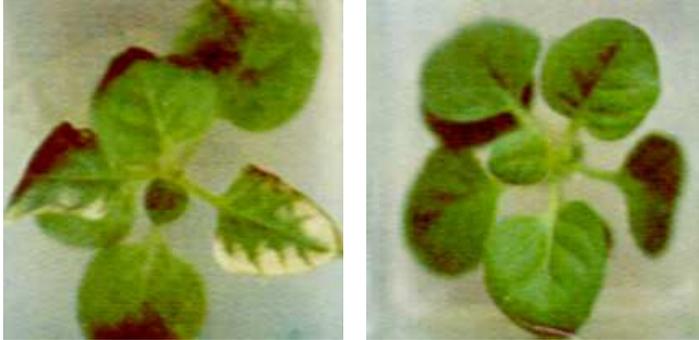
Arroz blanco

Arroz dorado
Segunda generación

Papa dorada
(Diretto et al 2007)

Resistencia a estrés abiótico

Tolerancia
contra heladas



Arroz con
absorción más
eficiente de hierro



Drought-resistant maize

BY WANDERA OJANJI

THE African Agricultural Technology Foundation (AATF) has unveiled a Sh3 billion (US\$ 47 million) initiative to develop drought-tolerant maize varieties for small-scale farmers in Sub-Saharan Africa.

The initiative, Water Efficient Maize for Africa (Wema), brings partners from both the private and public institutions to address the devastating effects of drought on food security and livelihoods of small-scale farmers and their families.

Wema is funded by the Bill & Melinda Gates Foundation and the Howard G. Buffett Foundation.

AATF unveiled the initiative at the end of a two-day planning meeting in Kampala that included representatives from each of four countries participating in the project - Kenya, Uganda, Tanzania, and South Africa.

Dr Mpoko Bokanga, Executive Director, AATF, noted that the partners will use both conventional breeding methods such as marker-assisted breeding and modern biotechnology approaches such as genetic engineering to develop the maize varieties.

The partners include the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), Monsanto Company, and the national agricultural research organizations in the participating countries.

Cimmyt will provide conventionally developed drought tolerant high-yielding maize varieties that are adapted to African conditions and expertise in conventional breeding and testing for drought tolerance.

Monsanto and BASF will provide drought-tolerance technologies and transgenes that they have developed through their collaboration for free.

Bokanga noted that AATF, Cimmyt and Monsanto had signed a legal agreement so that any drought tolerant maize variety that is developed under Wema will be licensed to AATF. The Foundation will then identify local seed multipliers to make the seed available to small-scale farmers at the regular price of maize without royalty - a percentage of gross or net profit or a fixed amount per sale that the owner of the intellectual property rights is entitled to by contract.

The national agricultural research systems, farmers' groups, and seed companies will contribute their expertise in breeding, regulatory issues and will be responsible for country-specific implementation of Wema including project governance, testing, crop evaluation, seed production and distribution explained Dr. Denis Kyetere, Director General, National Agricultural Research Organization of Uganda.

The first conventional varieties developed by Wema could be available after six to seven years of research and development. The transgenic drought-tolerant maize hybrids will be available in about ten years, according to Dr Bokanga.

Professor Calestous Juma, Director of the Science, Technology and Globalisation Project at Harvard



HARDY CEREAL

► The drought resistant-maize plan to cost Sh 3 billion◀

University believes the Wema project is a powerful signal of the relevance of biotechnology to African agriculture.

The partners estimate that the maize products developed over the next 10 years could increase yields by 20 to 35 percent under moderate drought, compared to current varieties. This increase would translate into about two million additional tons of food during drought years in the participating countries, meaning 14 to 21 million people would have more to eat and sell.

A critical component of the project is to ensure that the small-scale farmers in the region have access to the new seed. Supporting farmer transition from traditional farming methods or technologies to use of best management practices, access to hybrid seed and extension services will be critical to ensure they realize the maximum benefits of drought tolerant traits.

Similarly, support to strengthen the local seed industry to manufacture seed of the quality and volume will be important to ensure farmer choice.

Bokanga noted that many seed companies in the region lack the expertise and facilities necessary to manufacture of the quality and volumes required.

Africa is a drought-prone continent, making farming risky for millions of small-scale farmers who rely on rainfall to water their crops. Maize is the most widely grown staple crop in Africa. More than 300 million Africans depend on it as their main food source. It is severely affected by frequent drought.

In Uganda, drought causes up to 100 percent crop failure in some instances, according to Dr. Kyetere. "Drought is a source of suffering and food insecurity for many people in Uganda and it is recognised as a challenge by the government."

"Drought leads to crop failure, hunger and poverty. Climate change will only worsen the situation," stated Kyetere. "Identifying ways to mitigate drought risk, stabilize yields, and encourage small-scale farmers to adopt best management practices is fundamental to realizing food security and improved livelihoods."

Dr Bokanga lamented that the risk of crop failure from drought is one of the primary reasons why small-scale farmers in Africa do not adopt improved farming practices. "A more reliable harvest could give farmers the confidence to improve their techniques."

Como diferenciamos entre mitos y riesgos reales?

- Realizamos un análisis de riesgo-beneficio
- Seguimos normas de bioseguridad
- Estas ya existen para cultivos mejorados por la ingeniería genética

Cómo decidir si queremos o no la tecnología?

- Normas internacionales: Protocolo de Cartagena (Guatemala es signatario)
- Aplicamos normas de **bioseguridad** y realizamos análisis de riesgo
- Decidimos si el riesgo es aceptable y aplicamos manejo de este riesgo
- En Guatemala: No podemos sembrar transgénicos, sí los consumimos

La Bioseguridad

- A cualquier sustancia que afecte biológicamente al ser humano o medio ambiente, se le pueden aplicar normas de bioseguridad:
 - Procesamiento de alimentos
 - Químicos
 - Especies extranjeras
 - Deshechos de Hospitales
 - Variedades con rasgos novedosos

Bioseguridad en la Agricultura

- Se aplica en cuanto a pesticidas, herbicidas, control biológico de plagas, procesamiento de alimentos, e introducción de especies no nativas.
- NO se ha aplicado antes a la introducción de variedades con historia de uso seguro con rasgos novedosos.

La Bioseguridad de una introducción agrícola tiene dos componentes

- Aseguramiento de la inocuidad ambiental y alimenticia de un organismo vivo o agente biológico.
- Inocuidad ambiental es local/regional
- Inocuidad de alimentos es universal

Un buen análisis de riesgo para una nueva introducción agrícola:

- Depende de la VARIEDAD
- Depende del RASGO NOVEDOSO (gen)
- NO DEPENDE DEL METODO DE MEJORAMIENTO
- SE REALIZA CASO POR CASO

Resumen: Bioseguridad Ambiental

Posibles impactos negativos

- Impacto sobre organismos no blanco
 - No documentados hasta la fecha
- Flujo de genes a especies silvestres
 - Sí hay flujo limitado de genes
 - Igual al que hay entre cultivos mejorados y sus parientes silvestres
 - El flujo de genes no ha dañado a los parientes silvestres
 - Menos en un caso con arroz convencional
- Problemas con insectos resistentes
 - No documentado hasta la fecha
- Problemas con malezas Resistentes
 - Iguales a la agricultura convencional
- “Contaminación” genética
 - Limitada- al igual que variedades convencionales



Realidades: Amplitud de rasgos

- Los transgénicos permiten el intercambio genético entre reinos: Ej. Genes de humano en levadura
- Realizamos un análisis de riesgo-beneficio ambiental y de inocuidad al humano
- Seguimos normas de bioseguridad para manejar el riesgo

LA MAYORIA DE VECES, EL RIESGO NO ES DISTINTO A UN MEJORAMIENTO TRADICIONAL

Conclusiones

- La modificación genética de cultivos es una práctica muy antigua
- El riesgo de una nueva introducción depende del rasgo y el cultivo, no el método de mejoramiento
- La bioseguridad es el grupo de prácticas que mitigan y/o manejan riesgo biológico
- Para introducciones agrícolas, se basa en el análisis de riesgo y se realiza caso por caso

Pensemos en Grande

- Los transgénicos son una opción entre varias para mejorar la productividad agrícola y alimentar al mundo
- La presión poblacional sube
- La biodiversidad esta amenazada por distintos frentes
- No podemos penalizar una tecnología por problemas preexistentes.

Muchas Gracias

Preguntas?

Agradezco las diapositivas de:

- Wayne Parrot, Universidad de Georgia
- Bruce Chassy, Universidad de Illinois
 - Karla Tay, USDA-FAS

Criterios Ambientales:

La inocuidad ambiental depende de la variedad y el rasgo novedoso, evalúa:

- Potencial invasivo de la variedad (malezas)
- Efecto en organismos no blanco
- El potencial para flujo horizontal de genes que pueda crear "supermalezas"
- Potencial de ocasionar resistencias en plagas
- Efectos en la biodiversidad

Para alimentos derivados de cultivos mejorados:

- La inocuidad alimenticia depende de la inocuidad del ADN insertado, las proteínas generadas por este ADN, y la inocuidad de los posibles cambios en composición nutricional.

Se evalúa:

- Alergenicidad
- Toxicidad
- Valor nutritivo y composición

¿Cómo se evalúa la bioseguridad? Análisis de Riesgo-Beneficio

- **Se utiliza el concepto de familiaridad:**

Los cultivos mejorados por la ingeniería genética no deberían presentar riesgos diferentes a aquellos presentados por los cultivos mejorados tradicionalmente para rasgos similares y cultivados en condiciones similares.

La bioseguridad basada en ciencia debe comparar situaciones equivalentes

- Ej. Plantas con resistencia a insectos contra parcelas donde se aplica insecticidas.
- Ej. Composición nutricional vs. Variabilidad de las variedades que consumimos normalmente.
- La plantas modificadas por mejoramiento convencional tienen un récord de uso seguro

Un buen análisis de riesgo para una nueva introducción agrícola:

- Depende de la VARIEDAD
- Depende del RASGO NOVEDOSO (gen)
- NO DEPENDE DEL METODO DE MEJORAMIENTO
- SE REALIZA CASO POR CASO

No solo se consideran los riesgos, sino también los BENEFICIOS

- Los transgénicos tienen mejor rendimiento por área que los cultivos tradicionales = Menos Tala de Bosque
- Los transgénicos tienen el potencial de utilizar menos fertilizante, menos agua y poseer mejor valor nutricional que los cultivos tradicionales = menos uso de recursos naturales

Transgénicos vs. Nuevas variedades

Inquietud	Es Científica?	Variedad tradicional	Transgénico
Erosión genética	Si	Si	Si
Super Malezas	Si	Si	Si
Causará infertilidad en maiz	No	No	No

Aplicando estos criterios

Riesgo nulo o mínimo

- Soya RoundupReady
- Caña, café arábico, piña, palma aceitera

- Riesgo bajo

- Maíz, algodón

- Riesgo moderado

- Maicillo

- Riesgo alto

- ¿?



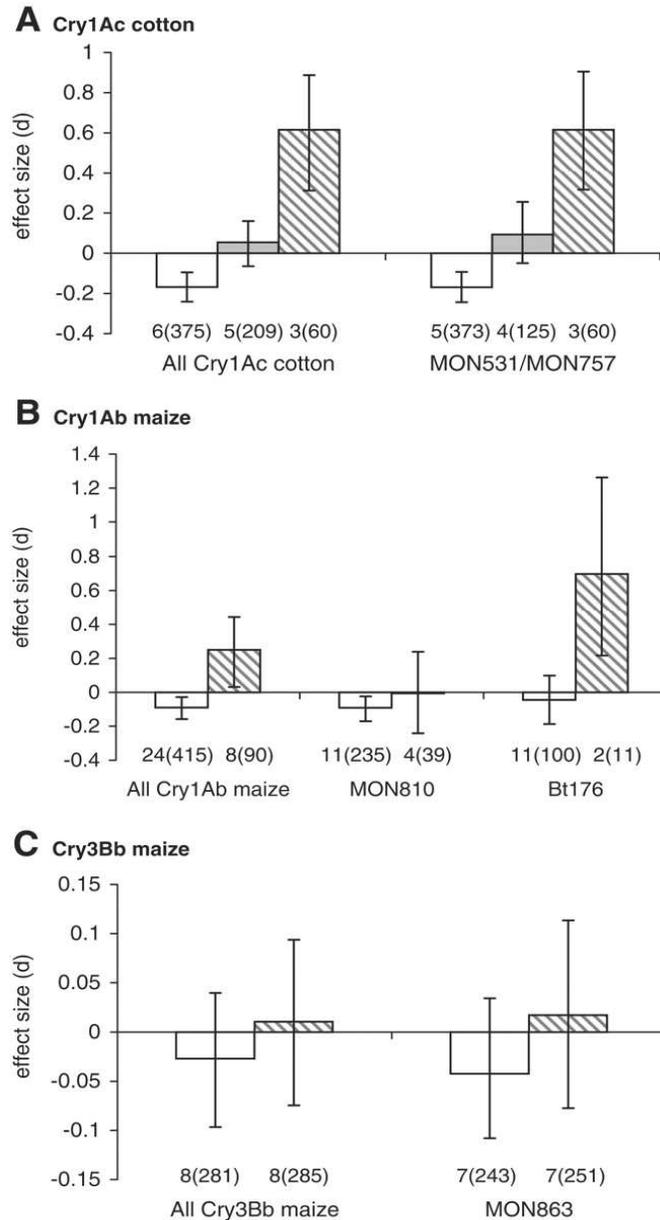
Resumen

- Primero se hacen estudios de campo
- Los requisitos de aislamiento y monitoreo dependen de
 - Historia del cultivo convencional en Guatemala
 - Las características del cultivo
 - Las características del gen
- Evaluación con respecto a las prácticas actuales
 - Insecticidas, erosión, rendimiento

Biotecnología como blanco de críticas hacia nuestro sistema agrícola

- La gran mayoría de críticas ambientales hacia los transgénicos aplican también a todos los cultivos con rasgos mejorados (ej. por vías tradicionales, mutagénesis)
- El flujo genético, erosión genética, adopción de nuevas variedades, monocultivos, impacto en organismos no blanco YA SUCEDE SIN TRANSGENICOS
- No es sensato impedir una tecnología que puede mejorar el ambiente, sino promover estrategias integrales de protección ambiental

Invertebrados no-blanco



 Diferencia entre transgénico y no transgénico SIN insecticidas

 Diferencia entre transgénico y no transgénico, ambos CON insecticidas

 Diferencia entre transgénico y no transgénico CON insecticidas

- En unos casos, no hay diferencia
- En otros, sin insecticida > transgénico > insecticida

Marvier et al., 2007. A meta-analysis of effects of Bt cotton and maize on non-target invertebrates. *Science* 316:1475-1477.

