



La Biotecnología y el cambio climático

Cámara de diputados 21 de Julio 2010

Luis Herrera Estrella



Algunos Problemas Potenciales del Cambio Climático en la Agricultura

- Aumento en la concentración de CO₂ en la atmósfera

(aumentó en los últimos 250 años de 280 a 380 ppm y puede llegar a 550 ppm para el año 2050)

- Aumento de la temperatura de 1.4 a 3 grados centígrados

- Aumento en la concentración de ozono

- Aumento en la concentración de óxido nitroso

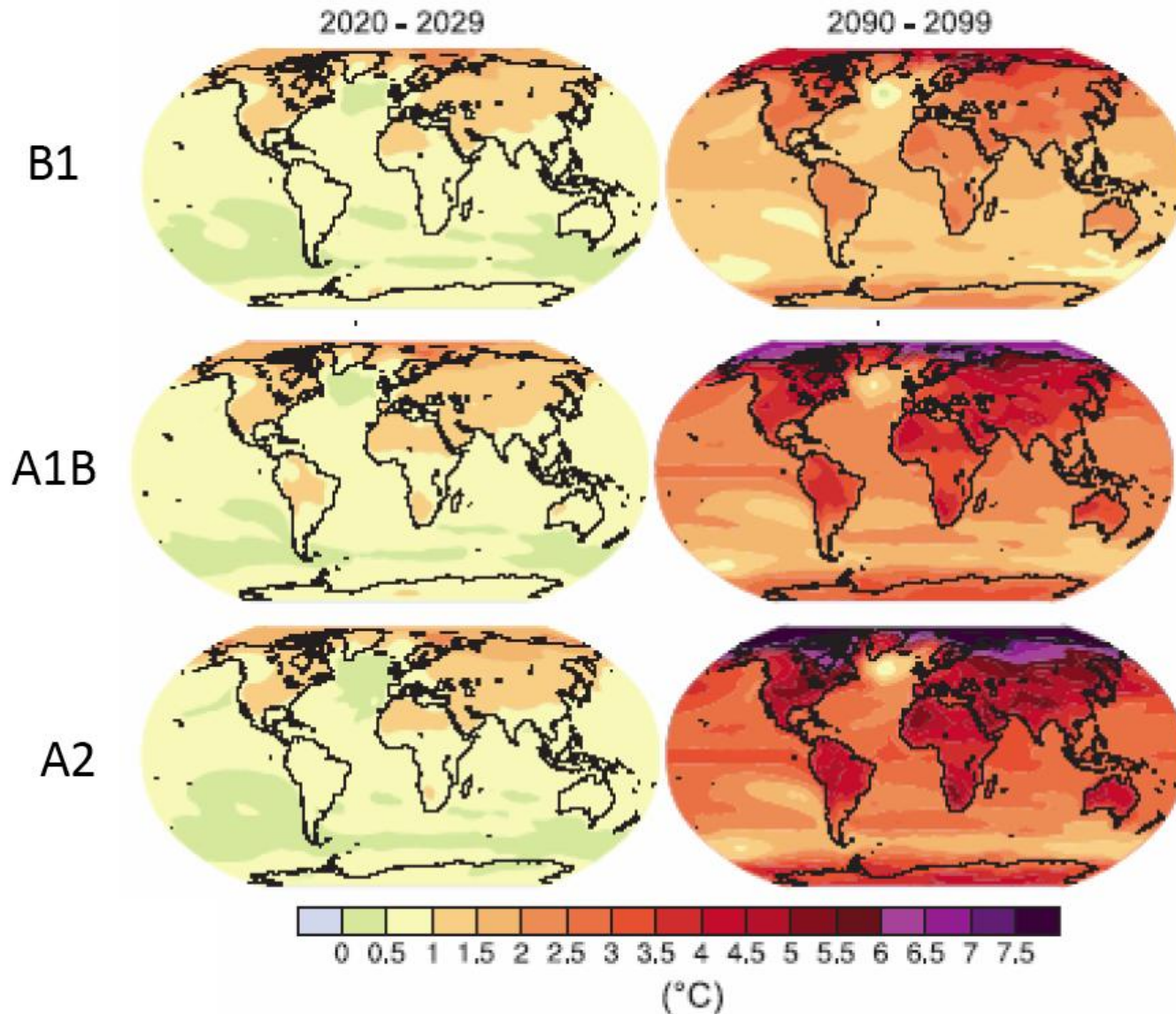
- Alteraciones en las precipitaciones pluviales

- Menor disponibilidad de agua

- Nuevas plagas

Hay todavía mucho debate sobre el verdadero impacto del aumento en la concentración de los gases de efecto invernadero

IPCC Projections of Surface Temperatures



Precipitation

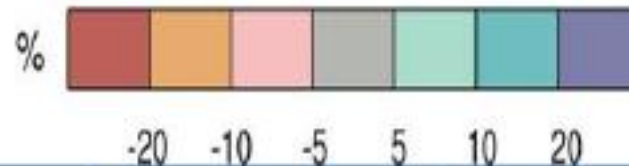
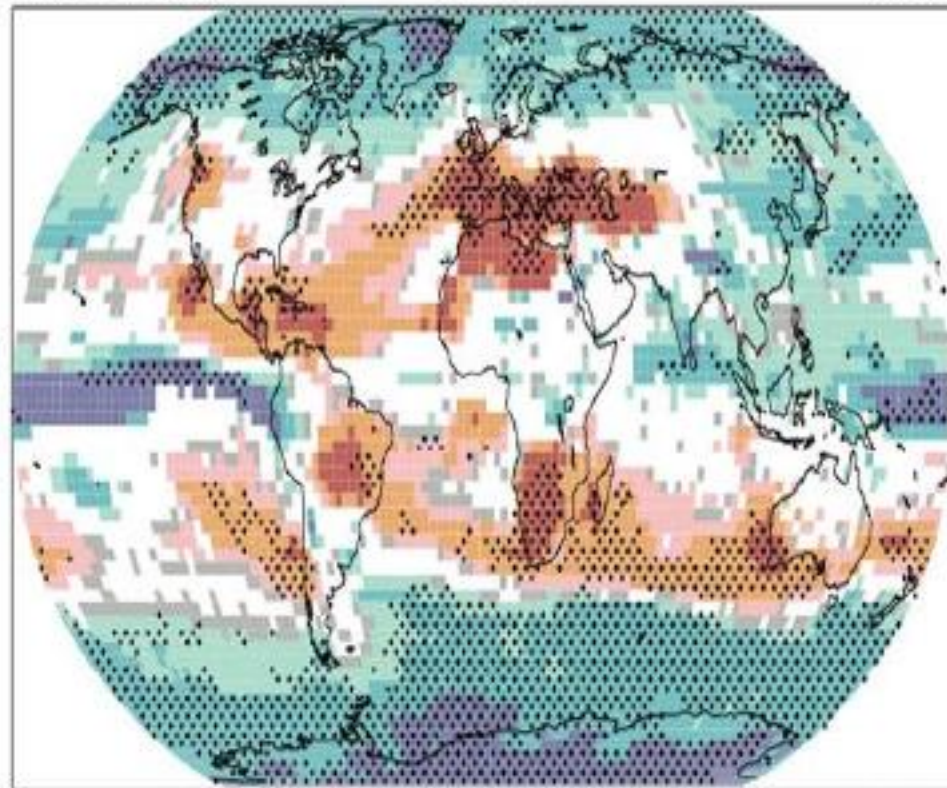
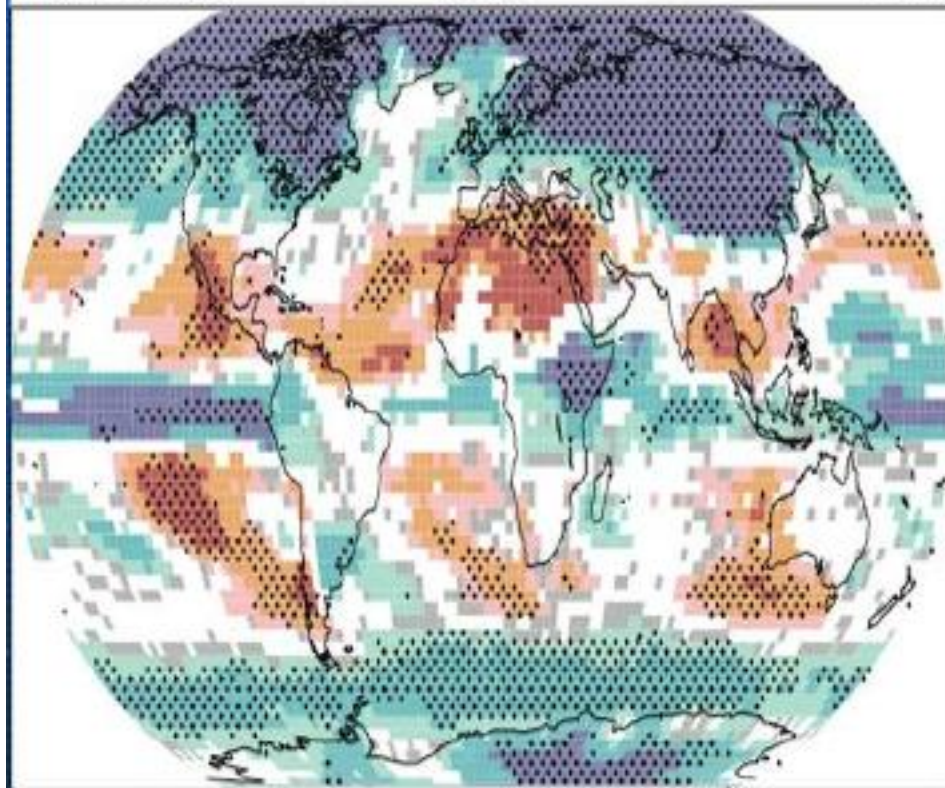
multi-model

A1B

DJF multi-model

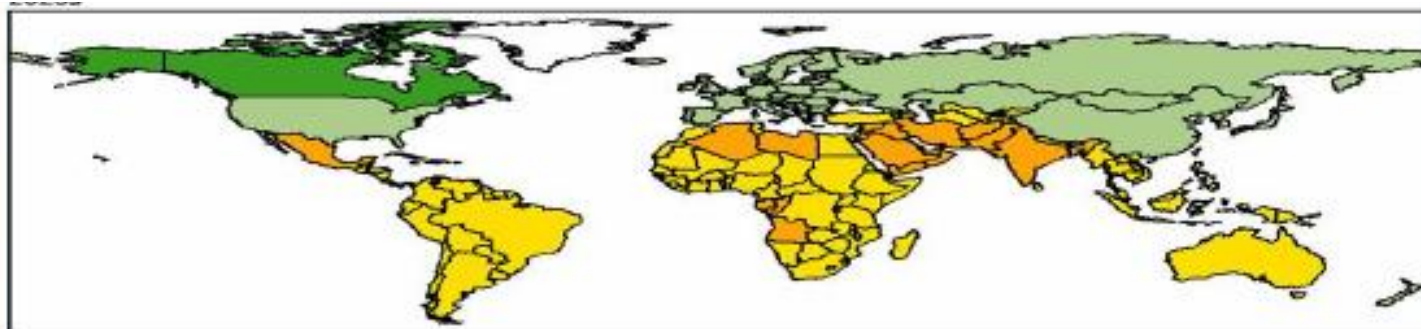
A1B

JJA

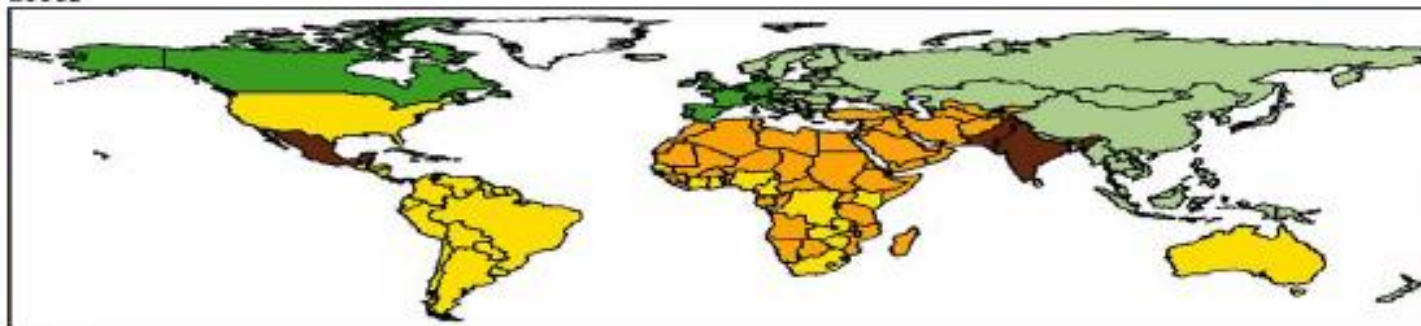


©IPCC 2007: WG1-AR4

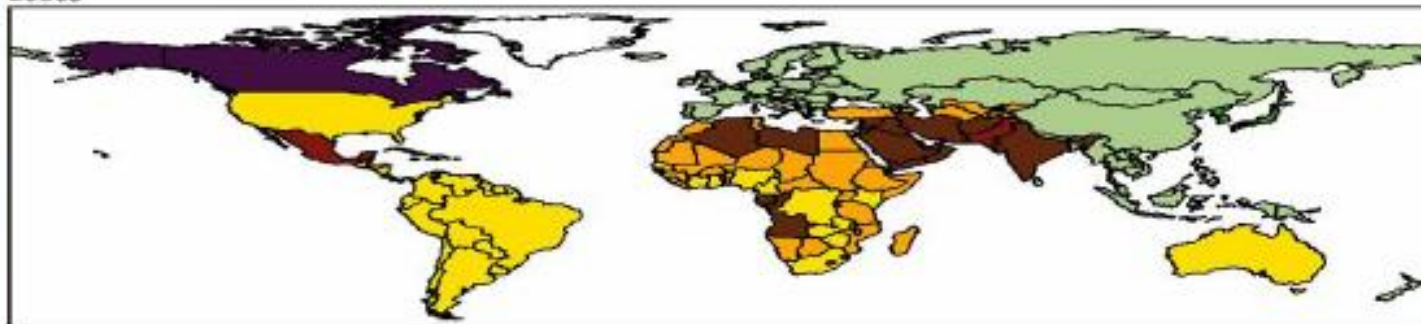
Se predice que la producción agrícola disminuirá en la regiones tropicales y subtropicales, pero se incrementará en en algunas zonas del de las latitudes altas



2050s



2080s



Yield Change (%)



La evaluación del impacto del cambio climático en la agricultura es difícil de predecir.

El aumento en la concentración de CO₂ puede tener un impacto benéfico en la productividad agrícola especialmente para las plantas con fotosíntesis tipo C₃

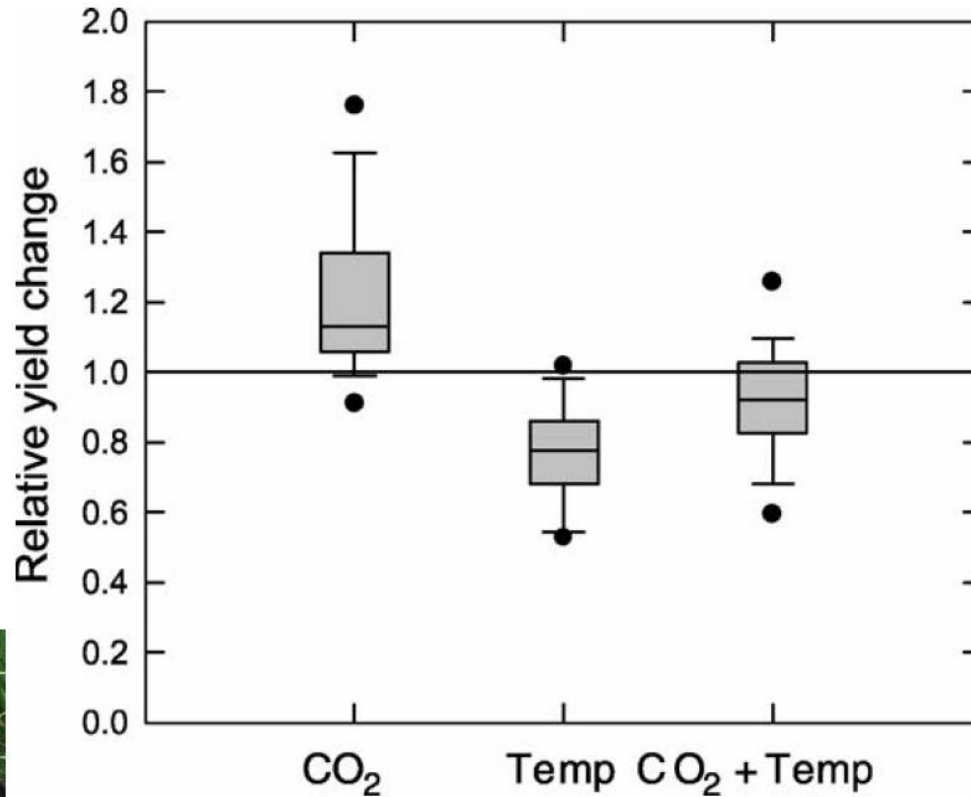
Un aumento en la concentración de CO₂ en la atmósfera puede disminuir el requerimiento de agua para la agricultura

Cambios en la concentración de CO₂ puede disminuir el efecto negativo del aumento en la concentración de ozono en la atmósfera

Table 7.1 Average percent change in economic yield, final above-ground biomass, individual seed or grain weight, and harvest index of crops grown at elevated [CO₂] (~550 ppm) in FACE experiments. Bold numbers represent statistically significant changes (p<0.10) reported in primary literature sources

Crop	Economic yield (%)	Above-ground biomass (%)	Individual seed or grain weight (%)	Harvest index (%)
Soybean ^a	+14	+16	0	-2
Wheat ^b	+13	+10	-	-
Rice ^c	+13	+27	+1	-2
Potato ^d	+34	-5	-	-
Oilseed rape ^e	+18	+17	+18	-3
Maize ^f	0	-2	-1	-2
Sorghum ^g	+4	+9	-1	-2

The combination of elevated [CO₂] and warming of 1.6 – 4.0 °C has a negative effect on wheat yield.



Que podemos hacer para disminuir el impacto del cambio climático

-Variedades con:

- Mayor eficiencia de uso de agua

- Mayor tolerancia a la salinidad

- Mayor tolerancia al calor (temperaturas 2 o 3 grados más altas).

- Mayor tolerancia a las inundaciones

- Mayor eficiencia de uso de fertilizantes, en particular nitrógeno y fósforo. Menor nitrógeno disminuye las emisiones de oxido nitroso

- Mayor eficiencia de fotosíntesis, que no requiera más agua o fertilizantes

- Biocombustibles de segunda y tercera generación. Derivados de residuos ligno-celulósicos (no de azúcar o almidón) o el uso de algas para producción de aceites.

Problema más grave para la agricultura

Con o sin cambio climático el problema más grave es la disminución en la disponibilidad del agua.

Entre el 70 y 90% del agua es usada en la agricultura.

Es urgente aumentar la eficiencia de uso del agua para propósito agrícolas para tener mayor disponibilidad para otros usos (urbanos e industriales) y reducir el impacto sobre los mantos freáticos.

Como atacar el problema de la disponibilidad de agua

-Por mucho el factor que mayor impacto puede tener es el uso de **sistemas de irrigación** mas eficientes. La tecnología existe, pero se necesitan políticas públicas para implementar programas de estímulos efectivos para que sea adoptada por los productores de manera mas generalizada.

-Labranza cero o mínima de conservación, disminuye la erosión del suelo, ayuda a la fertilidad, menor consumo de agua. Requiere de herbicidas para control de plagas (OGMs?)

-Desarrollar variedades agrícolas con mayor eficiencia de uso de agua (kg producto final por m³ de agua)

-Desarrollo de variedades con mayor tolerancia a la sequía para zonas de temporal, tanto a nivel vegetativo como reproductivo.



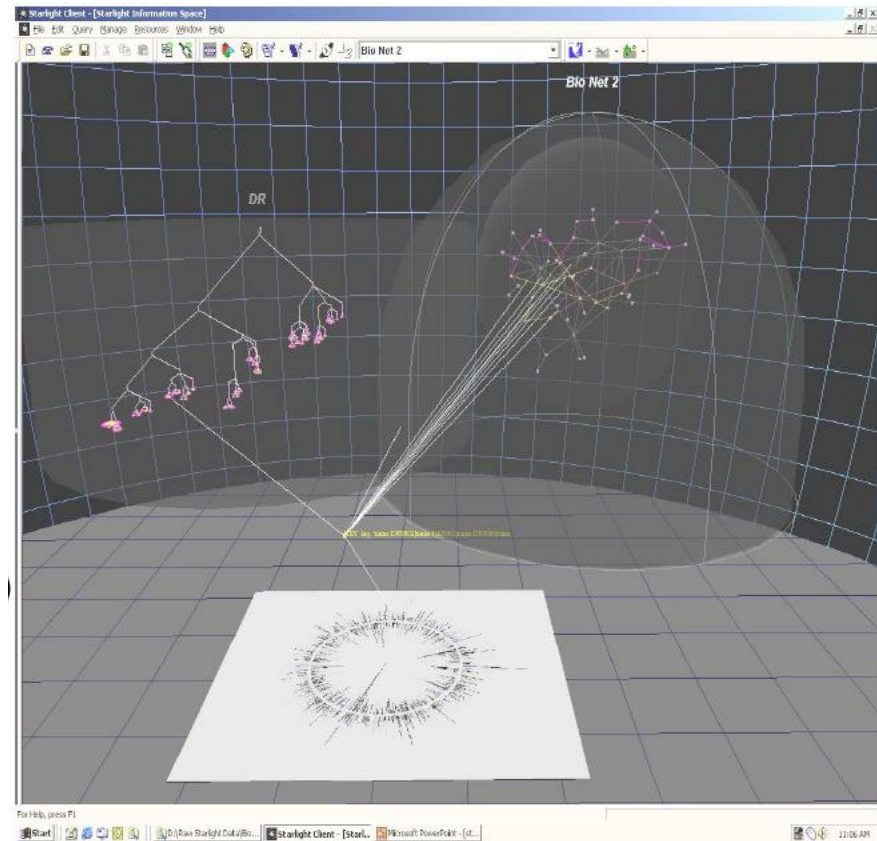
Variedades con mayor eficiencia de uso de agua o tolerancia a la sequía

- Implementar programas de mejoramiento genético a largo plazo, al menos para los cultivos estratégicos para el país
 - Mejoramiento genético tradicional
 - Mejoramiento genético asistido por marcadores moleculares
 - Variedades genéticamente modificadas (OGMs)
 - Mejoramiento asistido por herramientas genómica (Mapeo por asociación y OGMs)
 - Uso de la diversidad genética del país de manera más efectiva

Muchas de las características deseables ya existen en variedades criollas debemos usar toda la tecnología disponible para hacer un uso efectivo de la enorme diversidad genética que tenemos. La genómica una herramienta muy poderosa.

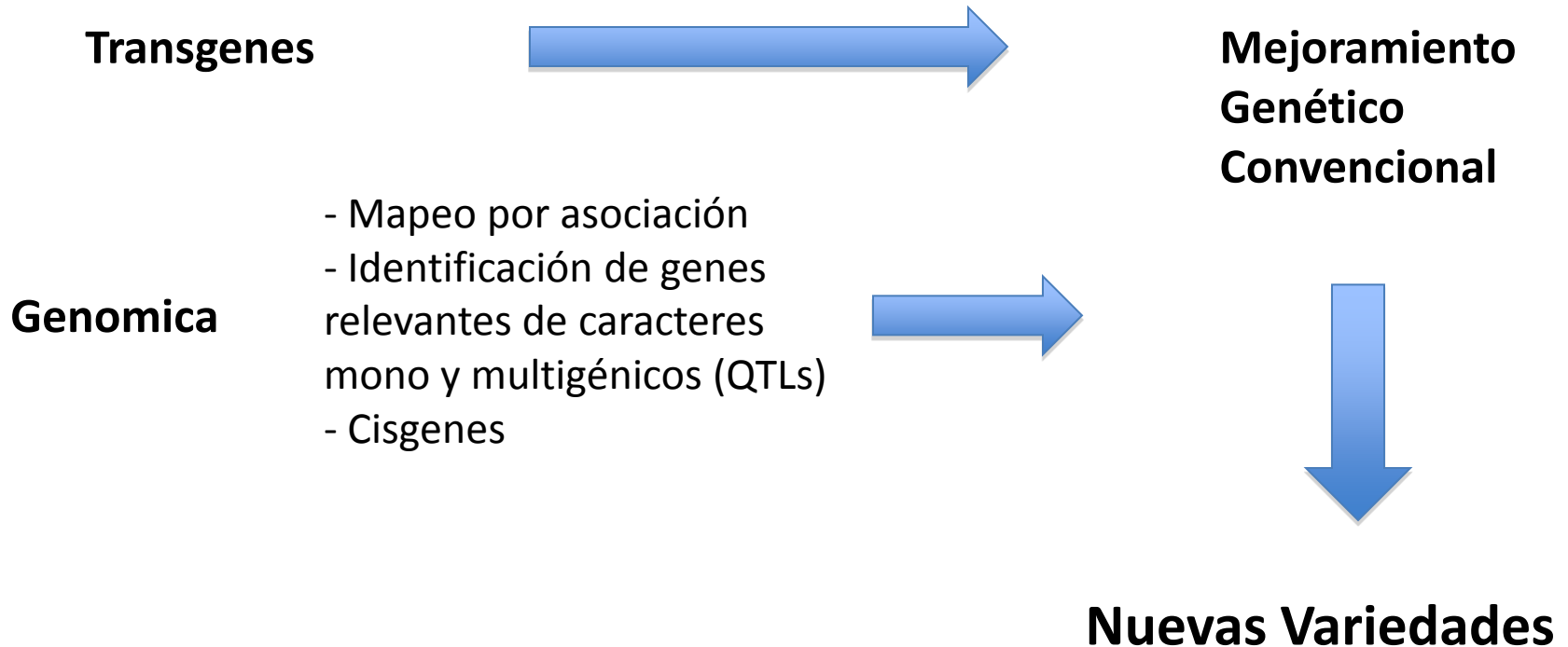
- 1953 Estructura del ADN
- 1970 ADN recombinante, nace la ingeniería genética
- 1983 Se producen las primeras plantas transgénicas
- 1987 Plantas GM resistentes a virus e insectos
- 1990 Se inicia el proyecto del genoma humano
- 1996 Comercialización de las primeras plantas transgénicas
- 2000 Se reporta el genoma de Arabidopsis
- 2004 Se reporta el genoma del arroz
- 2005 Nueva generación de secuenciadores de ADN
- 2009 Se reporta el genoma del maíz
- 2010 Primer genoma bacteriano artificial, nace la biología sintética

La revolución Biotecnológica



Nuevos esquemas de mejoramiento genético

Caracterización y uso efectivo de la diversidad genética (hasta ahora se usó menos del 5%)



Que podemos hacer para disminuir el impacto del cambio climático

-Variedades con:

- Mayor eficiencia de uso de agua

- Mayor tolerancia a la salinidad

- Mayor tolerancia al calor (temperaturas 2 o 3 grados más altas).

- Mayor tolerancia a las inundaciones

- Mayor eficiencia de uso de fertilizantes, en particular nitrógeno y fósforo. Menor nitrógeno disminuye las emisiones de óxido nítrico

- Mayor eficiencia de fotosíntesis, que no requiera más agua o fertilizantes

- Biocombustibles de segunda y tercera generación. Derivados de residuos ligno-celulósicos (no de azúcar o almidón) o el uso de algas para producción de aceites.

Bacterial RNA Chaperones Confer Abiotic Stress Tolerance in Plants and Improved Grain Yield in Maize under Water-Limited Conditions^[W]

Paolo Castiglioni¹, Dave Warner, Robert J. Bensen, Don C. Anstrom, Jay Harrison, Martin Stoecker, Mark Abad, Ganesh Kumar², Sara Salvador, Robert D'Ordine, Santiago Navarro, Stephanie Back, Mary Fernandes, Jayaprakash Targolli, Santanu Dasgupta², Christopher Bonin, Michael H. Luethy, and Jacqueline E. Heard*

Monsanto Company, Mystic Research, Mystic, Connecticut 06355 (P.C., D.W., R.J.B., D.C.A., C.B.,

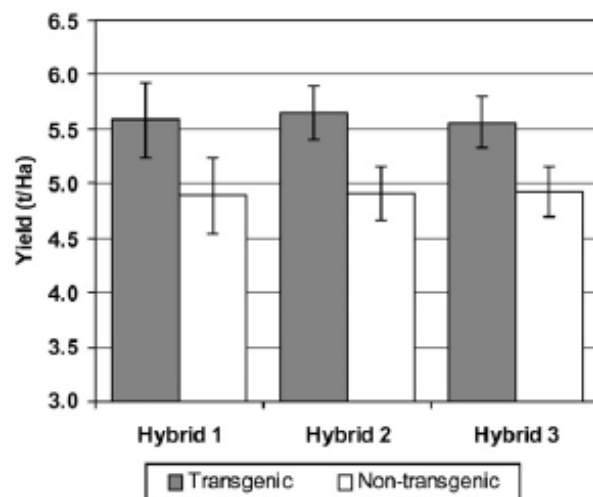


Figure 3. Yield results from Midwest evaluations under water-deficit conditions. Three different hybrids carrying a single transgenic event expressing CspB were evaluated in yield trials across the western dryland market. Yield results were averaged across locations that experienced water-deficit stress during the late vegetative or grain fill periods of the season. Experimental details are described in Supplemental Materials and Methods S1.

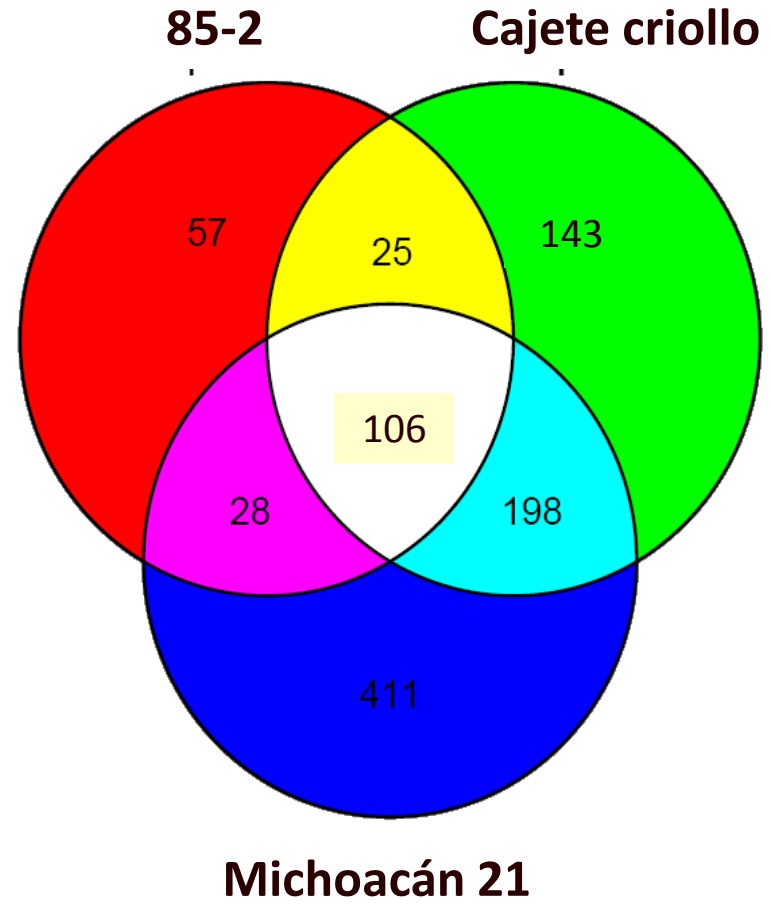
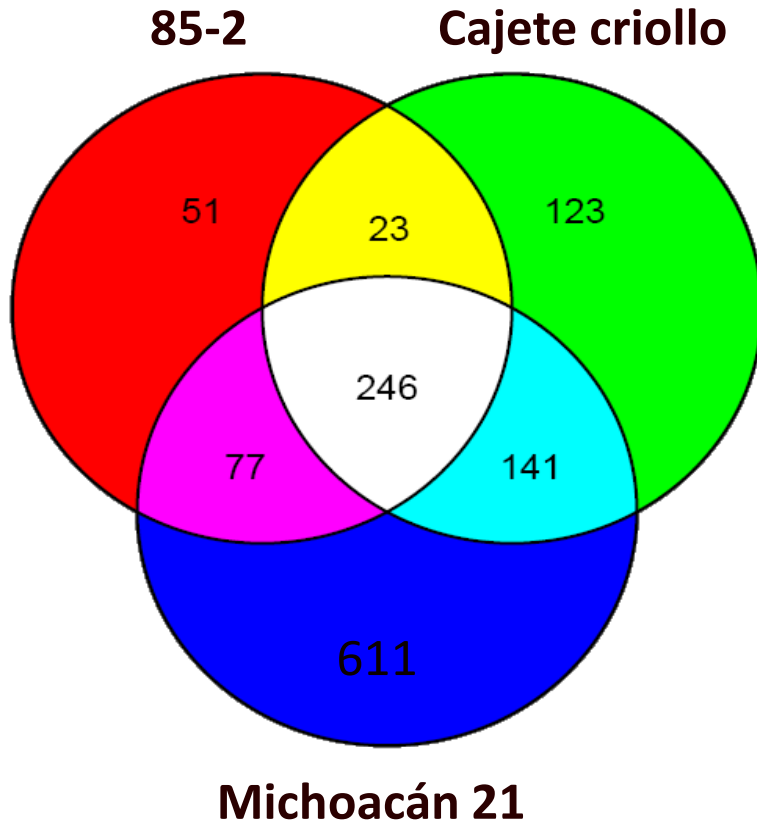
*Efecto de
sobreexpresión de
HAP2´s en la
tolerancia a la
sequía*

15 días sin irrigación

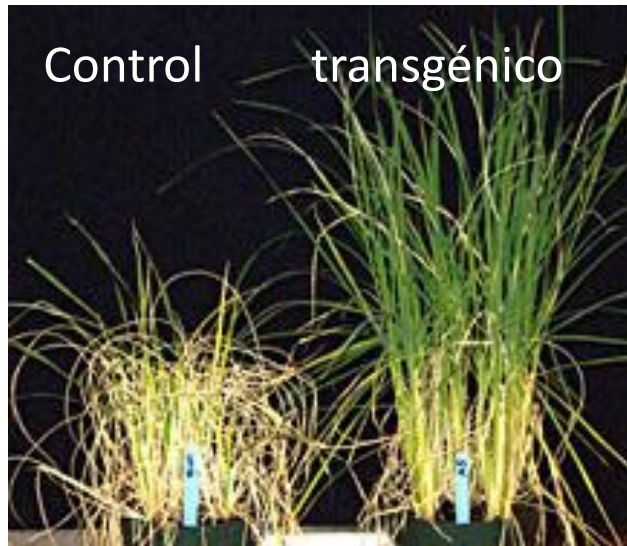


17 días de estrés (Inducidos)

17 días de estrés (Reprimidos)



Expression de un gene que codifica un factor de transcripción inducido por estrés hídrico de la raza Michoacán 21 en arroz y tomates transgénicos



TRZmNF-Y-8
TRZmNF-Y-13
Control

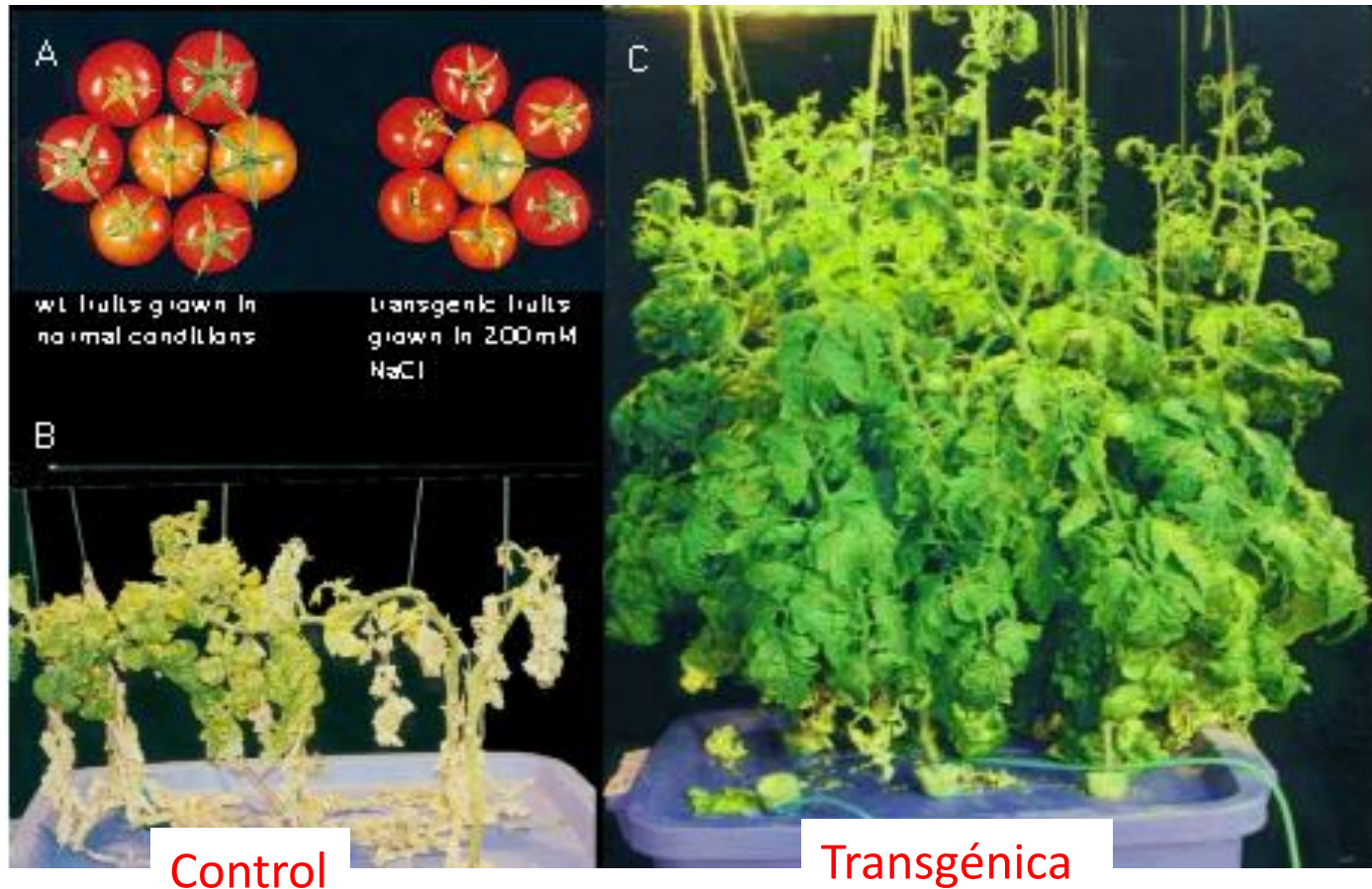


Control transgénico

12 días sequía y 24 horas después de un riego de recuperación

Hayano resultados no publicados

Plantas transgénicas tolerantes a alta salinidad (expresión de un transportador vacuolar de sodio)



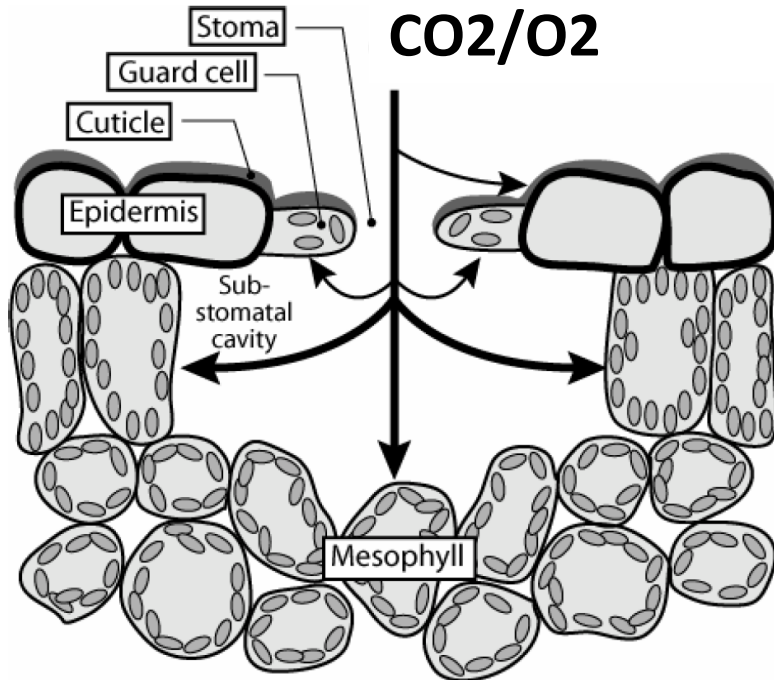
Plantas de jitomate crecidas en 200 mM de NaCl

Factores que afectan la eficiencia de uso de agua

-Fotosíntesis. La enzima que participa en la captura de CO₂ para producir azúcares es muy ineficiente. El O₂ compite con el CO₂.

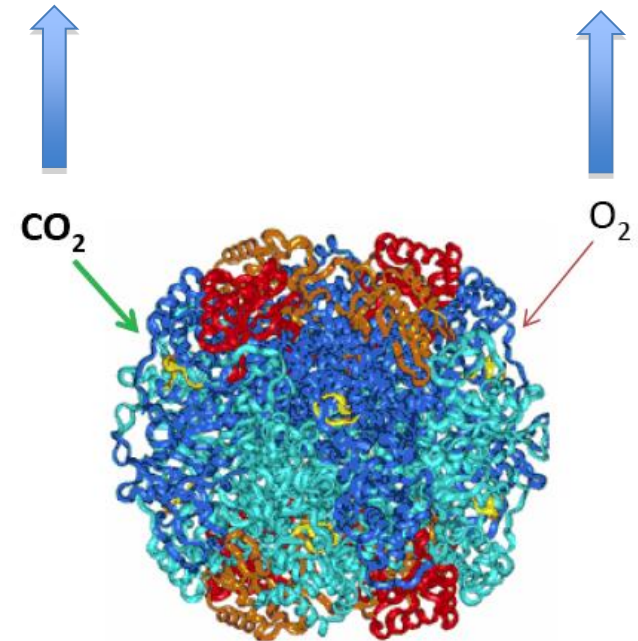
-Intervalo de floración (ASI)

-Acumulación de productos que protegen contra la desecación (algunos azúcares y aminoácidos, entre otros)



Fotosíntesis

Fotorespiración,
perdida de
carbono y energía



Para que entre el CO₂ a la hoja se deben abrir los estomas. Al abrir los estomas entra O₂ que compete con el CO₂ y se pierde agua. La planta necesita producir grandes cantidades de Rubisco, enzima que fija en CO₂ para poder tener una fotosíntesis eficiente, lo que causa en gran parte la necesidad de mucho nitrógeno. Plantas tipo C₄ como maíz tienen un sistema de fotosíntesis más efectivo

Comparación de la eficiencia de una planta C4 (maíz) con una C3 (arroz)

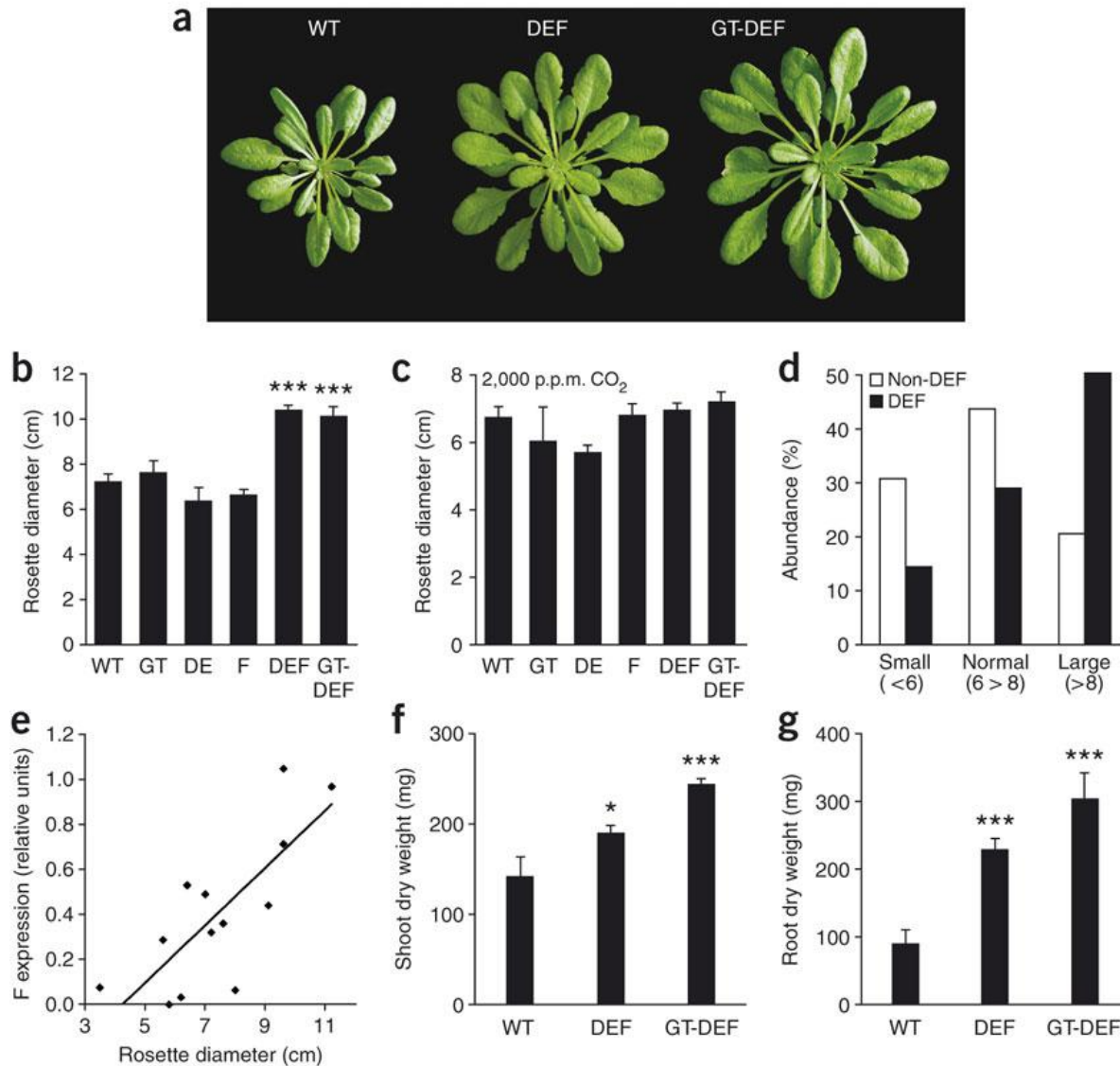
WUE eficiencia de uso de agua, RUE eficiencia de uso de energía luminosa,
PNUE eficiencia de uso de nitrógeno

	WUE g DW/kg H ₂ O	RUE g DW/MJ	PNUE mg DW s ⁻¹ /gN
Zea Maize	2.9 ^a	3.3 ^b	1.6 ^d
Oryza Sativa	1.6 ^{a,c}	2.2 ^b	0.6 ^d
C ₄ /C ₃	1.8	1.5	2.7

Maíz es C4-----Arroz y muchos otros cultivo (frijol, tomate, fresa, etc) son C3

Genes
→

La pérdida de carbono y energía por la fotorespiración (O₂) se puede disminuir introduciendo una ruta metabólica nueva en plantas



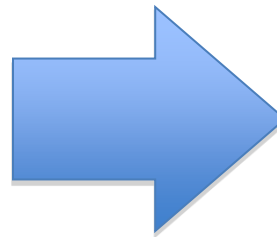
Causa del Uso Excesivo de Fertilizante de fósforo



Bill Volk



20% Usado por los cultivos



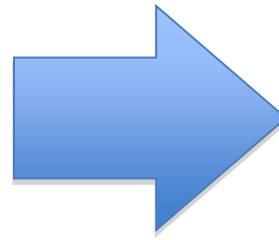
80% Se pierde
Reacciona químicamente con la tierra
Se lo comen microorganismos
y malezas

El fósforo es un nutriente esencial para todos los organismos
Las plantas solo pueden usar al fosfato como fuente de fósforo
¿Podemos producir plantas que usen una fuente alterna de fósforo?

Componente importante para la solución de la crisis del fósforo



Bill Volk



80% Usado por los cultivos

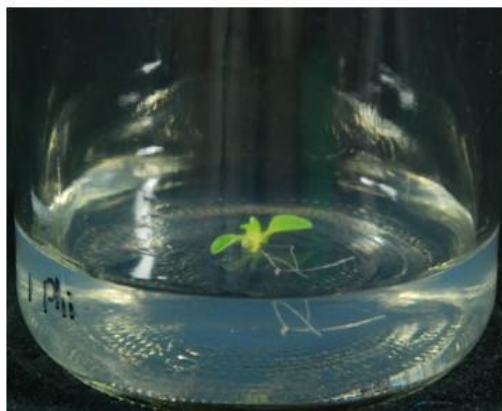
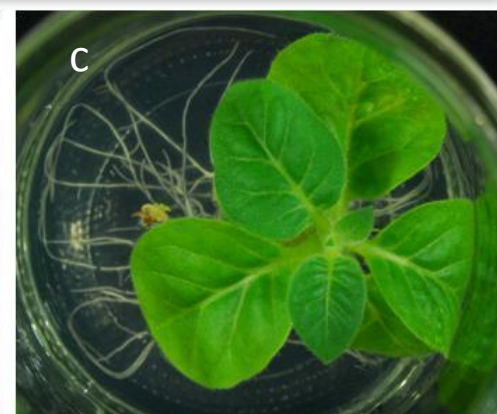
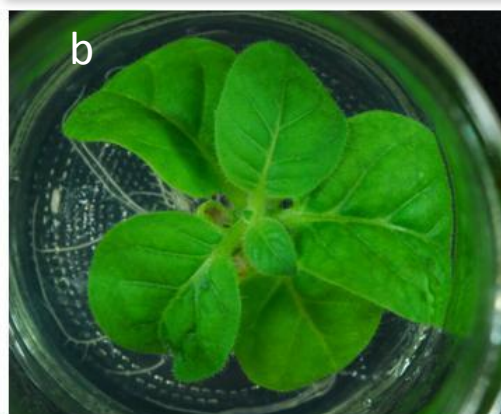


20% Se pierde
Reacciona químicamente con la tierra
Se lo comen microorganismos
y malezas



Semillas control

Semillas Modificadas



Biocombustibles

El uso de azúcares, almidón y aceite de granos y semillas poco deseable. Compite con la producción de alimentos. Poco impacto en la reducción en las emisiones de CO₂, poco rentable, salvo el caso del etanol en Brasil.

La producción de biocombustibles de biomasa es mas rentable, mayor impacto en la reducción de emisiones de CO₂

Para la producción de biocombustibles se requiere producir mayor biomasa sin un aumento de los requerimientos de agua y fertilizantes

- Aumento en la eficiencia fotosintética

- Aumento en la eficiencia de uso de fertilizantes



CONTROL



35::premiR169nm P-9



35::premiR169nm A2-7



35::cDNA Hap2b 5-2



35::cDNA At1g30500 11-1



35::cDNA At5g06510 1-4



35::cDNA Hap2c 1-10



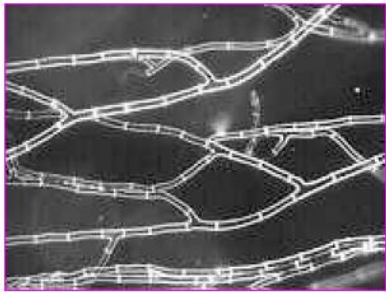
35::cDNA At5g06510 3-1



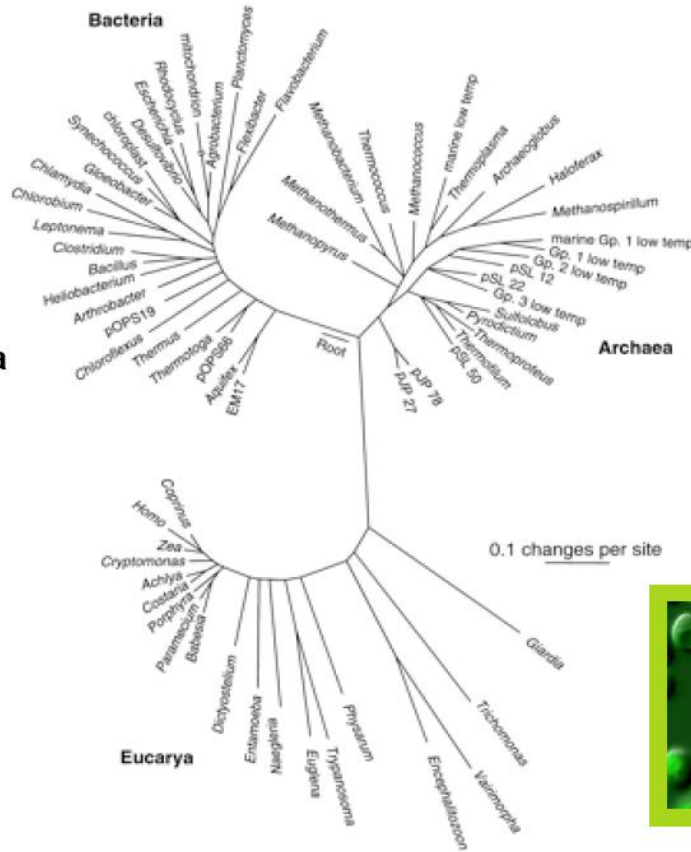
ESTUDIO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD MICROBIANA



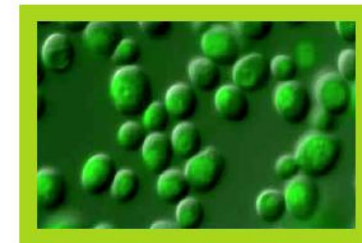
Photosynthetic bacteria



Filamentous fungi



Extremophiles



Microalgae

Los microorganismos pueden degradar y producir un increíble número de compuestos químicos

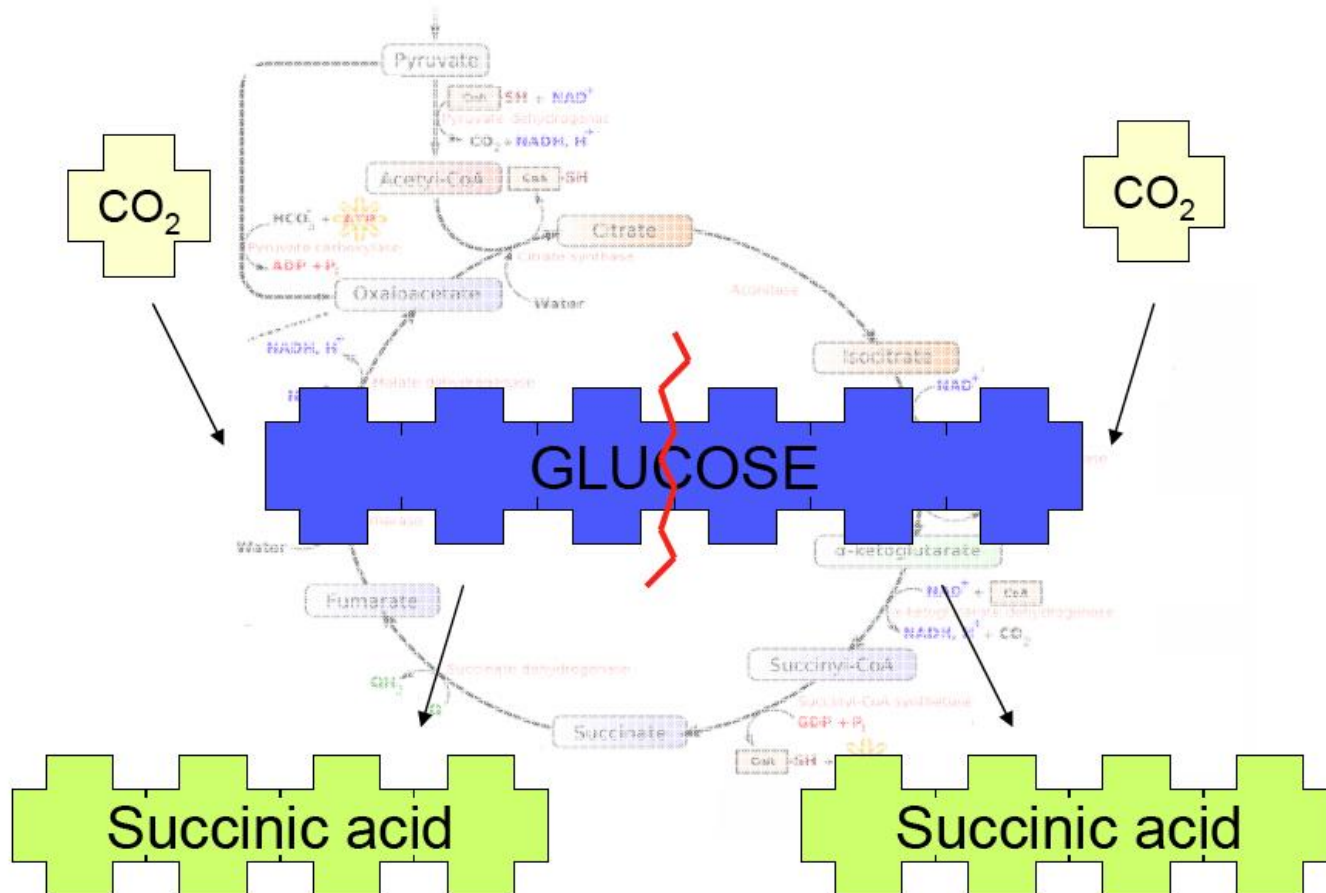
Biotecnología microbiana

Entender las maquinas moleculares para ponerlas a trabajar

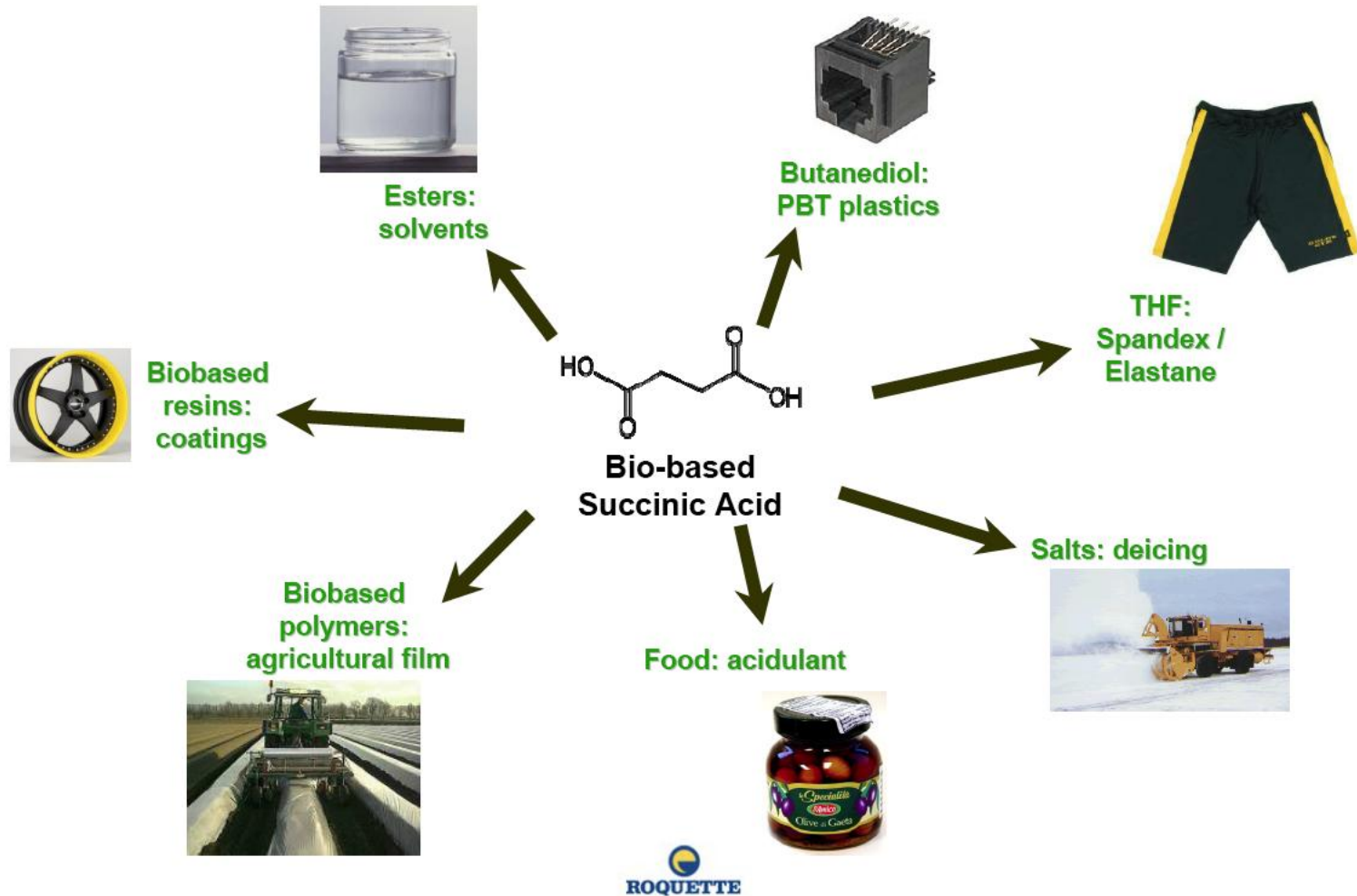


Potenciales con algunos logros importantes
Producir biocombustibles a partir de biomasa

Uso de biomasa para la producción de ácido Succínico como alternativa para la petroquímica secundaria



El ácido succínico como una plataforma para la producción diversos productos alternativos a los derivados del petróleo



Why bio-succinic acid?

Producing succinic acid via biological routes has several advantages:

1. Lower environmental impact

1. No use of fossil fuels (crude oil)
2. Bio-renewable feedstocks
3. Absorbs instead of emits CO₂
4. Cost proposition allows for high volume green chemicals and materials

2. New biobased & biodegradable applications feasible

1. Production of 'green' plastics like PBS (for a.o. agricultural films)
2. Biobased fibers for clothing
3. Bio-based resins (e.g. polymer of bio-succinic acid and isosorbide [biobased product made by Roquette])

Recomendaciones

- Se requiere de un programa de investigación y análisis para determinar el impacto del cambio climático en el país. Fortalecer los existentes y crear nuevos
- Políticas públicas para modernizar los sistemas de irrigación en el país
- Promover la agricultura de cero labranza. Si se requieren transgénicos resistentes a herbicidas, promover la tecnología
- Crear un programa integral e interinstitucional de mejoramiento genético de cultivos estratégicos para el país.
- Política de Estado que integre estas y otras propuestas para promover el desarrollo y sustentabilidad agrícola del país, que incluya el desarrollo de tecnologías para contender de manera efectiva con el cambio climático.

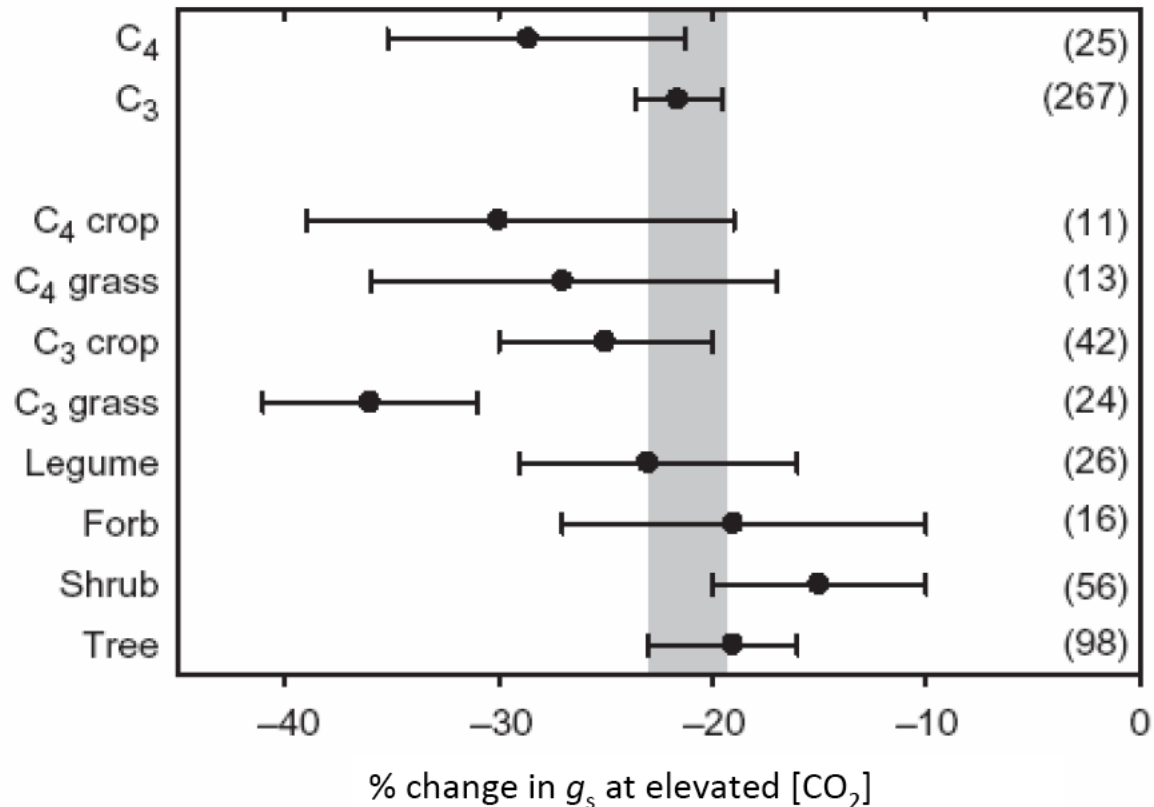
“We will harness the sun and the winds and the soil to fuel our cars and run our factories.”

**Barack Obama inauguration speech
January 2009**



Combination of Technology development - Climate Change/Energy/Sustainability

Stomatal Conductance is Lower at Elevated CO₂



Will rising atmospheric CO₂ protect crops from drought stress?

- Decreased evapotranspiration at elevated CO₂ improves soil moisture (observed for sorghum, cotton, wheat, soybean and maize).
- This improvement in soil moisture means that crops will likely perform better during times of moderate drought.
- However, in severely water limited areas, elevated CO₂ is unlikely to benefit crop production.

**DSM Biotech
Toolkit**

**BioMaterial
products**

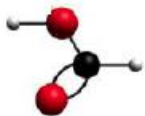


BioPolymers



Compounding
Formulation

**BioBased
Chemicals**



Polymerization
Fermentation

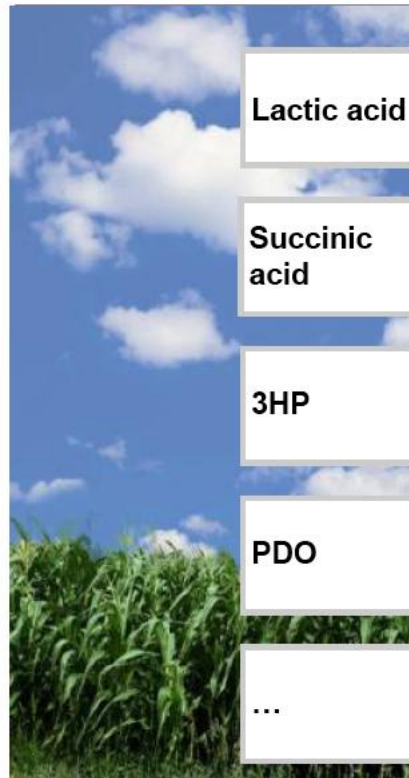
**DSM Market
Strength**



Carbon Source
Other renewables

Fermentation/
Chemical conversion

... new bio-based building blocks could create the next wave of innovation in polymers and beyond



Lactic acid

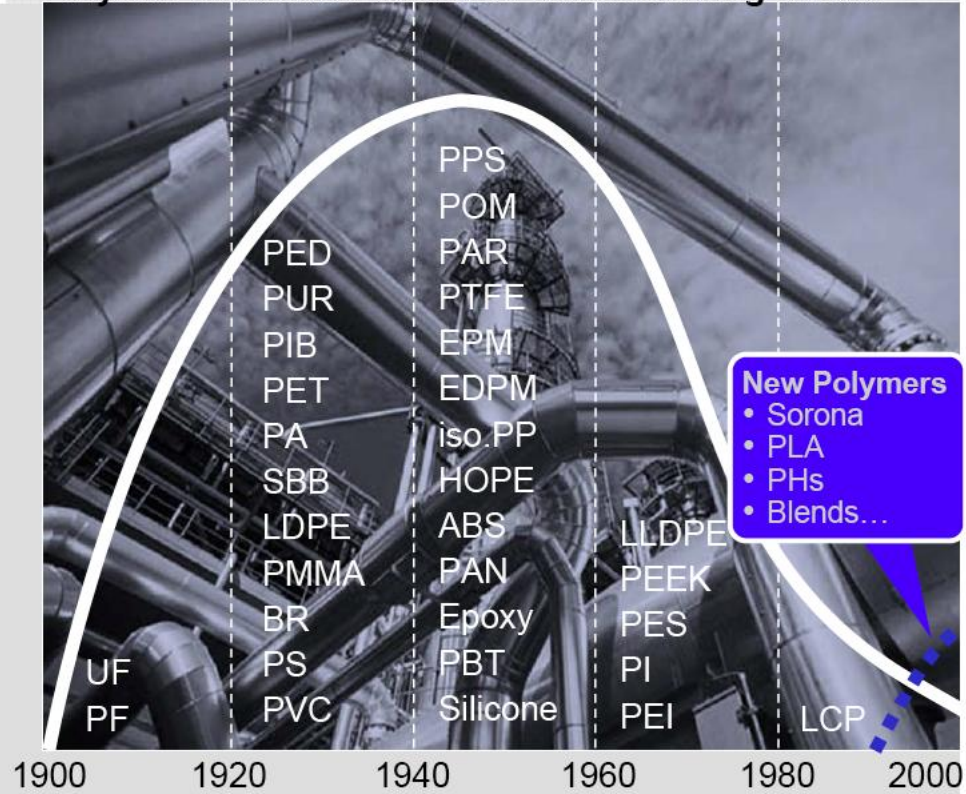
Succinic acid

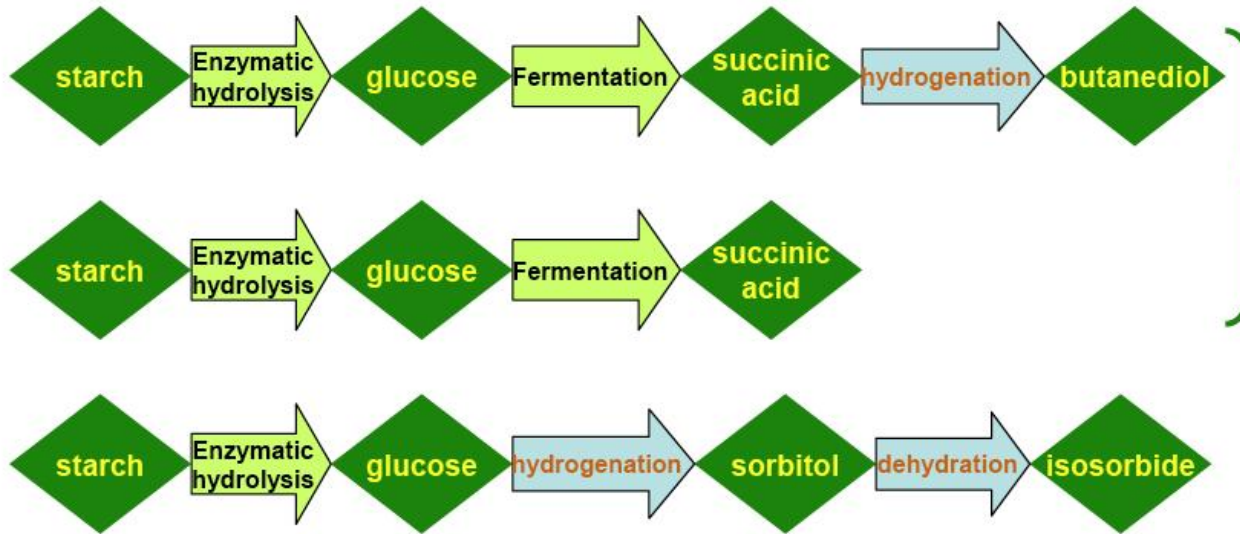
3HP

PDO

...

Polymer innovation based on fossil building blocks





PolyButylene Succinate (PBS)

New biodegradable polyesters for films

Polyisosorbide Succinate (PIS)

New polyesters for coatings

Mulch film based on PBS



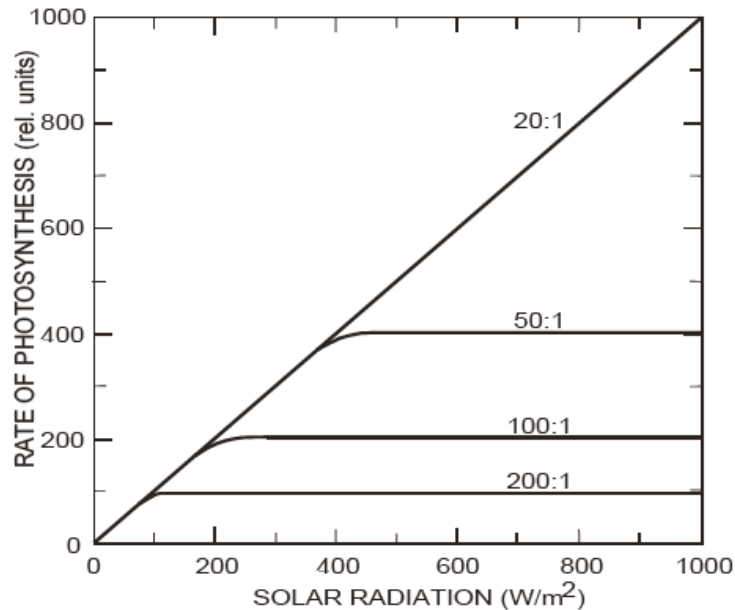
Powder coating based on PIS



Biotechnology Approach to Enhance Photosynthetic Efficiency

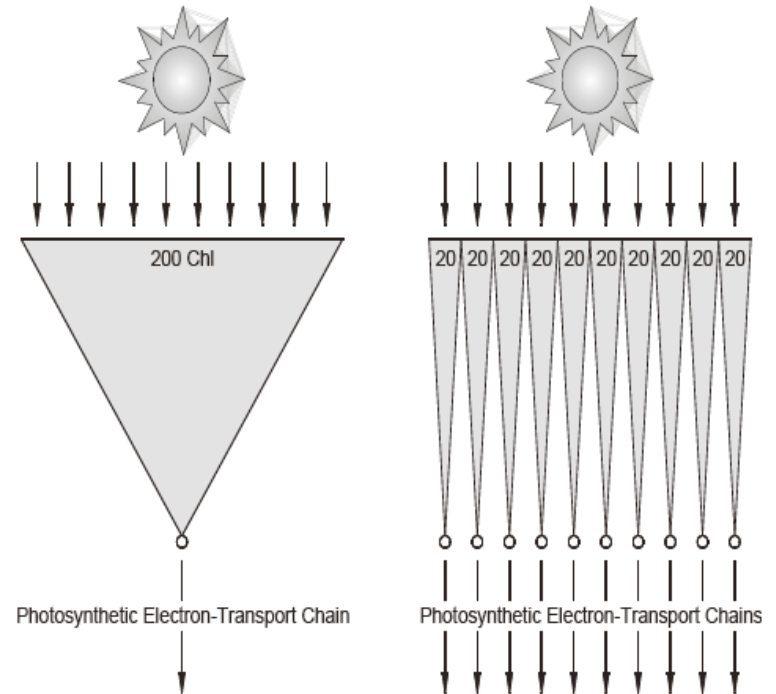
PARAMETRIC CHARACTERIZATION OF THE RATE OF PHOTOSYNTHESIS vs SOLAR RADIATION

VARIABLE CHLOROPHYLL: RC RATIOS



Problem: Light Saturation

Antenna Size and Photosynthetic Efficiency



Solution: Reaction Center Structural Re-engineering

The problem of agriculture

25% of Global Greenhouse Gas Emissions

14% of all EU CO₂ emissions (thanks to subsidies&noGM)

48% of all the methane emissions

70% of the global water use

52% of all nitrous oxide emissions

Agricultural Biotechnology and Climate Change

Mitigation:

No-Tilling Practice (Herbicide Tolerance)

- > Increased soil fertility and carbon capture, less soil erosion, water use less machine use, no ploughing > CO₂ emissions (already reality)

Nitrogen-Use Efficiency (Alanine Aminotransferase)

- > -50% fertilizer use for the same yield, less nitrous oxide, reducing pressure for land use change (proof of efficacy in field trials with rice and wheat) (Company: Arcadia Biosciences, UC Davis)

Improved Efficiency of Photosynthesis (-Photorespiration)

- Increase of plant biomass without adding water or fertilizer (already reality) (Nature Biotechnology 2007, 25(5):593-599)

Adaptation

*Transgenic crops/trees resistant to abiotic stresses:
Drought-Tolerance, Salt-Tolerance, Flood Tolerance*

> Proof-of-Efficacy in the field (Science 625: 662-3, Oct. 2009)

Local adaptation of crop varieties (affordable local breeding)

A scale-neutral technology (if regulation would be fair)

(e.g. flood tolerant but preserving the qualities of the indigenous variety)

Alternative Energy Production

Third Generation Biofuels (genetically engineered algae use sun-light to produce refined oils (Synthetic Genomics, Science 325: 379 (2009) available by 2012): Carbon Dioxide as a Resource

Industrial Biotechnology & Climate Change

Biobased products as substitutes for petrochemical products
(Nature Biotechnology 26(8): 851-3)

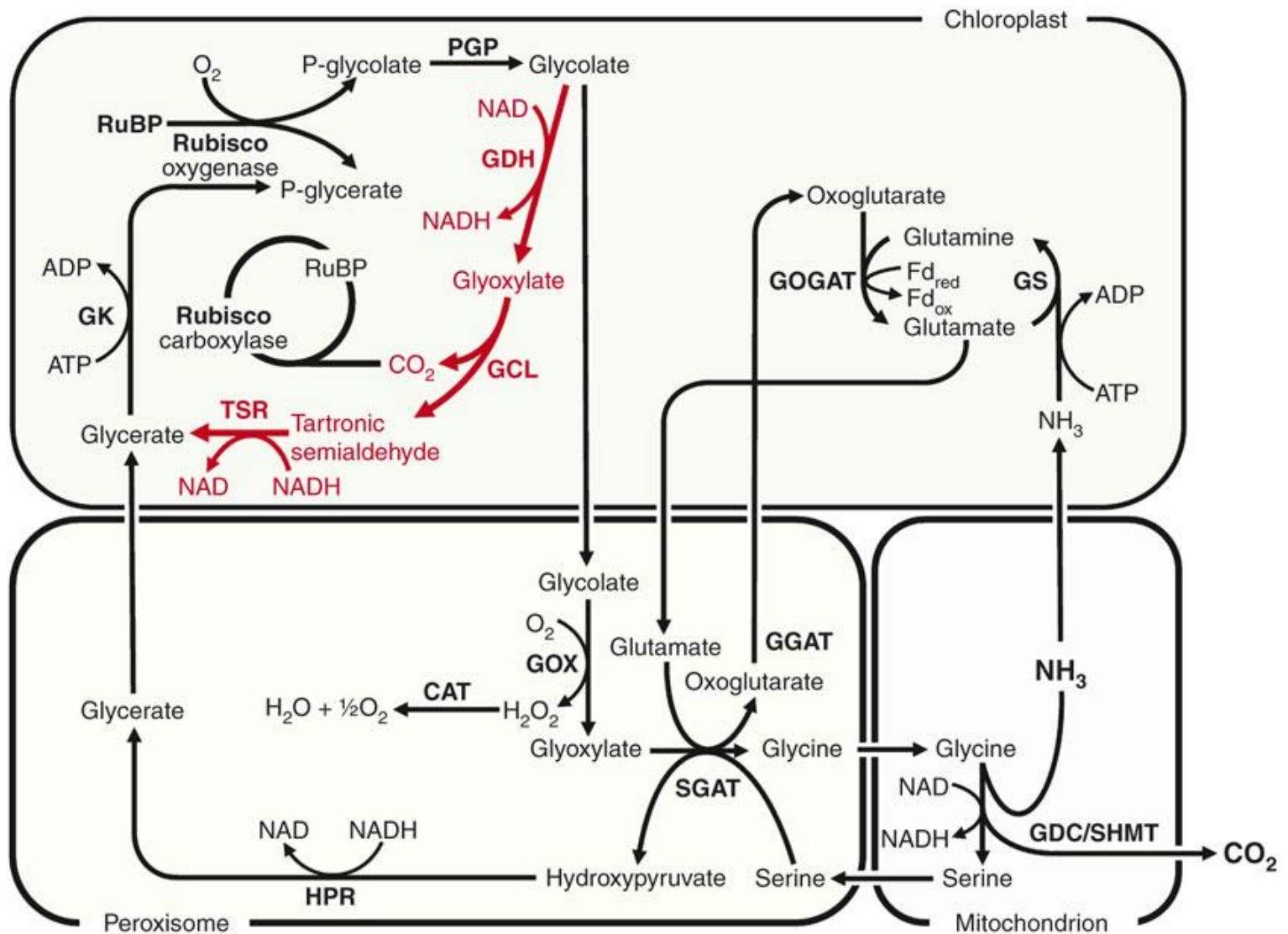
- Renewable and Biodegradable Resource, less energy-intensive in production and disposal

Genetically modified enzymes in the production of feed, food, cosmetics, detergents, paper, textiles, etc)

- > Efficient use of resources, substitute for chemicals > less energy

Bioremediation (transgenic bacteria, plants)

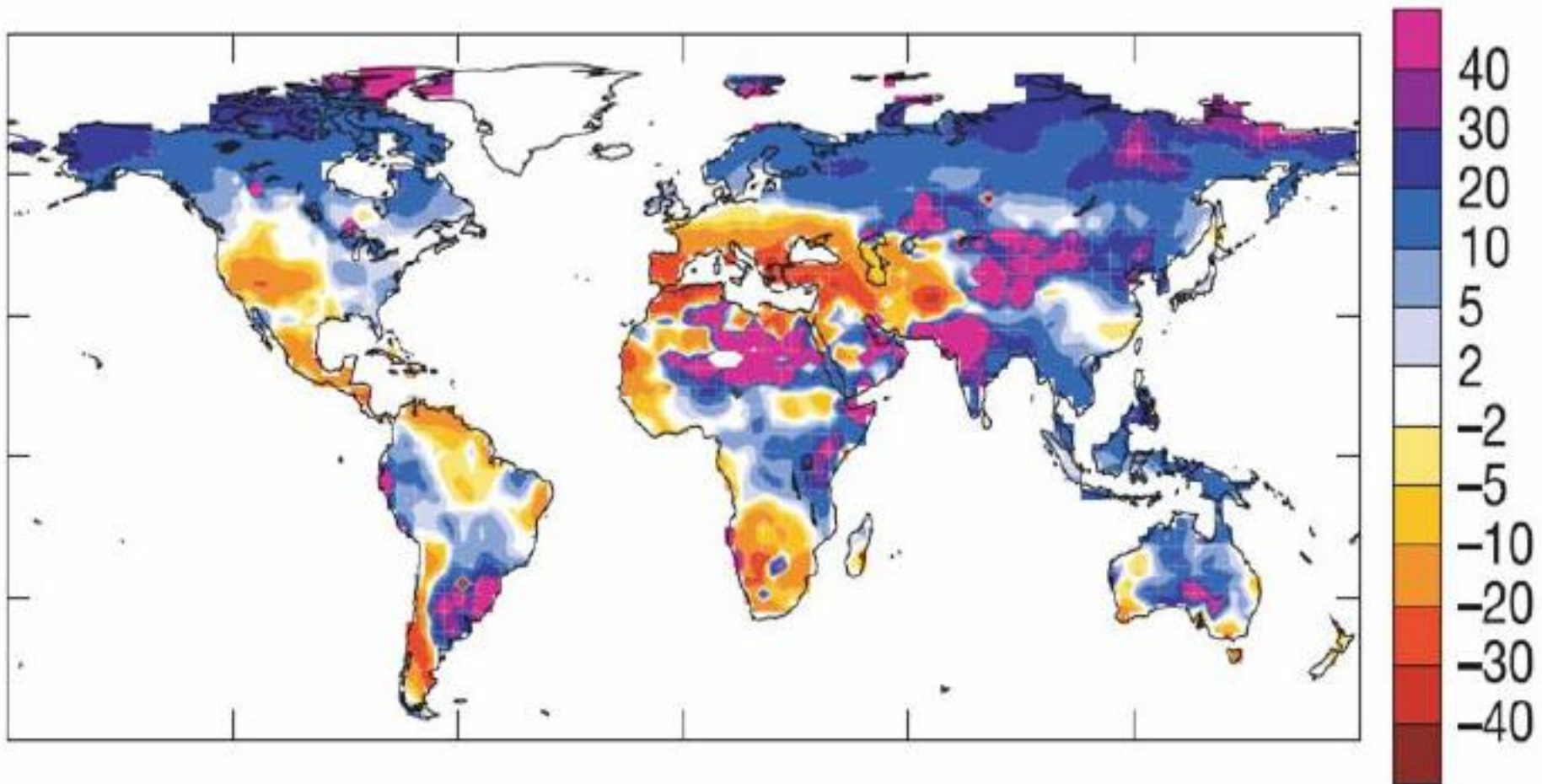
Cleaning up lakes, rivers, soils, industrial sites, waste



Climate Change

- The composition of the atmosphere, and the Earth's climate has changed, mostly due to human activities, and is projected to continue to change, globally and regionally:
 - Increased greenhouse gases and aerosols
 - Warmer temperatures
 - Changing precipitation patterns – spatially and temporally
 - Higher sea levels – higher storm surges
 - Retreating mountain glaciers
 - Melting of the Greenland ice cap
 - Reduced arctic sea ice
 - More frequent extreme weather events
 - heat waves, floods and droughts
 - More intense cyclonic events, e.g., hurricanes in the Atlantic

a

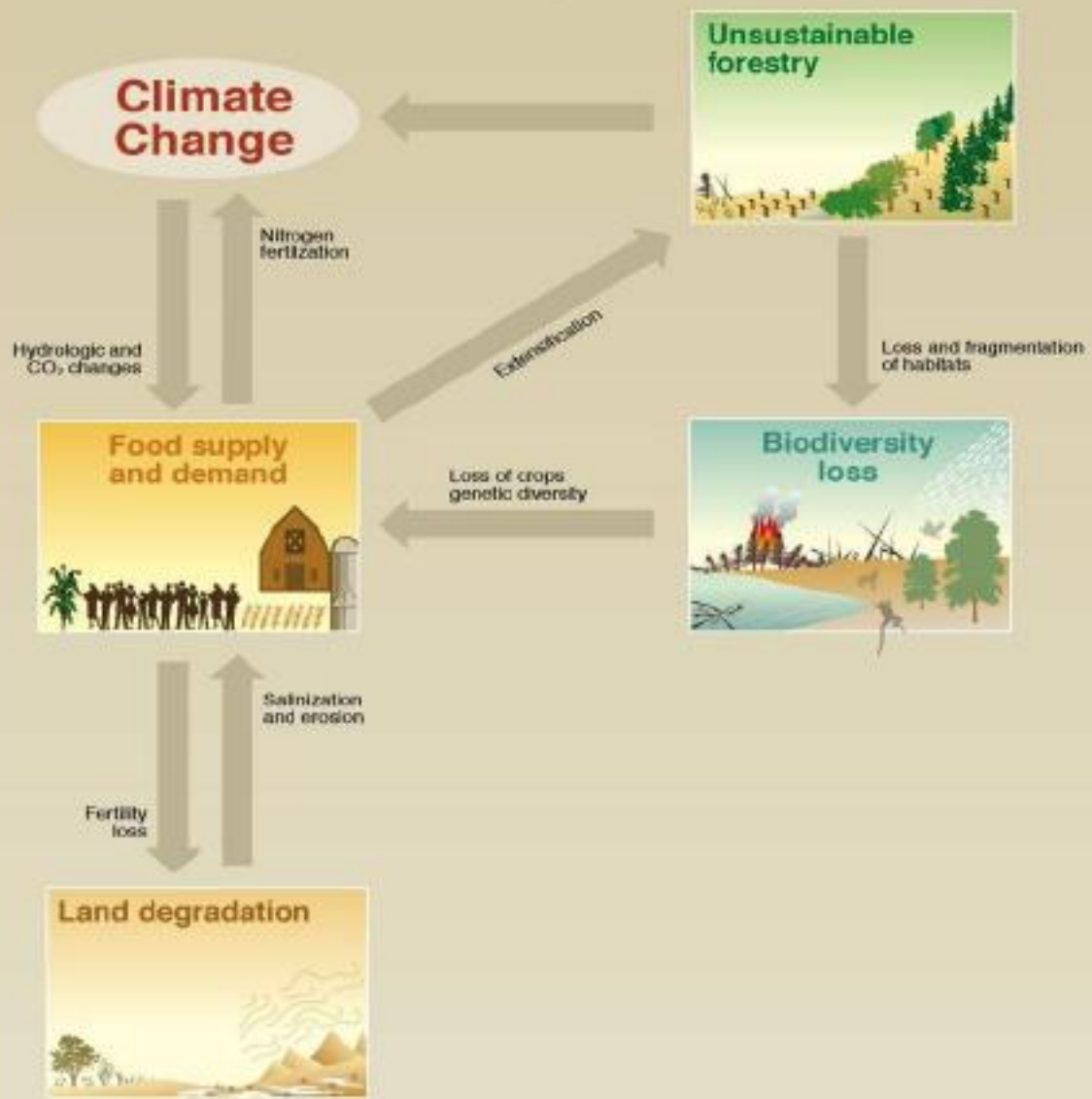


Many of the major "food-bowls" of the world are projected to become significantly drier

Agriculture and Environmental Degradation

FIGURE 8.2

Climate change and food



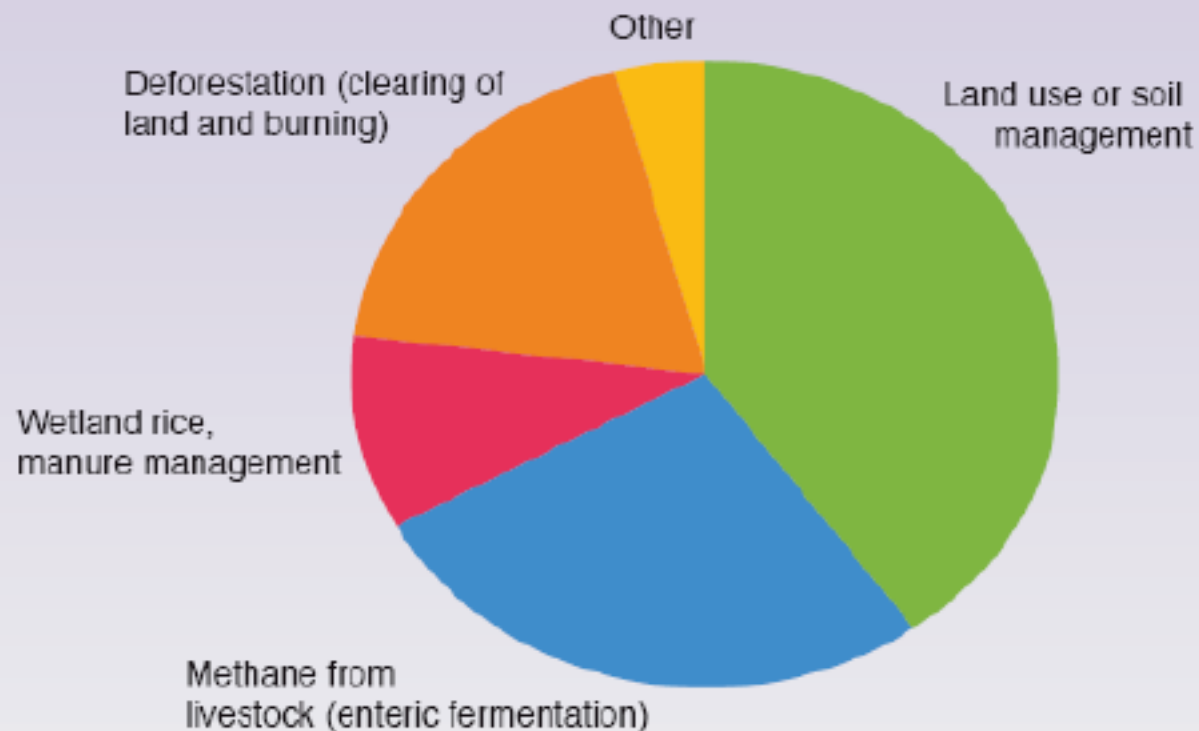
■ Can crop, animal and fish traits be improved to address the projected changes in climate – what are the roles of traditional breeding and modern forms of biotechnology?

■ How will the loss of genetic diversity affect future agriculture?

■ Can soil degradation be reversed and productivity enhanced?

GHG Emissions from Agriculture

Greenhouse gas emissions from agriculture and land use



SOURCE: Baumert, 2005

IAASTD/Ketill Berger, UNEP/GRID-Arendal

Agricultural S&T Challenges

- to produce, by region, the diversified array of crops, livestock, fish, forests, biomass (for energy) and commodities needed over the next 50 years in an environmentally and socially sustainable manner:
 - address water deficit problems, e.g., through improved drought tolerant crops, irrigation technologies, etc
 - improve the temperature tolerance of crops
 - combat new or emerging agricultural pests or diseases
 - address soil fertility, salinization of soils and improve nutrient cycling
 - reduce external and energy-intensive inputs
 - reduce GHG emissions while maintaining productivity
 - improve the nutritional quality of food
 - reduce post harvest losses
 - improve food safety

Industrial Applications today

Bio-feedstock

- Replacement oil/gas with biomass



Bio-processes

- Replacement chemical synthesis: fermentation/biocat

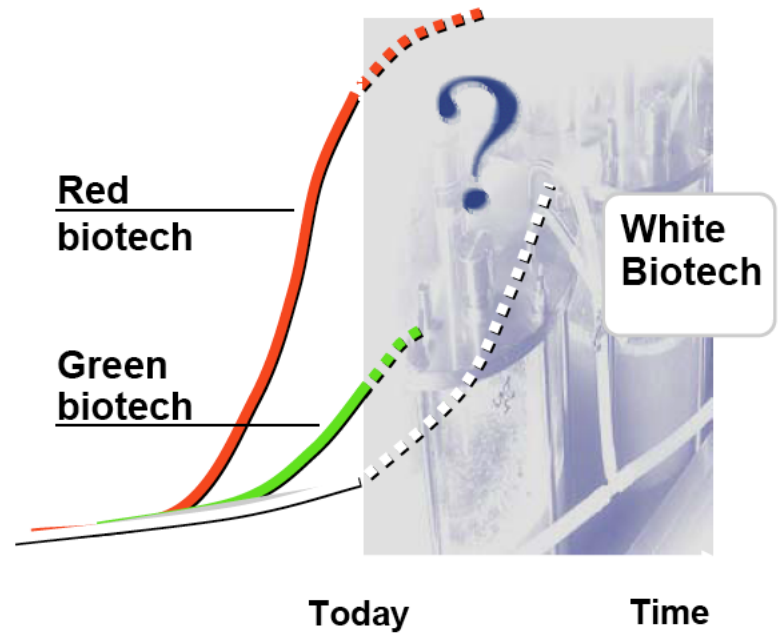


Bio-products

- Products with new characteristics (biopolymers, enz, health ingredients)



Market penetration



Unlimited. **DSM**

Elementos claves para el desarrollo sostenible del sector agroalimentario

- Desarrollo tecnológico
- Mecanismos efectivos de transferencia tecnológica
- Política de Estado que contemple una planeación estratégica a futuro y programas efectivos de estímulos económicos de fomento al sector agroalimentario

Algunos factores relevantes para el crecimiento agroalimentario sostenible

1. Mayor productividad por unidad de área
2. Disminuir el consumo de agua- Variedades con mayor eficiencia de uso de agua
3. Disminuir el uso de fertilizantes- Variedades con mayor eficiencia de absorción y uso de nutrientes
4. Disminuir el uso de agroquímicos- Menos pesticidas, fungicidas y herbicidas
5. Productos de mayor valor agregado
6. Uso efectivo de subproductos agrícolas- Celulosa. Hemicelulosa y lignina

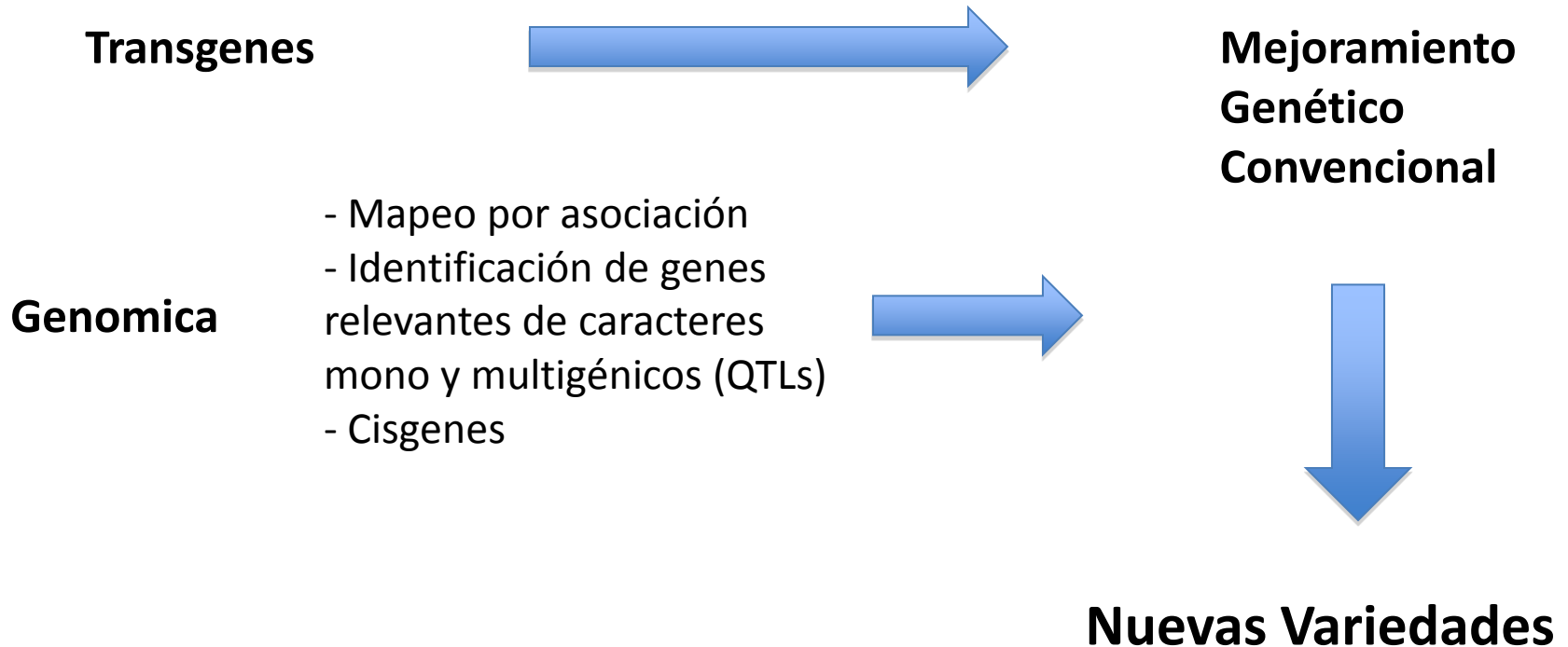
La revolución biotecnológica

- Cultivo de tejidos y micropropagación
- Desarrollo de la tecnología para producir plantas transgénicas
- Mejoramiento genético asistido por marcadores moleculares
- Desarrollo de la genómica
- Mapeo por asociación basado en el conocimiento de los genomas vegetales

La conjunción de estas tecnologías crea un nuevo paradigma para el mejoramiento genético de los cultivos agroalimentarios

Nuevos esquemas de mejoramiento genético

Caracterización y uso efectivo de la diversidad genética (hasta ahora se usó menos del 5%)



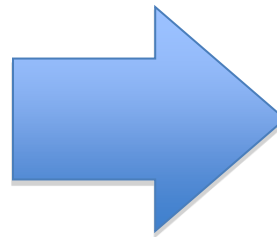
Causa del Uso Excesivo de Fertilizante de fósforo



Bill Volk



20% Usado por los cultivos



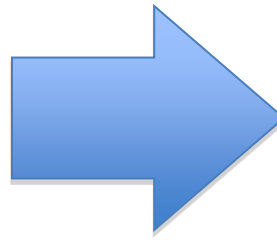
80% Se pierde
Reacciona químicamente con la tierra
Se lo comen microorganismos
y malezas

El fósforo es un nutriente esencial para todos los organismos
Las plantas solo pueden usar al fosfato como fuente de fósforo
¿Podemos producir plantas que usen una fuente alterna de fósforo?

Componente importante para la solución de la crisis del fósforo



Bill Volk



80% Usado por los cultivos

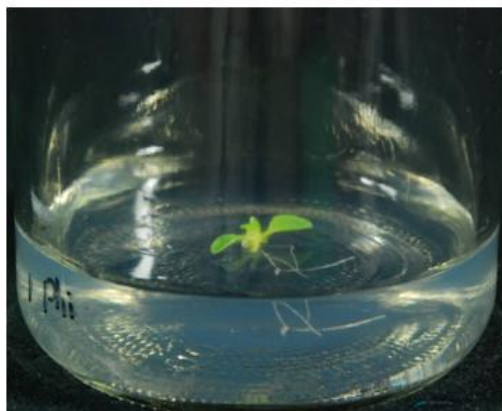
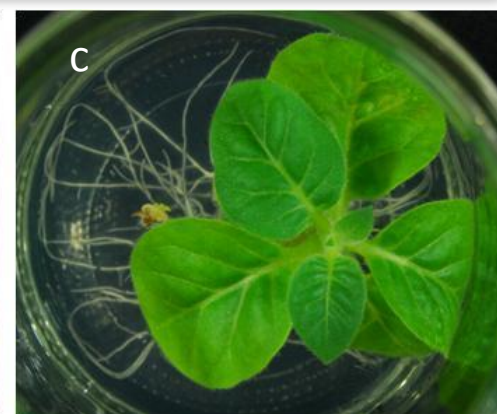
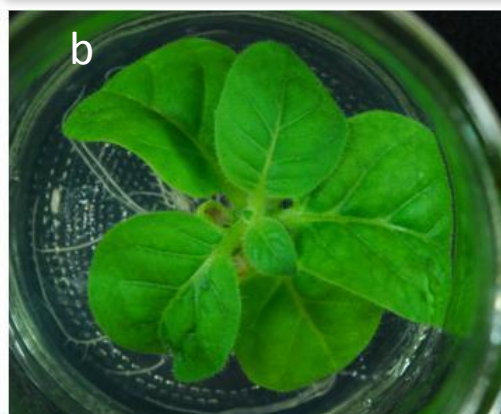


20% Se pierde
Reacciona químicamente con la tierra
Se lo comen microorganismos
y malezas



Semillas control

Semillas Modificadas



La revolución biotecnológica

- Cultivo de tejidos y micropropagación
- Desarrollo de la tecnología para producir plantas transgénicas
- Mejoramiento genético asistido por marcadores moleculares
- Desarrollo de la genómica
- Mapeo por asociación basado en el conocimiento de los genomas vegetales

La conjunción de estas tecnologías crea un nuevo paradigma para el mejoramiento genético de los cultivos agroalimentarios