



IPNI

INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

Cambio climático y agricultura. Fisiología y efectos en la nutrición de cultivos

Raúl Jaramillo V.

Director IPNI – Norte de Latino América



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ

Presentación Programa Celebración 50 años
Facultad de Agronomía – U. Nacional de Colombia

El IPNI

(International Plant Nutrition Institute)

- Conocido anteriormente como el INPOFOS (PPI), fundado en 1935.
- MISIÓN:
 - Fomentar el desarrollo y difusión de la información científica acerca del manejo responsable de la nutrición de los cultivos para el beneficio de la familia humana.
- Recursos provenientes de 18 compañías y 7 organizaciones afiliadas
- ESTRATEGIA:
 - Oficinas regionales para las Américas (7), Asia (6), Este de Europa, Australia y África.
 - Grupos de trabajo en áreas como la eficiencia del uso de nutrientes, el manejo espacial de la fertilidad del suelo, el impacto del uso de nutrientes en el medio ambiente y otros.

????? ???? ???? ???? ???? ???? ???? ???? ???? ???? ???? ???? ???? ???? ???? ???? ?

???? ???? ???? ???? ???? ???? ???? ???? ???? ???? ???? ???? ???? ???? ???? ?

???? ???? ?



Agrium Inc.



Arab Potash Company



Belarusian Potash Company



CF Industries Holdings, Inc.



Compass Minerals Specialty Fertilizers



Incitec Pivot



International Raw Materials LTD.



Intrepid Potash, Inc.



K+S KALI GmbH



The Mosaic Company



OCP S.A.



PotashCorp



Qatar Fertiliser Company (QAFCO)



Simplot



Sinofert Holdings Limited



SQM



Toros Tarim



Uralkali



ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos



Arab Fertilizer Association (AFA)



The Fertilizer Institute



International Fertilizer Industry Association (IFA)



Canadian Fertilizer Institute (CFI)



The Fertiliser Association of India



International Potash Institute (IPI)

La Oficina del Norte de Latino América



INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

Publicaciones

Investigación

Noticias

Temas

Programas Regionales

Home / Regional Programs / Americas and Oceania Group / Northern Latin America

Northern Latin America

Principal

Calendar

Palma de Aceite

Publicaciones

Maíz

Mango



21 Jan 2013

Banano

Se presentan varios artículos sobre el cultivo de banano

Leer Más

Http://nla.ipni.net



Próximos Eventos

20 Mar 2013 - 22 Mar 2013

II Congreso Nacional de
Investigaciones en Palma Aceitera
Santo Domingo de los Tsáchilas
<http://www.ancupa.com>

01 Apr 2013

Especialización en Manejo de Suelos
y Cultivos en Siembra Directa
Facultad de Agronomía, UBA.
<http://epg.agro.uba.ar/>

08 Apr 2013 - 12 Apr 2013

International Commission on Soil B...

Perfil Regional

El programa del INPI para el Norte de Latinoamérica incluyen los siguientes países: Colombia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, Ecuador, Jamaica, Panamá, Perú, Puerto Rico, Venezuela

Leer Más

Director Regional

Raúl Jaramillo

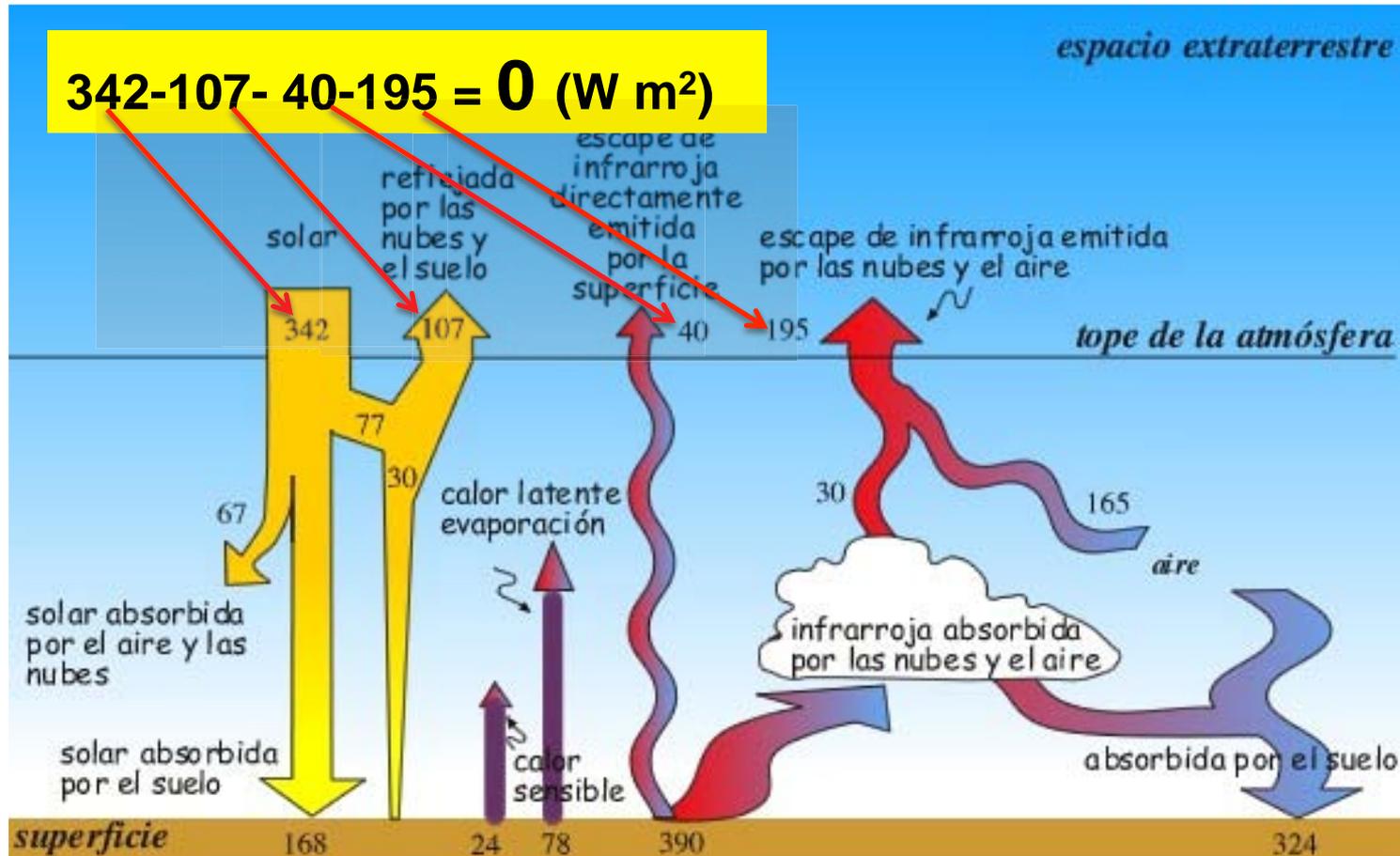
Director - Northern Latin America

Contáctenos

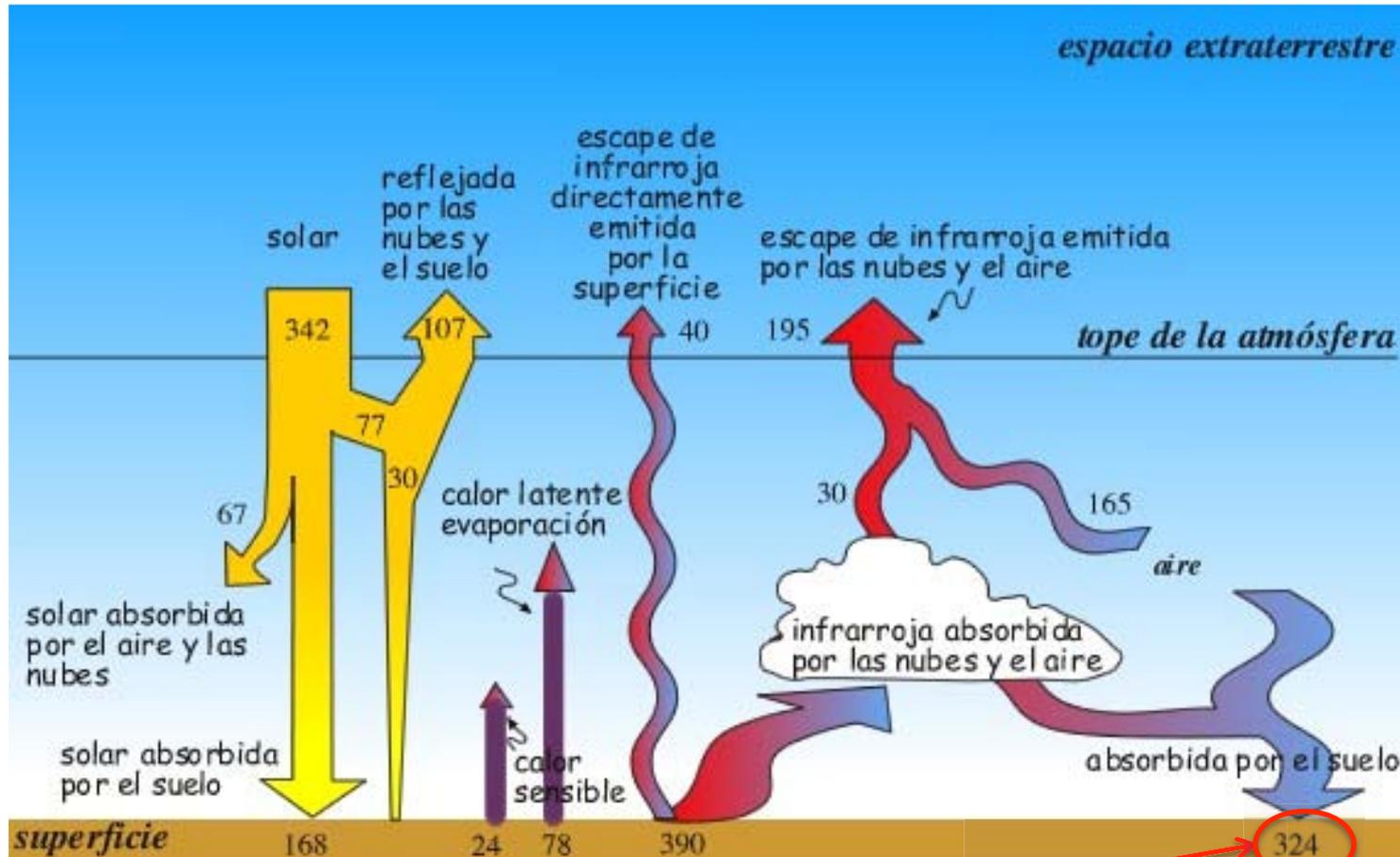


Leer Bio

Los gases de efecto invernadero y el balance energético de la Tierra

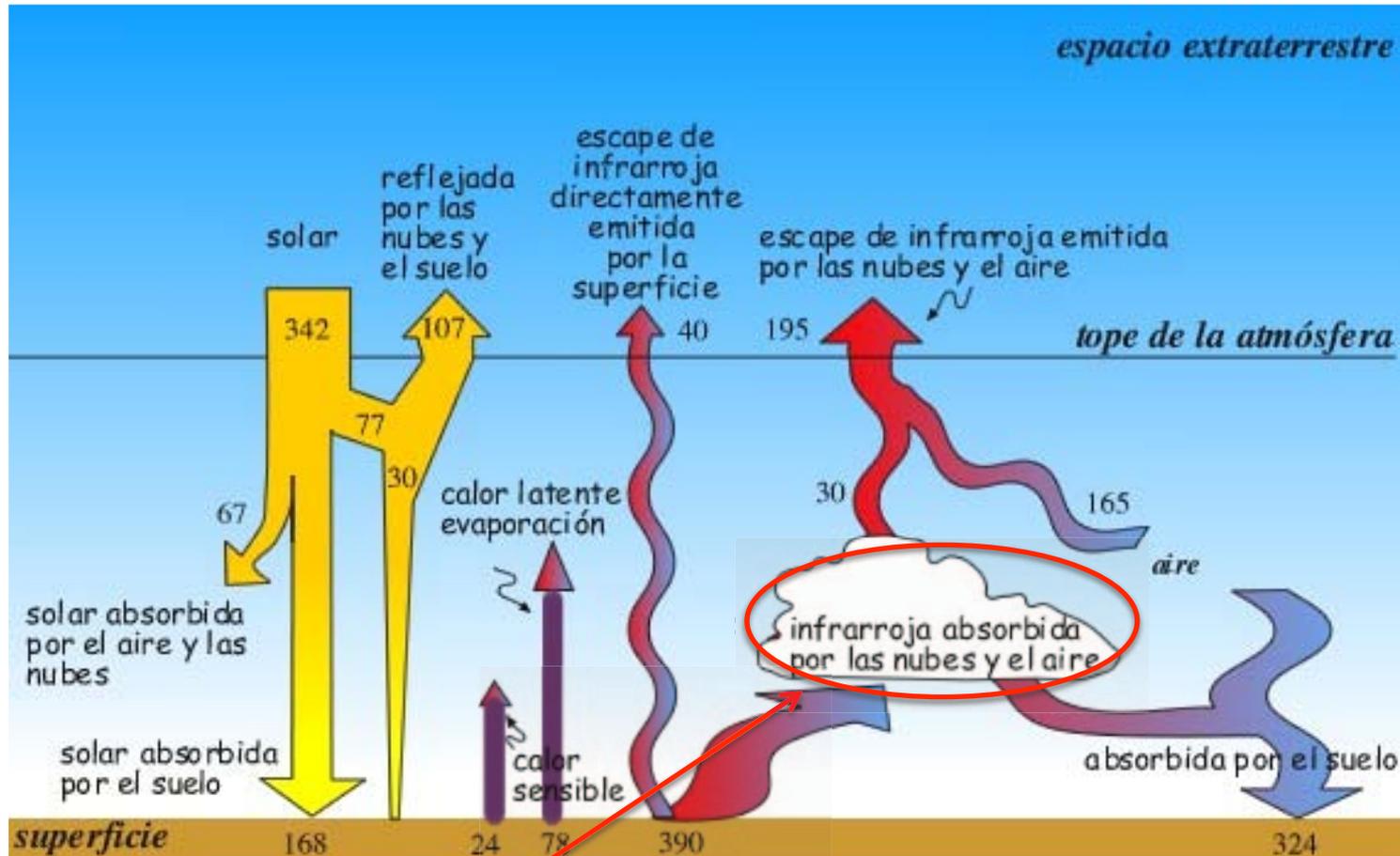


Los gases de efecto invernadero y el balance energético de la Tierra



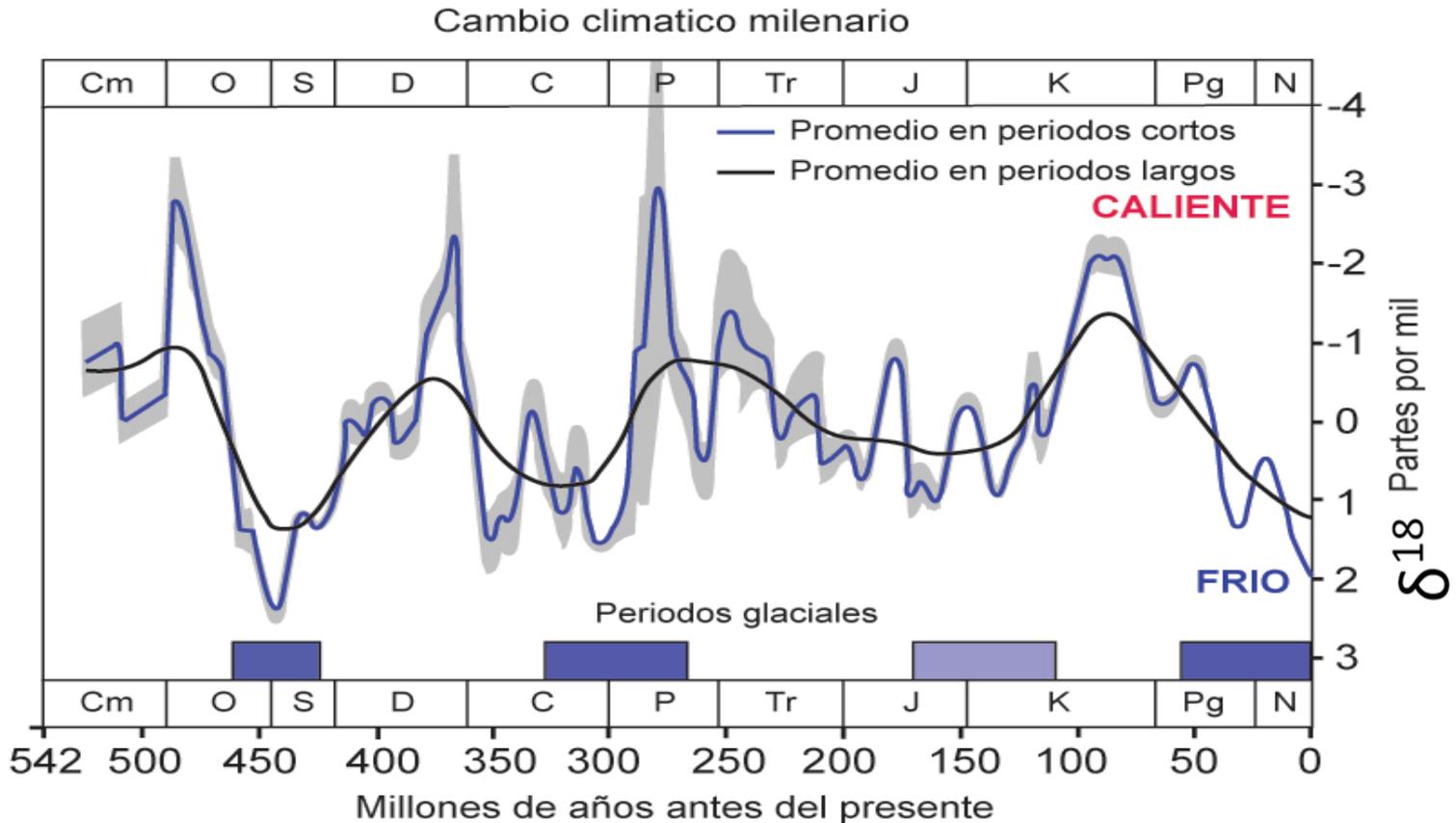
$$67 + (24 + 78) + 350 - (165 + 30) = 324 \text{ (W m}^2\text{)}$$

Los gases de efecto invernadero y el balance energético de la Tierra



$390 - 40 - 324 = 26$ ($W m^2$), es decir un 6% del infrarrojo emitido por la Tierra

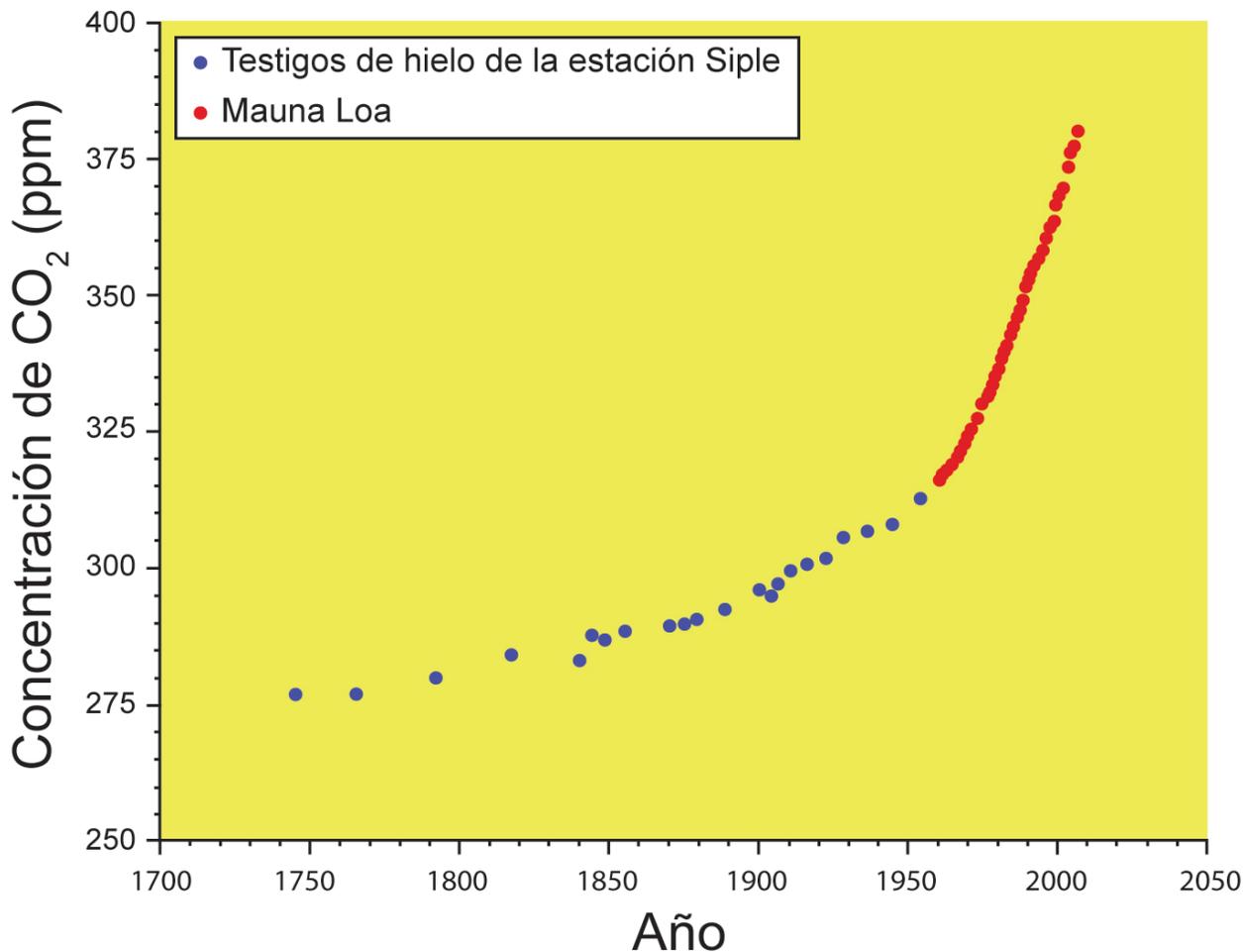
Ha sido este valor constante?



Adaptado de http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phanerozoic_Climate_Change.png

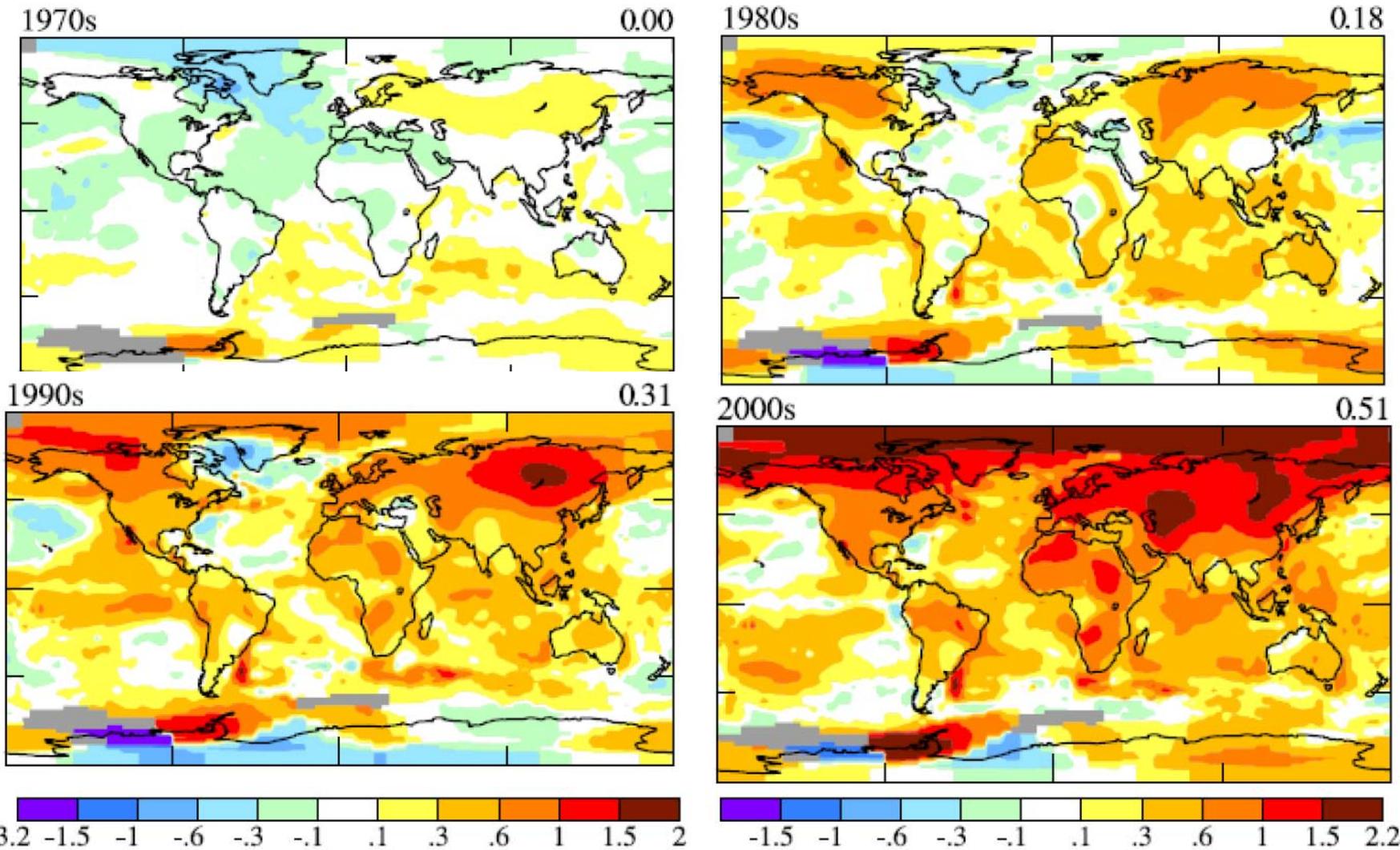
Aumento de CO₂ – Charles D. Keeling

Concentración del CO₂ atmosférico
(1744 -2005)



Adaptado de <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7y.html>

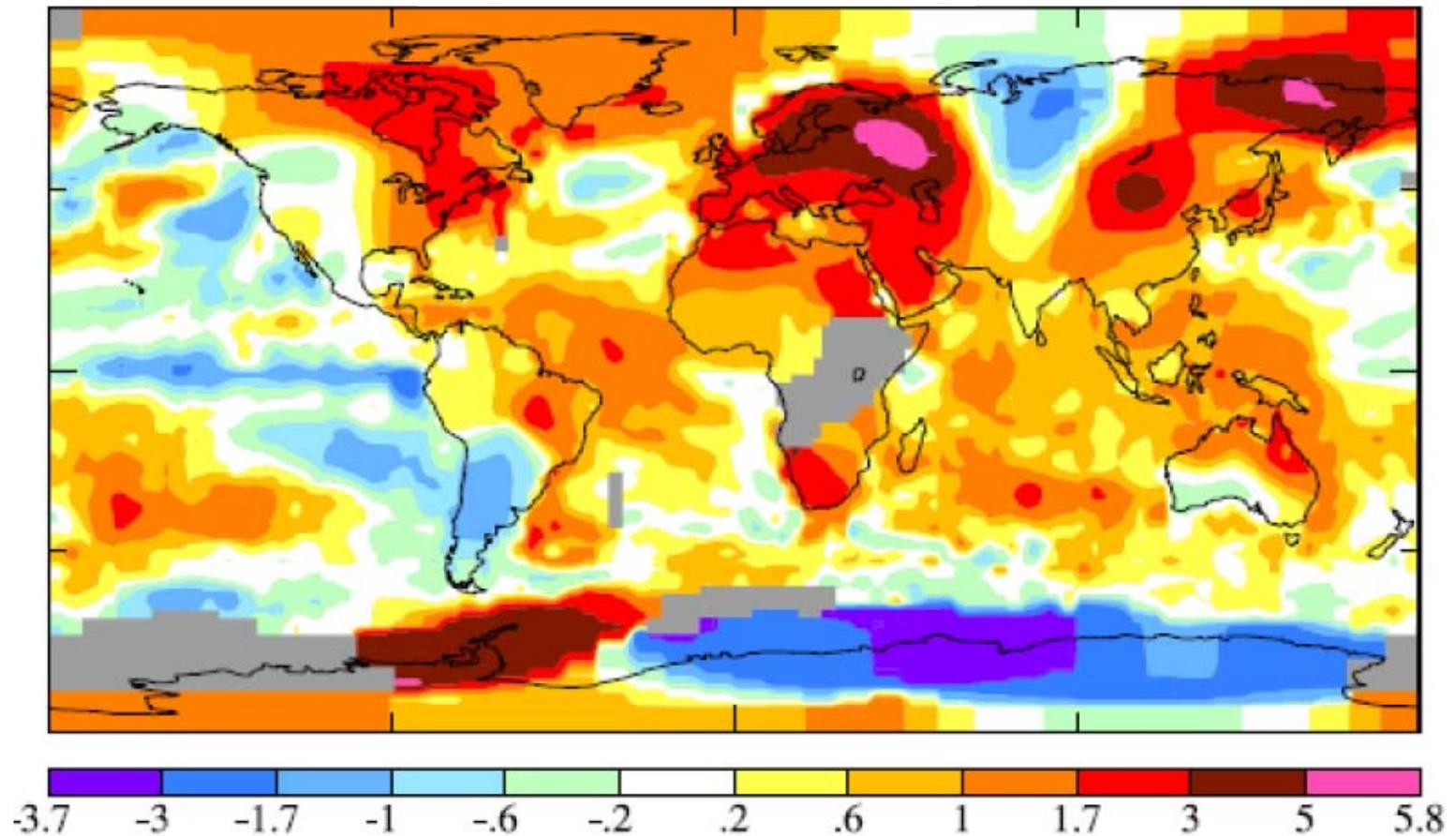
Anomalías de la temperatura superficial de la Tierra



2010 es posiblemente el año más caliente jamás registrado

Periodo base 1951 - 1980

.55

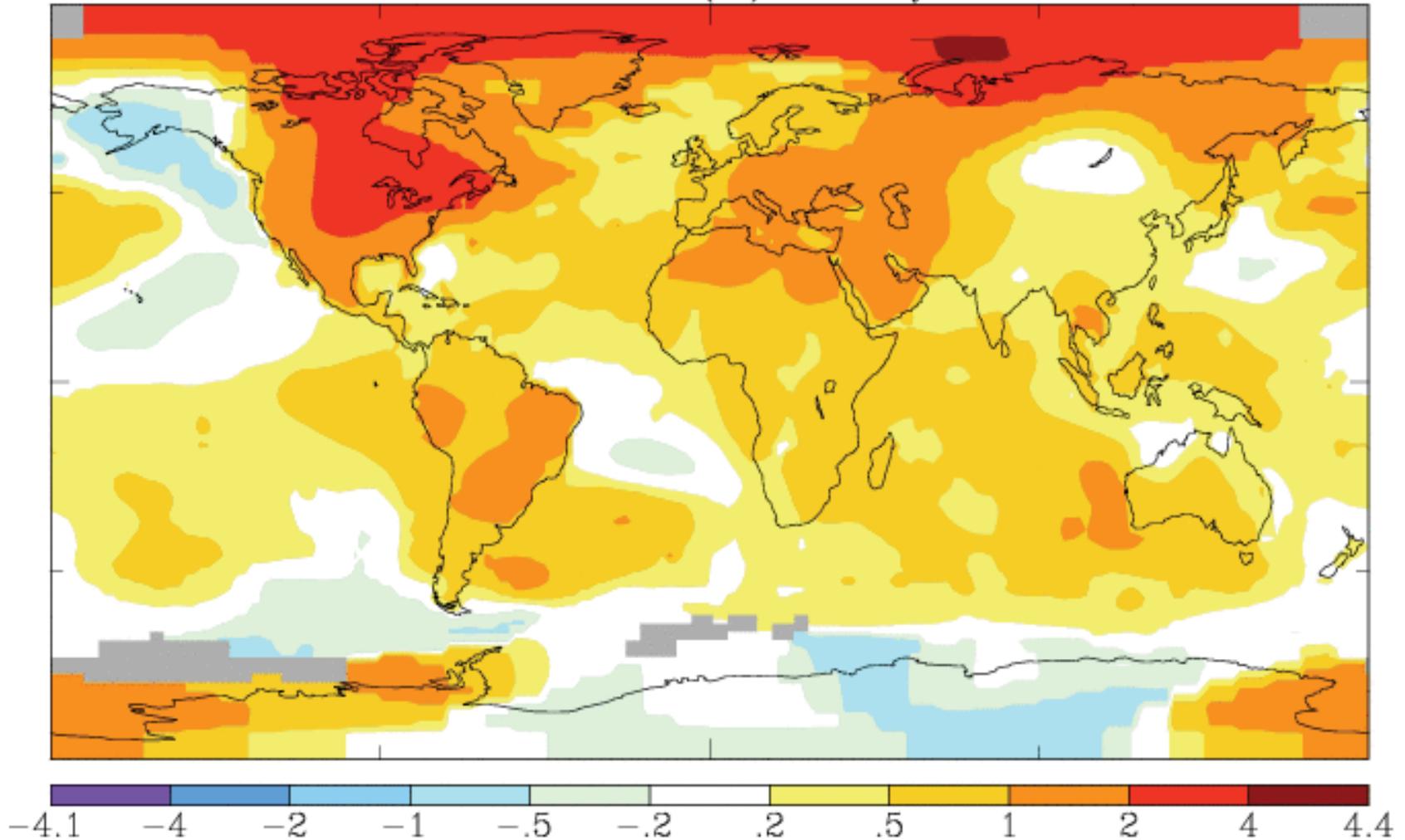


Pero los records se siguen rompiendo

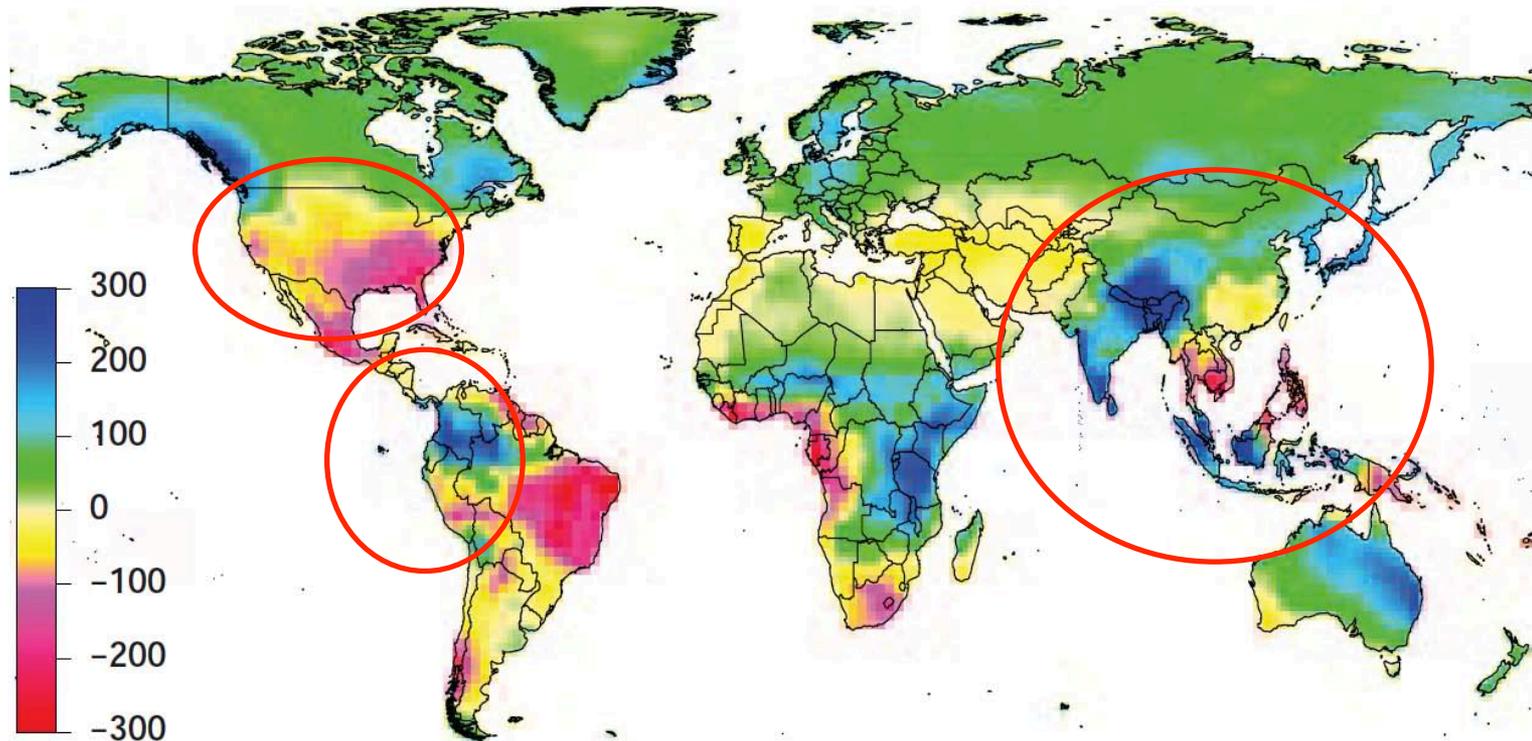
Annual J-D 2012

L-OTI(°C) Anomaly vs 1951-1980

0.57



Variación en precipitaciones



- Zonas muy importantes del planeta pueden estar expuestas a eventos extremos con sequías o inundaciones frecuentes

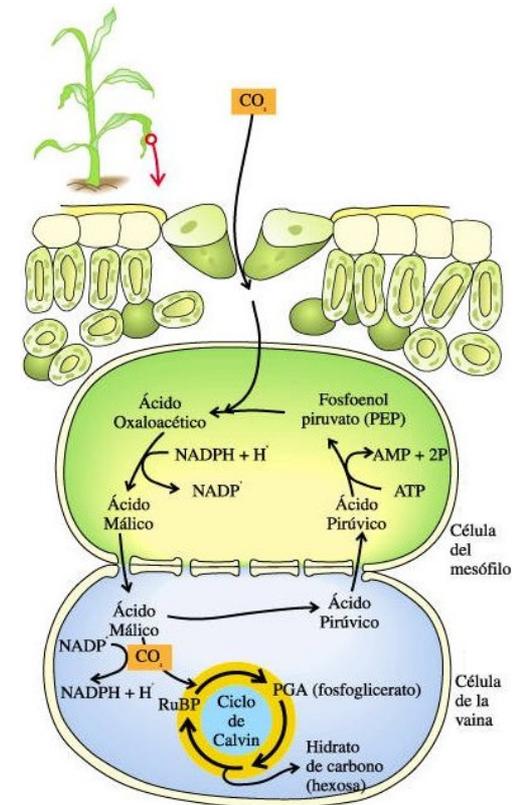
En el 2050, cuanta comida vamos a necesitar?

Región	Cereales necesitados en el 2000 (millones de TM)	Cereales necesitados en el 2050 (millones de TM)	Incremento Neto (%)	Tasa de incremento anual (%, Int. Comp)
Asia	1800	4150	231	1.68
América Latina	272	520	191	1.30
África del Sub-Sahara	262	1350	515	3.33
Asia Occidental y África del Norte	154	390	253	1.88
Total	2488	6410	258	1.91

Adaptado y recalculado de Cribb J. 2010. The coming famine: the global food crisis and what we can do to avoid it

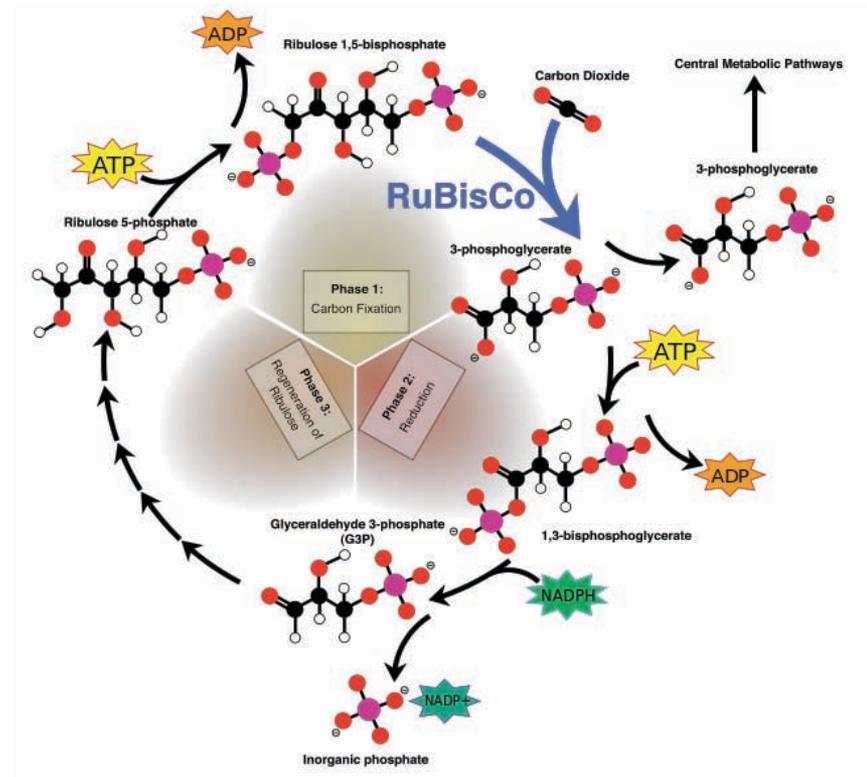
Algunos efectos del CO₂ elevado en la fisiología de las plantas

- Las plantas **C3** posiblemente aparecieron en el carbonífero con concentraciones de CO₂ por encima de 1000 ppm.
- Las plantas **C4** en cambio aparecieron más recientemente, como una adaptación a CO₂ bajo (240 ppm, Korner 2007).
- La enzima **Rubisco** es parte central en la fotosíntesis de ambos grupos.



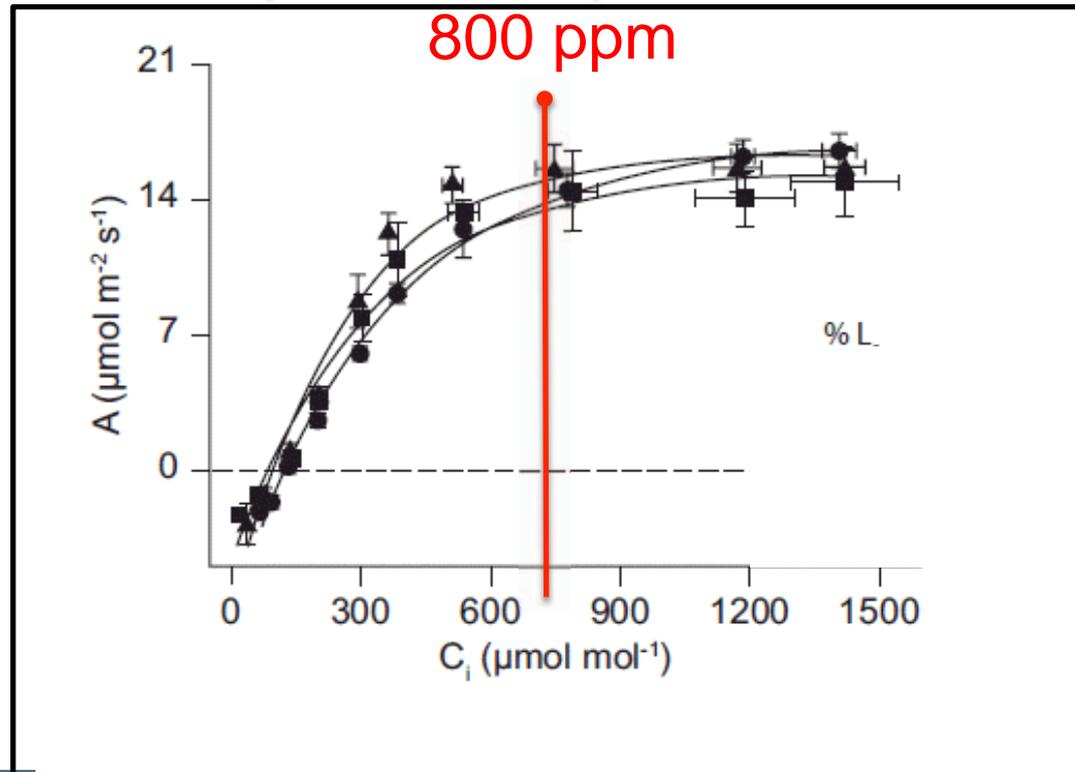
La ribulosa-1,5-bisfosfato carboxilasa oxigenasa (RuBisCO)

- Es la enzima más abundante en la tierra.
- Actúa en el primer paso del ciclo de Calvin.
- Captura del CO_2 , pero con competencia con el oxígeno en el proceso de “fotorespiración”



Las plantas C3 aumentan su fotosíntesis con CO₂ elevado

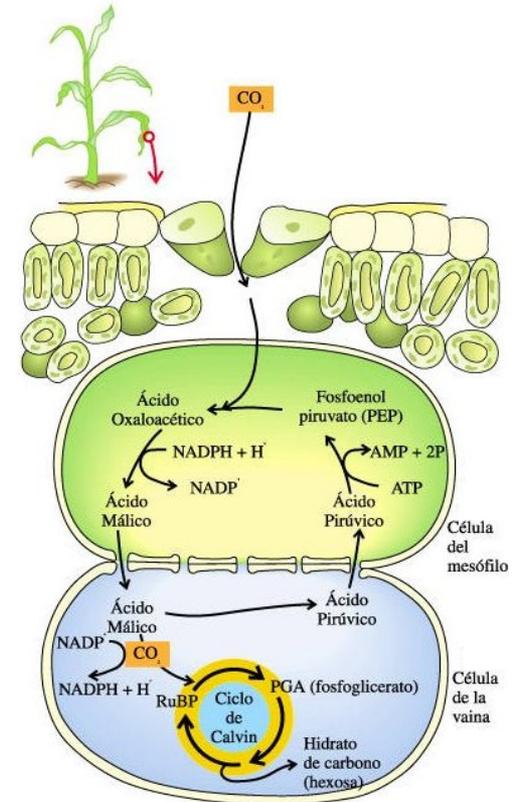
- El CO₂ elevado aumentará la productividad de las plantas C3 (trigo, papa, arroz) y no afectaría mayormente a los cultivos C4 (caña, maíz).



Curva de asimilación de CO₂ típica de las plantas C3 en función del CO₂ ambiental

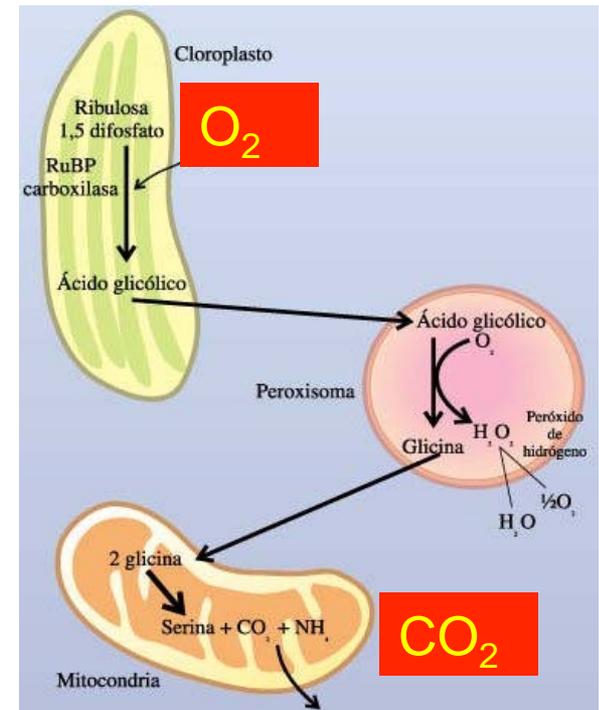
Algunos efectos del CO₂ elevado en la fisiología de las plantas

- Con CO₂ elevado hay menos transpiración y se forma menos Rubisco, una planta puede desarrollarse con menos agua y usar mejor el nitrógeno
- Las plantas C4 se adaptan mejor a climas áridos y suelos empobrecidos
- Del mismo modo una planta C3 podría mejorar su capacidad de adaptación al estrés de agua o nitrógeno con elevado CO₂



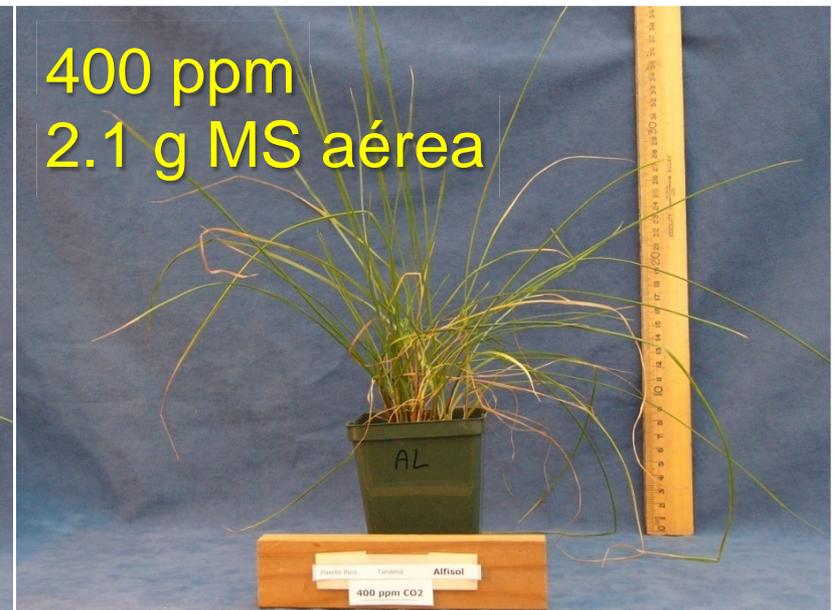
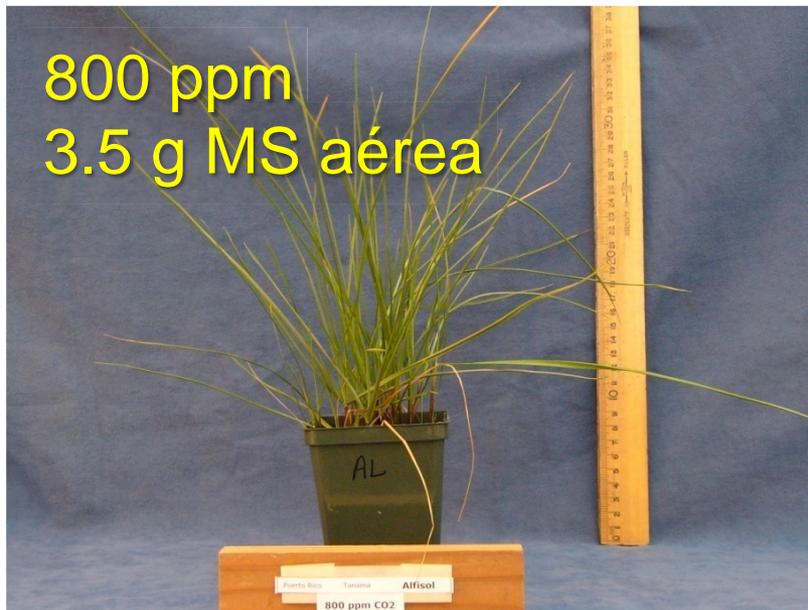
Algunos efectos del CO₂ elevado en la fisiología de las plantas

- La fotorespiración, la competencia entre O₂ y CO₂ por Rubisco disminuye con alto CO₂.
- La planta gana energía y esto sería un aumento adicional a la eficiencia de la fotosíntesis.
- Reducir la fotorespiración ha sido un objetivo del mejoramiento de plantas por muchos años
(por ej. Chairman y Burris, 1973)



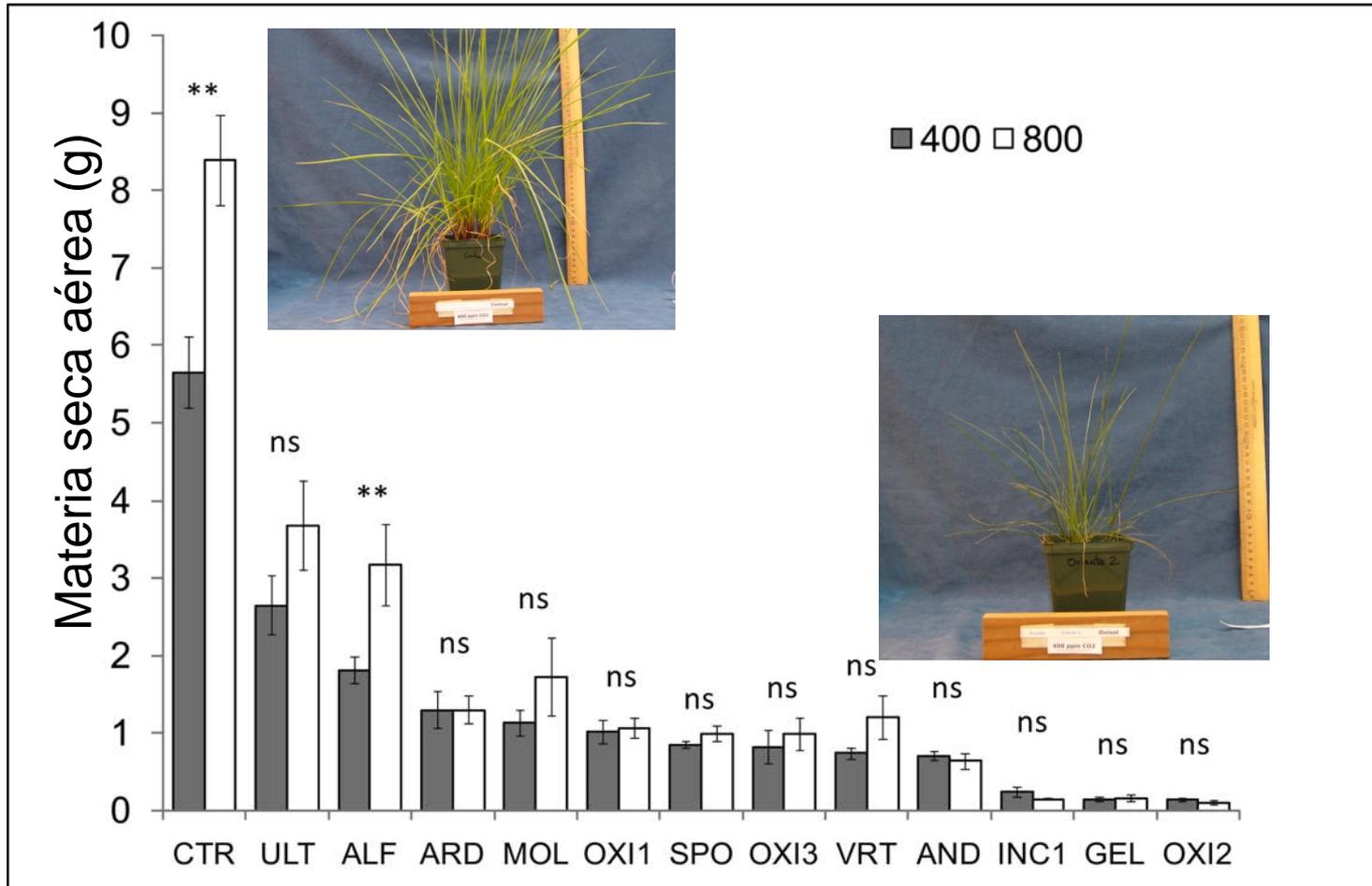
La respuesta final a CO₂ elevado depende de otras limitaciones

- La máxima expresión en fotosíntesis y crecimiento se da cuando no existe estrés y el volumen de raíces no está limitado



Festuca arundinacea en dos niveles de CO₂ creciendo en un Alfisol relativamente fértil, no ácido.

La respuesta final al CO₂ elevado depende de otras limitaciones



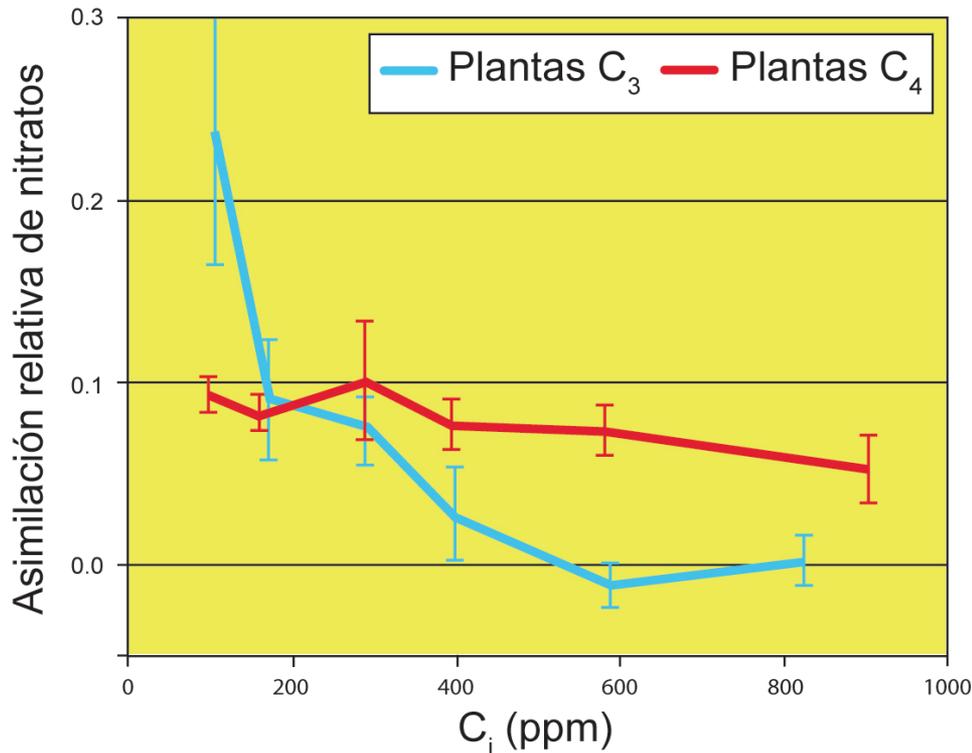
Crecimiento de *Festuca arundinacea* en varios tipos de suelo con dos niveles de CO₂

Mayor biomasa diluye la concentración de N con CO₂ elevado

Soya			Arroz		
CO ₂ ambiental (μ mol/mol)	Proteína soluble foliar. (g/m ²)	Rubisco proteína (%)	CO ₂ ambiental (μ/mol)	Proteína soluble foliar (μ mol/m ²)	Rubisco proteína (%)
160	2.5	56	160	81	62
220	2.5	54	250	61	59
280	2.3	-	330	62	54
330	2.3	57	500	78	49
660	2.3	54	660	64	43
990	2.3	55	900	64	42
Leguminosa			No leguminosa		

- Un aumento en la fertilización nitrogenada puede reducir marcadamente este efecto.
- Las leguminosas muestran menos dilución de N al aumentar el CO₂.

El nitrógeno y el CO₂ elevado



- El trabajo de Arnold Bloom ha demostrado que la fotorespiración está asociada al uso de NO₃ en la parte aérea de la planta (A.J. Bloom 2006, 2009 y 2010)

El nitrógeno y el CO₂ elevado

- El trabajo de Bloom además sugiere que las plantas con una mayor cantidad de raíces con alto CO₂, fundamentalmente dejan de producir citoquininas y responden en menor grado a la presencia de NO₃ en el suelo.

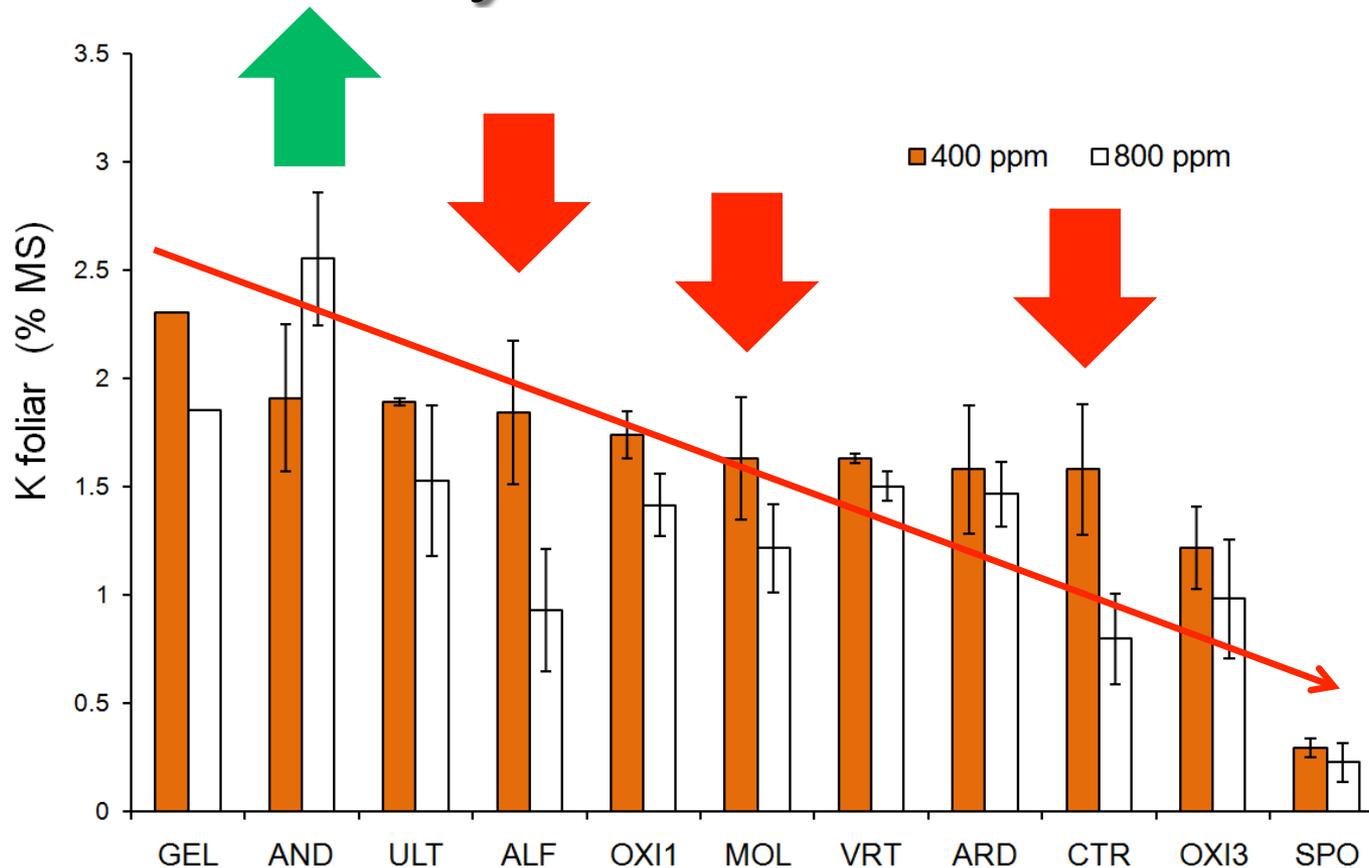
Easlon HM and Bloom AJ (2013) The effects of rising atmospheric carbon dioxide on shoot–root nitrogen and water signaling. *Front. Plant Sci.* 4:304

El nitrógeno y el CO₂ elevado

- La fotorespiración es necesaria para usar el NO₃
- Es posible que el uso de fertilizantes amoniacales y no de nitratos sea necesario para cultivos expuestos al CO₂ elevado
- Plantas con fotorespiración reducida pueden no adaptarse en ambientes bajos en N con alto CO₂.

Que ocurre con otros nutrientes?

- Existen interacciones complejas del tipo de suelo y elemento



Que ocurre con otros nutrientes?

- Se sabe muy poco de las interacción del CO₂ elevado con otros elementos.
- Suelos ácidos, pobres, limitados en P y con toxicidad de aluminio no responden al aumento de CO₂

Que ocurre con otros nutrientes?

- Suelos salinos pueden mejorar en cuanto al estrés hídrico, pero la deficiencia en K y Ca puede exacerbarse
- Al corregir solo una o pocas deficiencias, se corre el riesgo de aumentar otras deficiencias.

Temperatura, precipitación y producción de alimentos en un clima cambiante

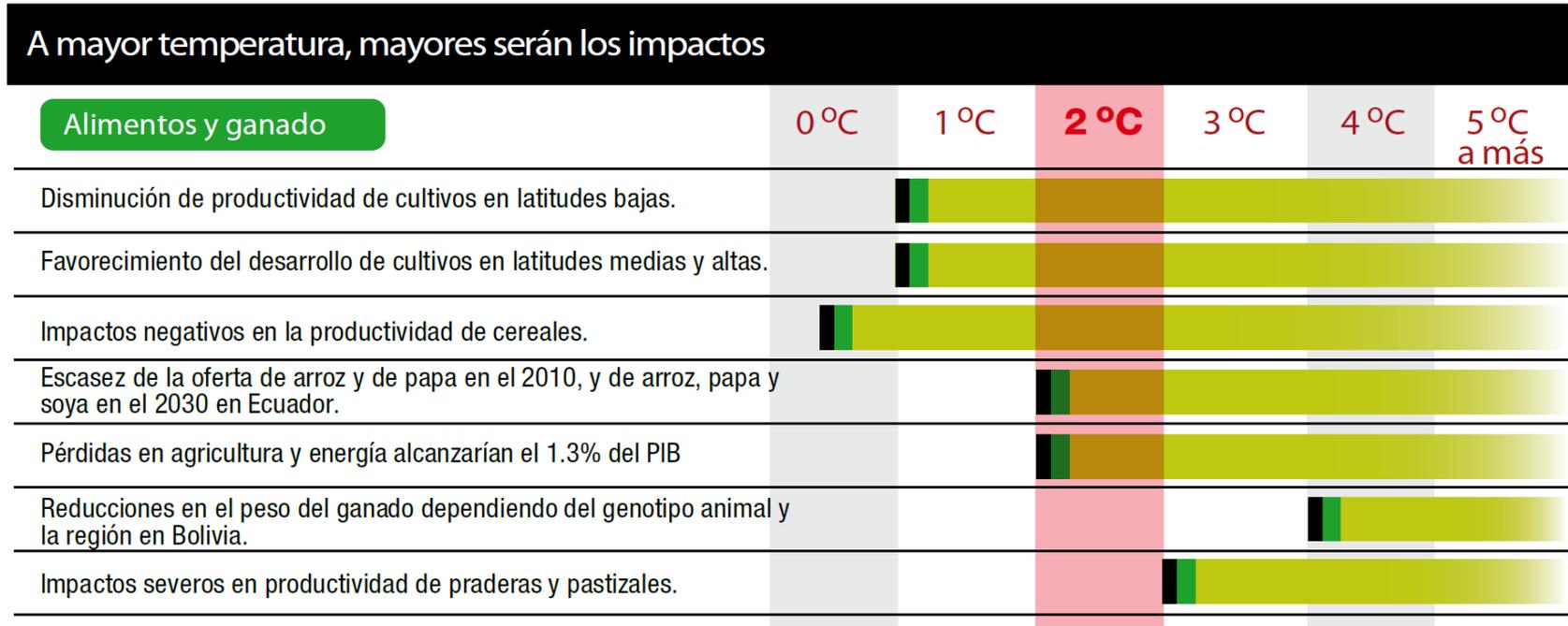
- La tasa de crecimiento de los cultivos es función de la diferencia entre la temperatura óptima de desarrollo y la temperatura actual.
- Mayores temperaturas podrían disminuir los períodos de cultivo **si estas se acercan al óptimo**

Temperatura, precipitación y producción de alimentos en un clima cambiante

- Temperatura extrema inducen varios tipos de estrés y pueden matar a las plantas.
- El acortamiento de la fase de llenado puede afectar la calidad de semillas y frutos

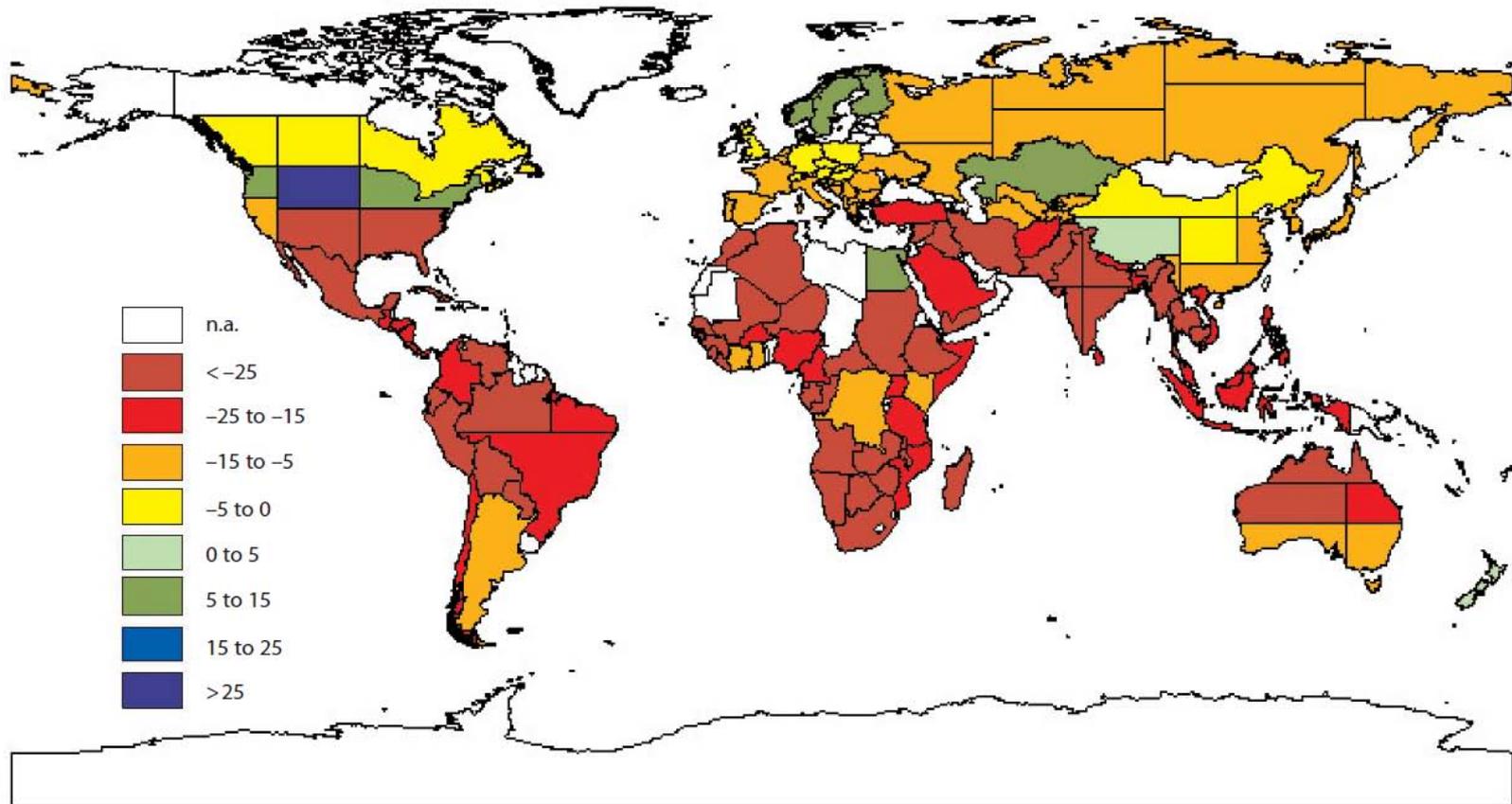
Temperatura, precipitación y producción de alimentos en un clima cambiante

- La temperatura actual en los países tropicales ya sobrepasa los valores óptimos en muchos casos



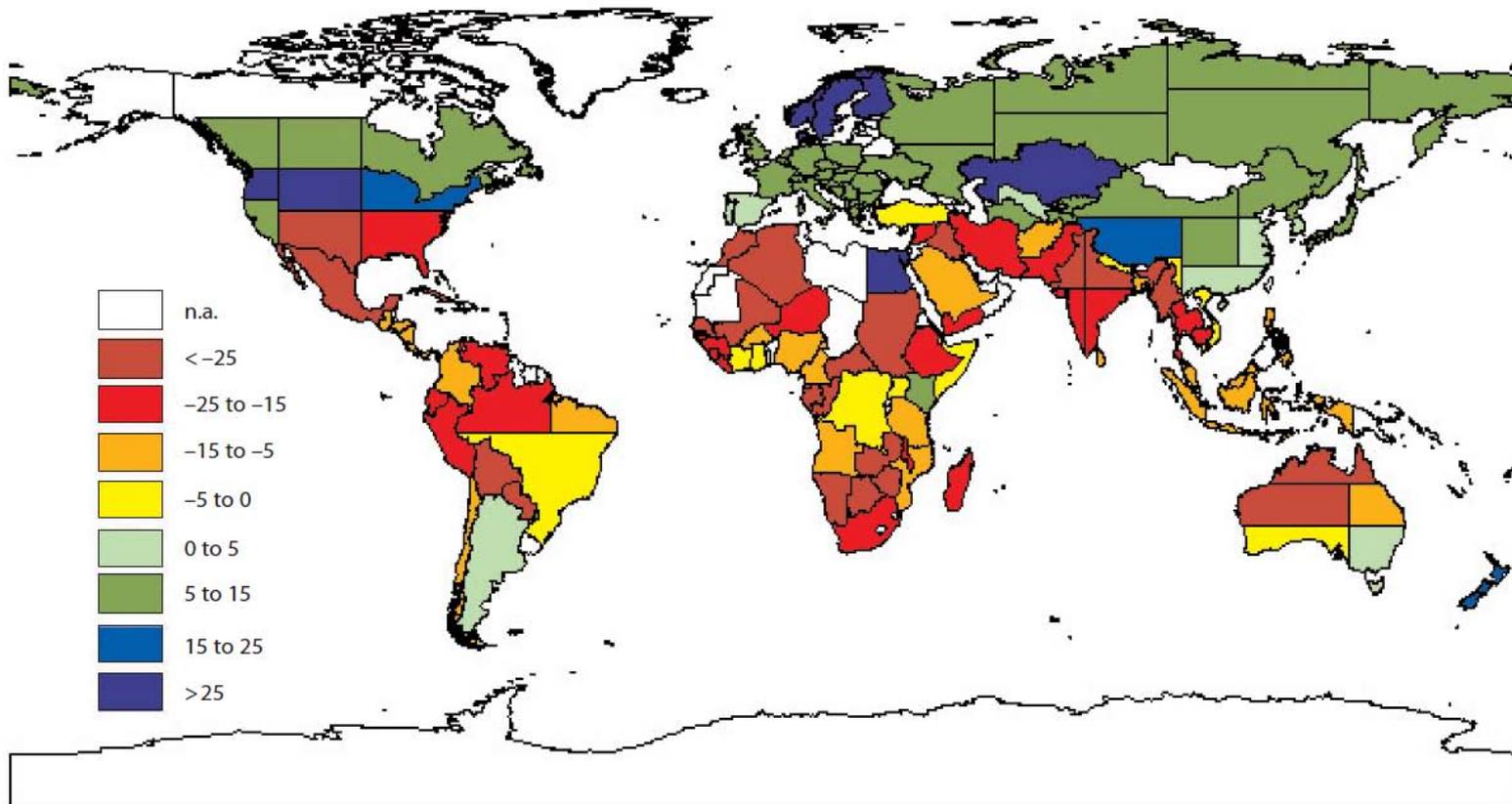
Temperatura, precipitación y producción de alimentos en un clima cambiante

Impacto del CC en la productividad agrícola sin contar el efecto fertilizante del CO₂



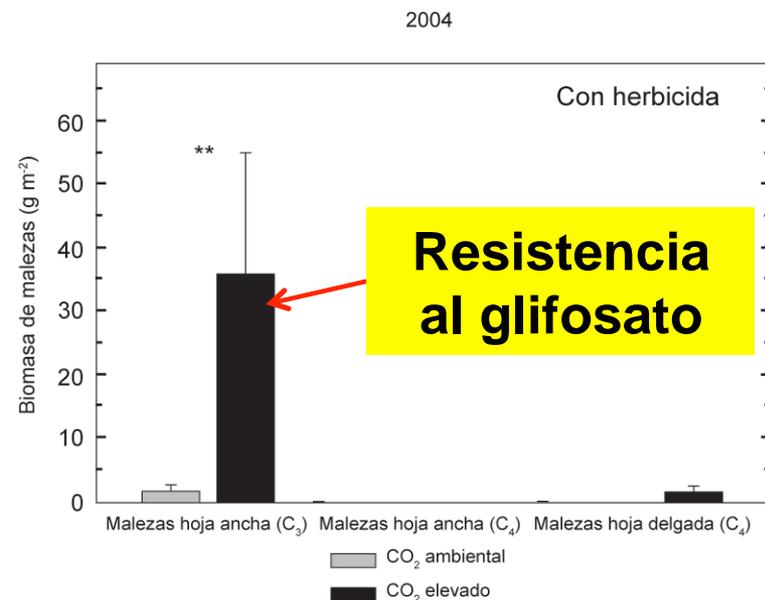
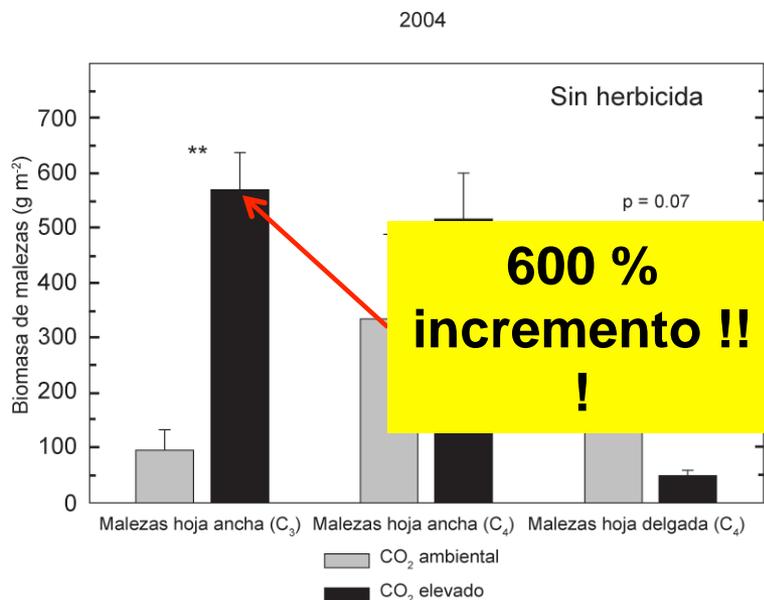
Temperatura, precipitación y producción de alimentos en un clima cambiante

Impacto del CC en la productividad agrícola considerando el efecto fertilizante del CO₂



El efecto del cambio climático en el estrés biótico en los cultivos

- Mayores temperaturas también representan ciclos de vida más cortos para la mayoría de insectos, hongos y malezas
- Las malezas (C3 especialmente) pueden tomar ventaja frente a los cultivos.



La investigación del efecto del CO₂ en campo está todavía en desarrollo

- Las predicciones del clima a nivel mundial se basa en el uso de modelos de circulación global
- Los resultados tienen alta variabilidad, resultado de la incierto respuesta de la sociedad y de las interacciones entre múltiples factores naturales.
- La predicción de la respuesta de los cultivos, depende de nuestro entendimiento de la fisiología vegetal con CO₂ elevado y de la posibilidad de convertir el pronóstico global/regional del clima para zonas específicas.

Cómo nos preparamos para el cambio climático?

- **Sostenibilidad**, maximizar la mitigación del CC :
 - Minimizar la emisión de gases efecto invernadero.
 - Captura de carbono con prácticas de largo plazo
 - Minimizar la pérdida de recursos, reducir erosión, evitar explotación de áreas naturales aumentando rendimientos
- **Agilidad (“Sustentagilidad” Jackson et al, 2010)**
 - Buscar alternativas al cambio que ocurrirá
 - Debemos ser ineficientes, explorar alternativas y ser imaginativos
 - Un “desperdicio económico” para conseguir conocimiento en la actualidad puede ser crítico para las próximas generaciones.

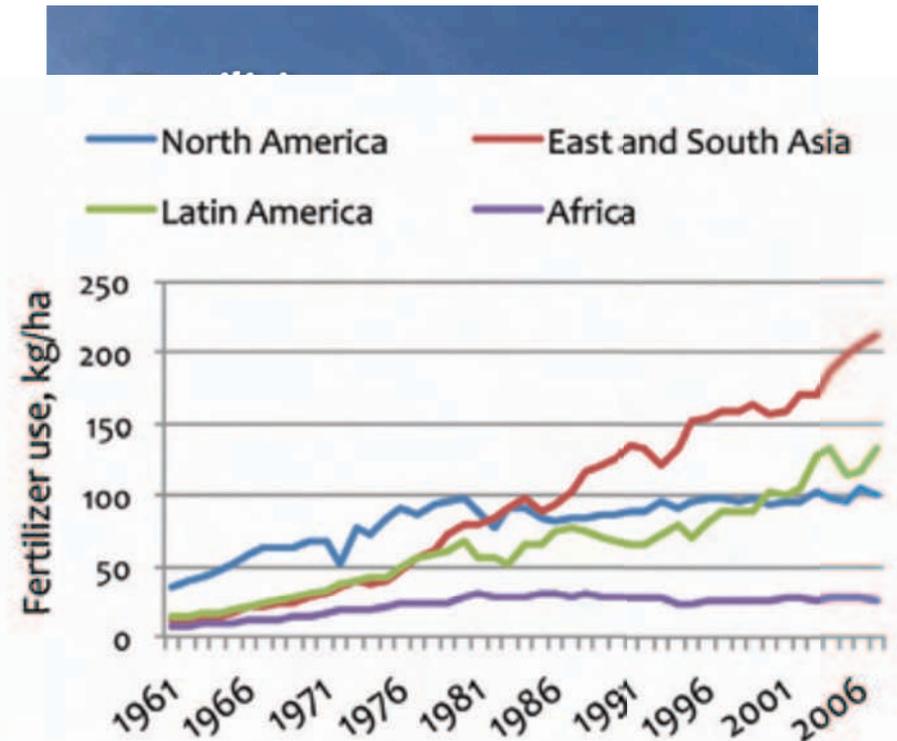
Cómo nos preparamos para el cambio climático?



Adaptado de: Jackson L, et al. Biodiversity and agricultural sustainability: from assessment to adaptive management, *Curr Opin Environ Sustain* (2010), doi:10.1016/j.cosust.2010.02.007

Salud humana y el manejo nutricional de cultivos

- Bruulsema et al (eds) 2012.
- Once capítulos sobre distintas dimensiones del impacto en la salud humana del manejo de la nutrición mineral de los cultivos.
- Economía y perspectivas del uso de fertilizantes
- Fortificación (vitáminas y micronutrientes)
- Disponible en www.ipni.net/article/IPNI-3269



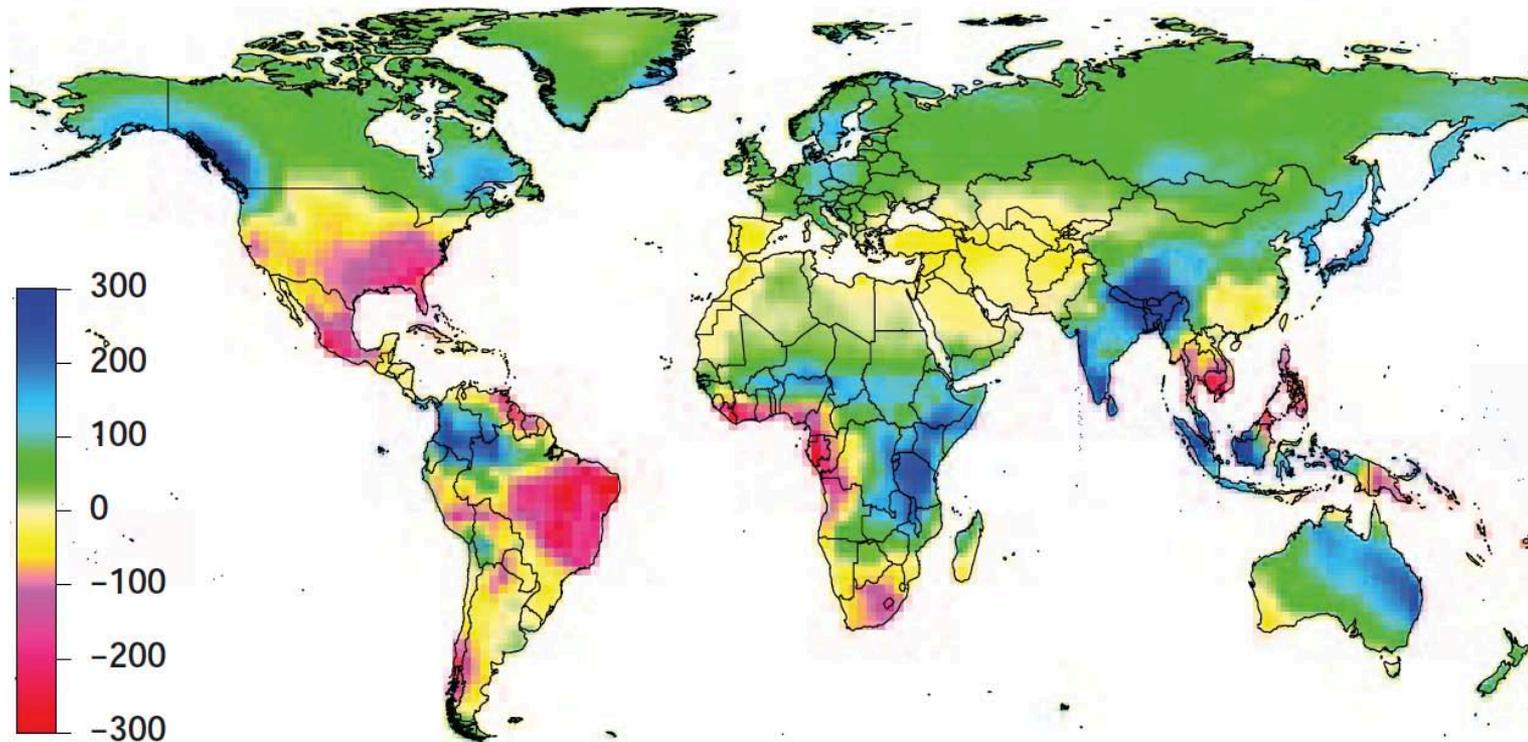
Uso integral de herramientas

- Más recientemente ya se empiezan a observar ejemplos de estudios de modelación agronómica y económica que integran a diferentes escalas los impactos del CC:
- Nelson et.al (2010):
- DSSAT para distintos cultivos, estrés hídrico y térmico, escenarios del IPCC, modelo IMPACT del IFPRI con dos tipos de estimaciones de análisis económico.
- Ingreso per cápita y su relación con la agricultura



Variación en precipitaciones

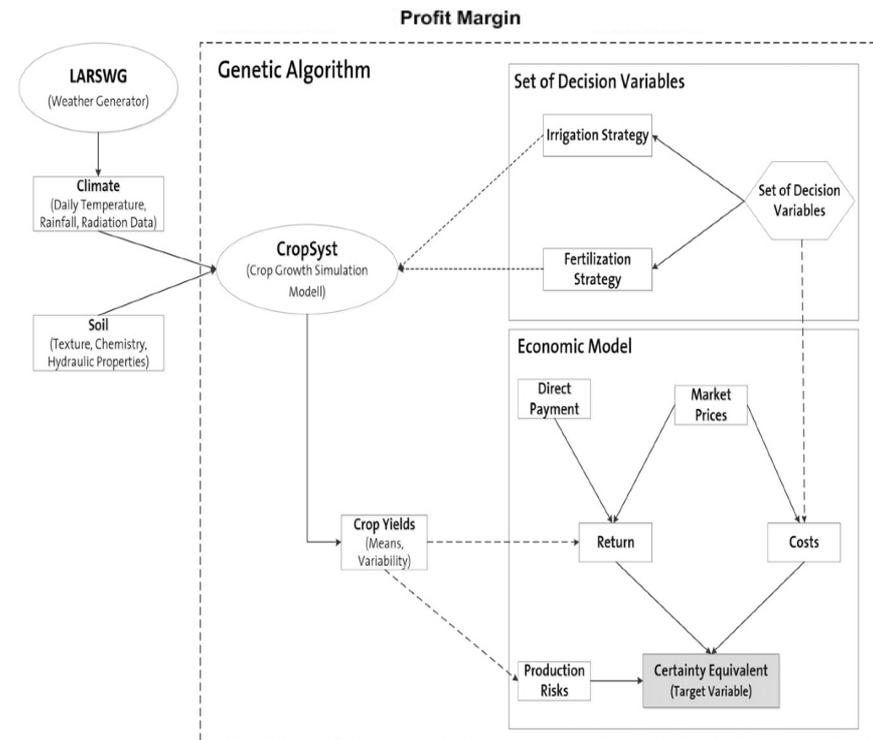
Figure 1.8 Change in average annual precipitation, 2000-2050, MIROC, A1B (mm)



- Estimaciones para distintos escenarios del IPCC

Uso integral de herramientas

- Lehmann et.al (2013):
- Cropsyst para distintos cultivos, escenarios de un país (Suiza), modelo económico con valor a la decisión del agricultor.
- Conclusión general, el agricultor necesitará subsidio para superar el efecto negativo del CC.



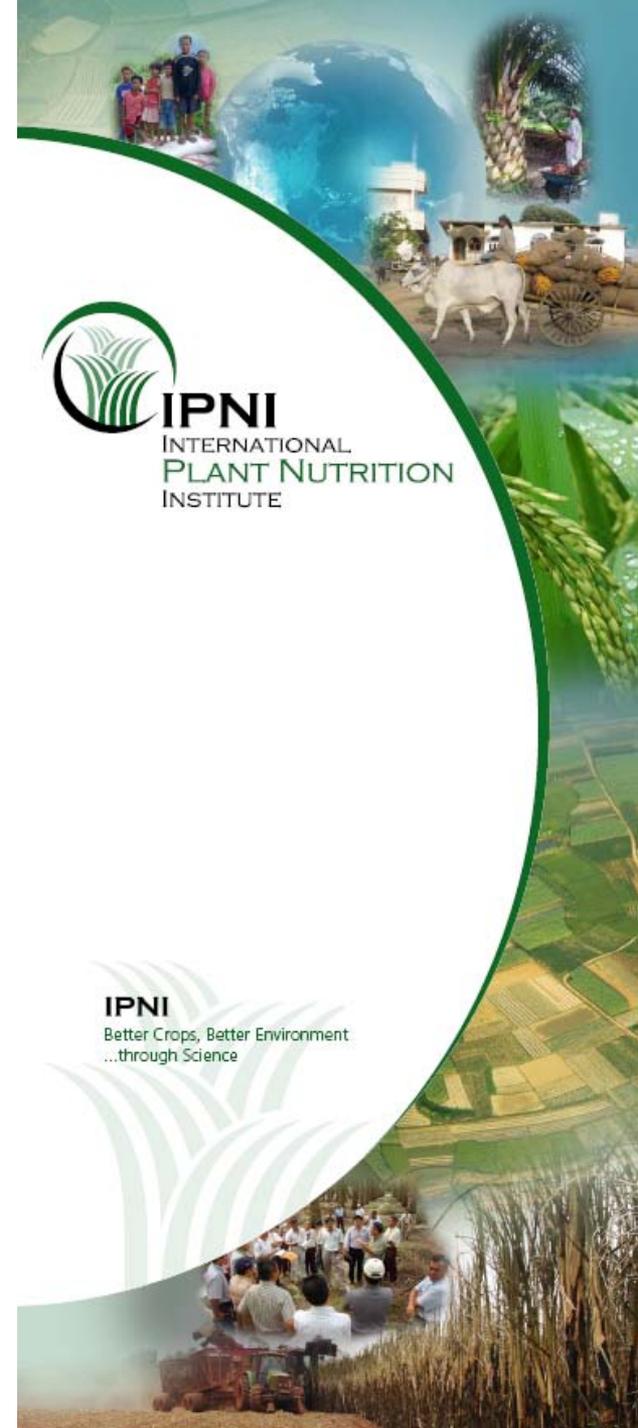
Volviendo a lo básico, los 4R del IPNI

Los 4 Fundamentos de la nutrición "4R"



Conclusiones

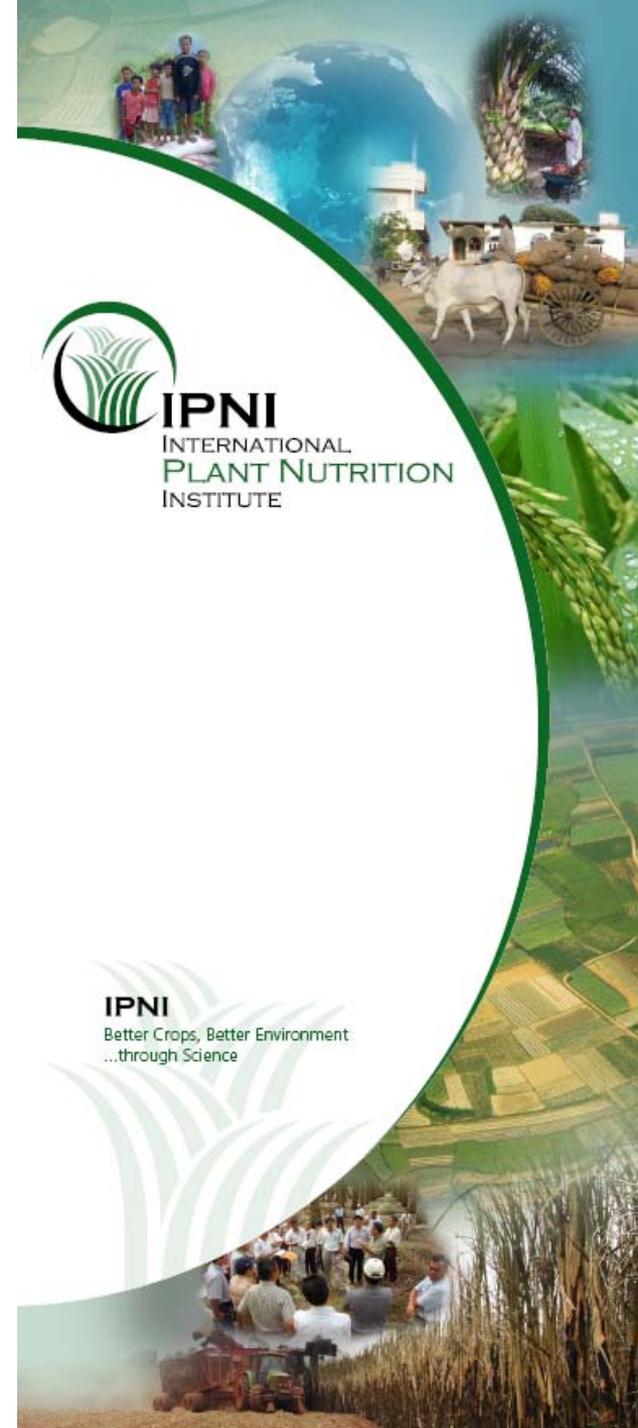
- El cambio climático induce cambios en la fisiología de los cultivos
- El aumento del CO₂ y las variaciones de temperatura y precipitación afectarán la producción y calidad de alimentos
- La fertilización adecuada juega un rol vital para mantener la producción de alimentos



IPNI
Better Crops, Better Environment
...through Science

Es urgente enfrentar el Cambio Climático

- Es vital fortalecer la investigación agrícola con énfasis en la agro-meteorología
- Se necesita generar nuevas tecnologías con un amplio rango de adaptaciones
- Mejorar el desarrollo de raíz y la tolerancia al estrés abiótico (sequía, temperatura, deficiencias minerales)



Muchas gracias!
rjaramillo@ipni.net
<http://nla.ipni.net>



Presentación Programa Celebración 50 años
Facultad de Agronomía – U. Nacional de Colombia