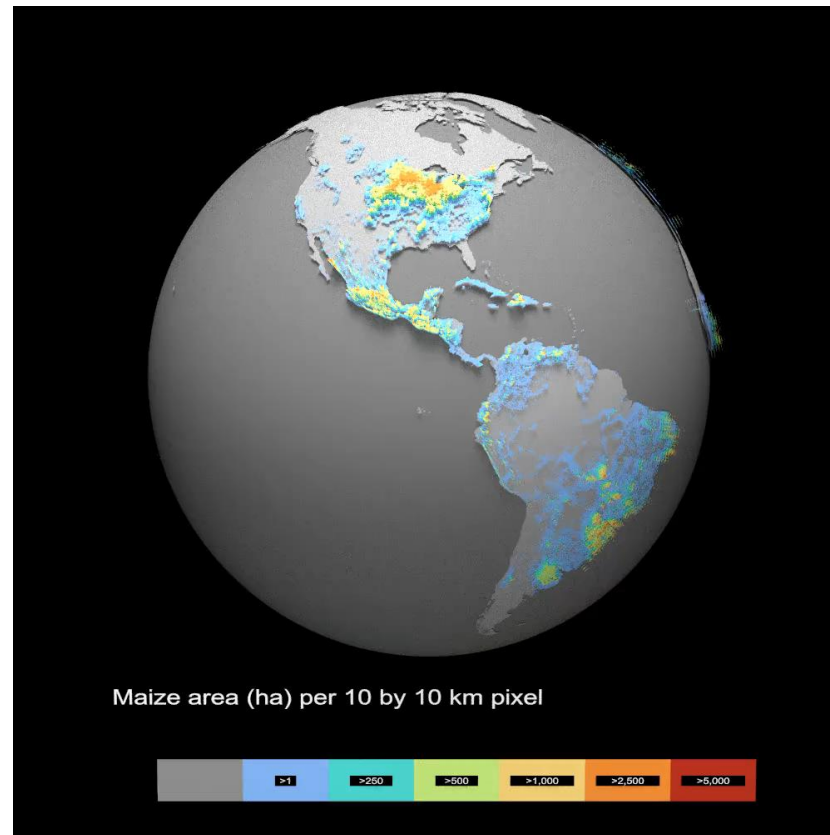


# Escenarios de futuro cambio climático en la producción de maíz

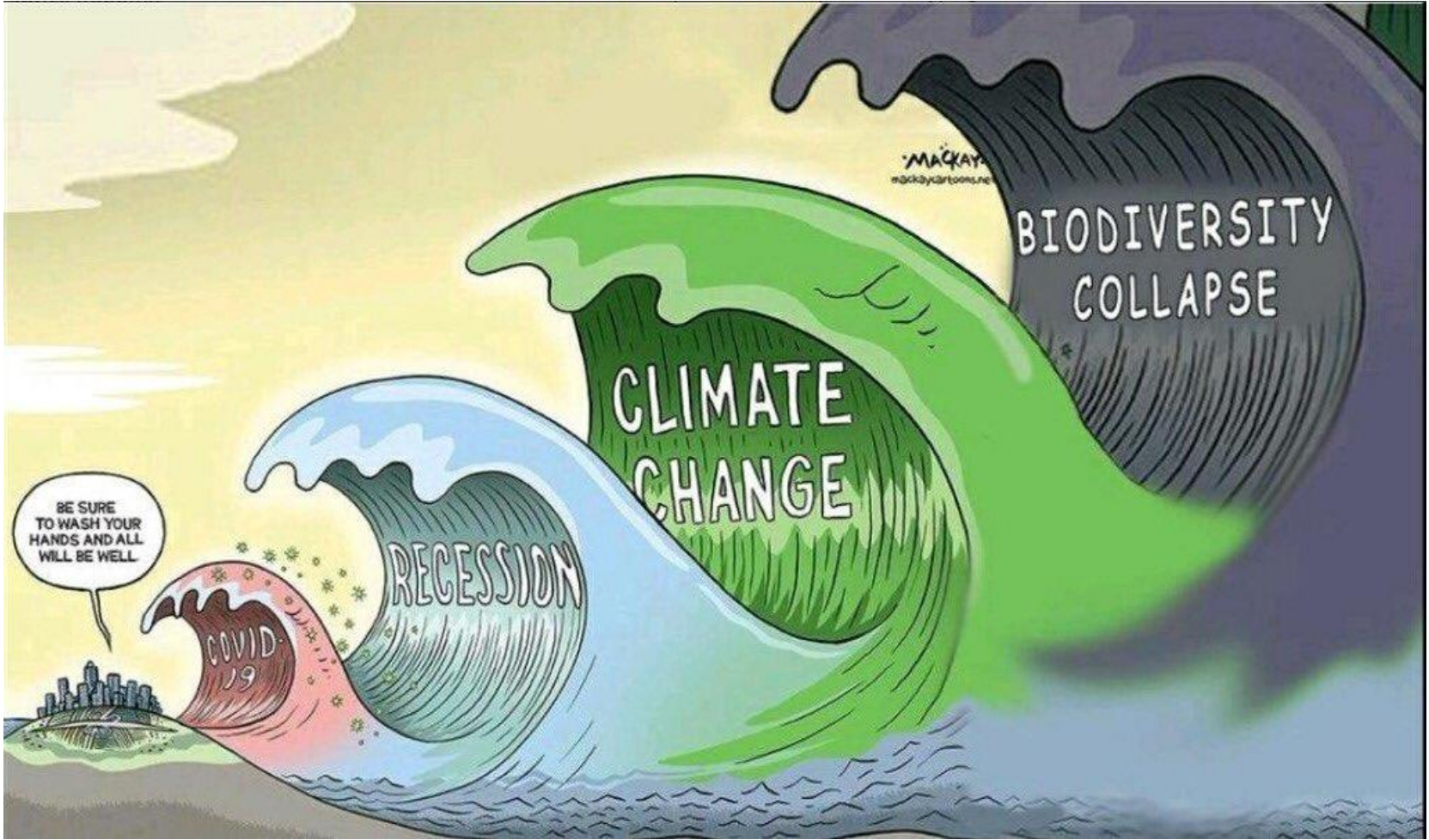


Dr. Kai Sonder

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo

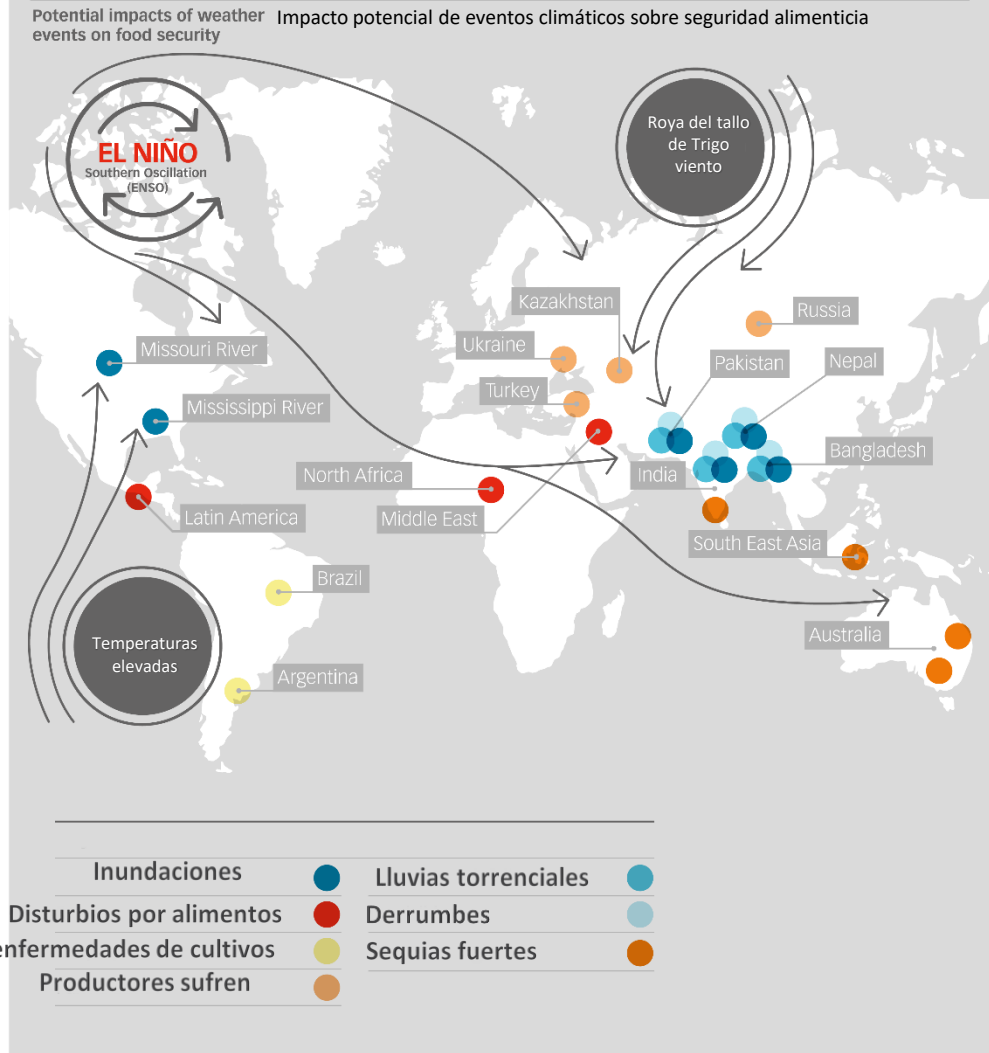
CIMMYT





# Estudio Lloyd's Sobre choque de sistemas De Alimentos 2015

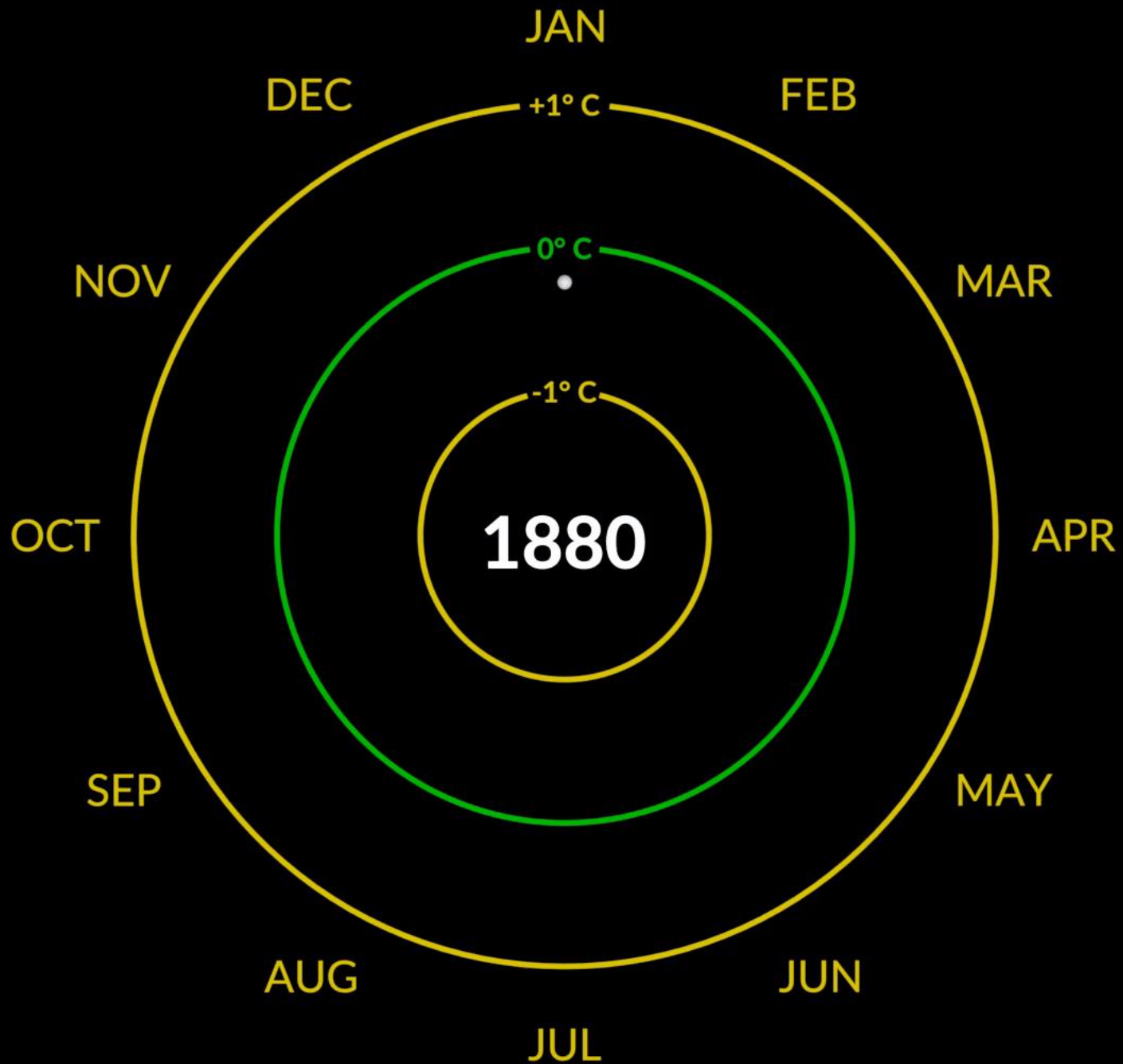
## Informe de riesgos emergentes



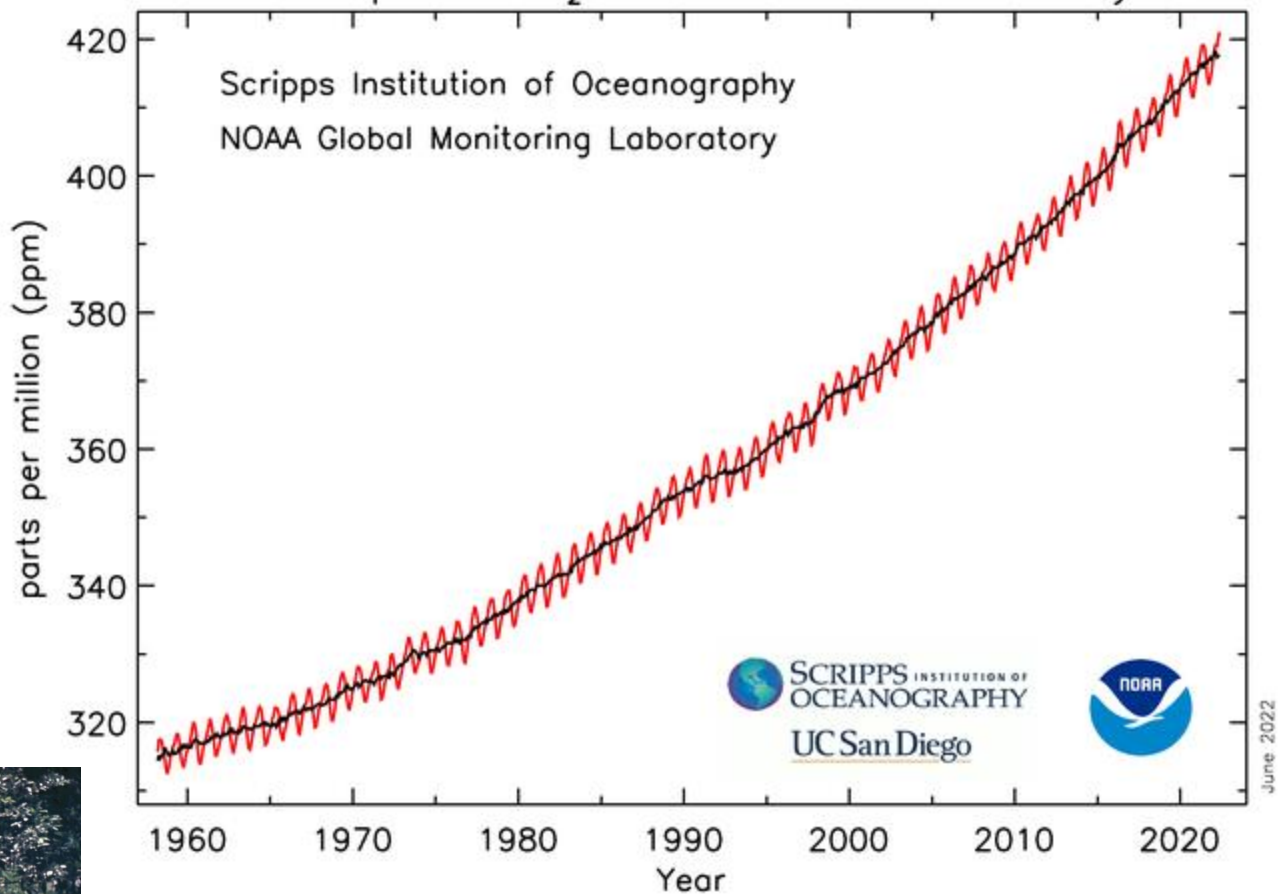
### Overall global economic impact:

### Impacto economico global





# Atmospheric CO<sub>2</sub> at Mauna Loa Observatory

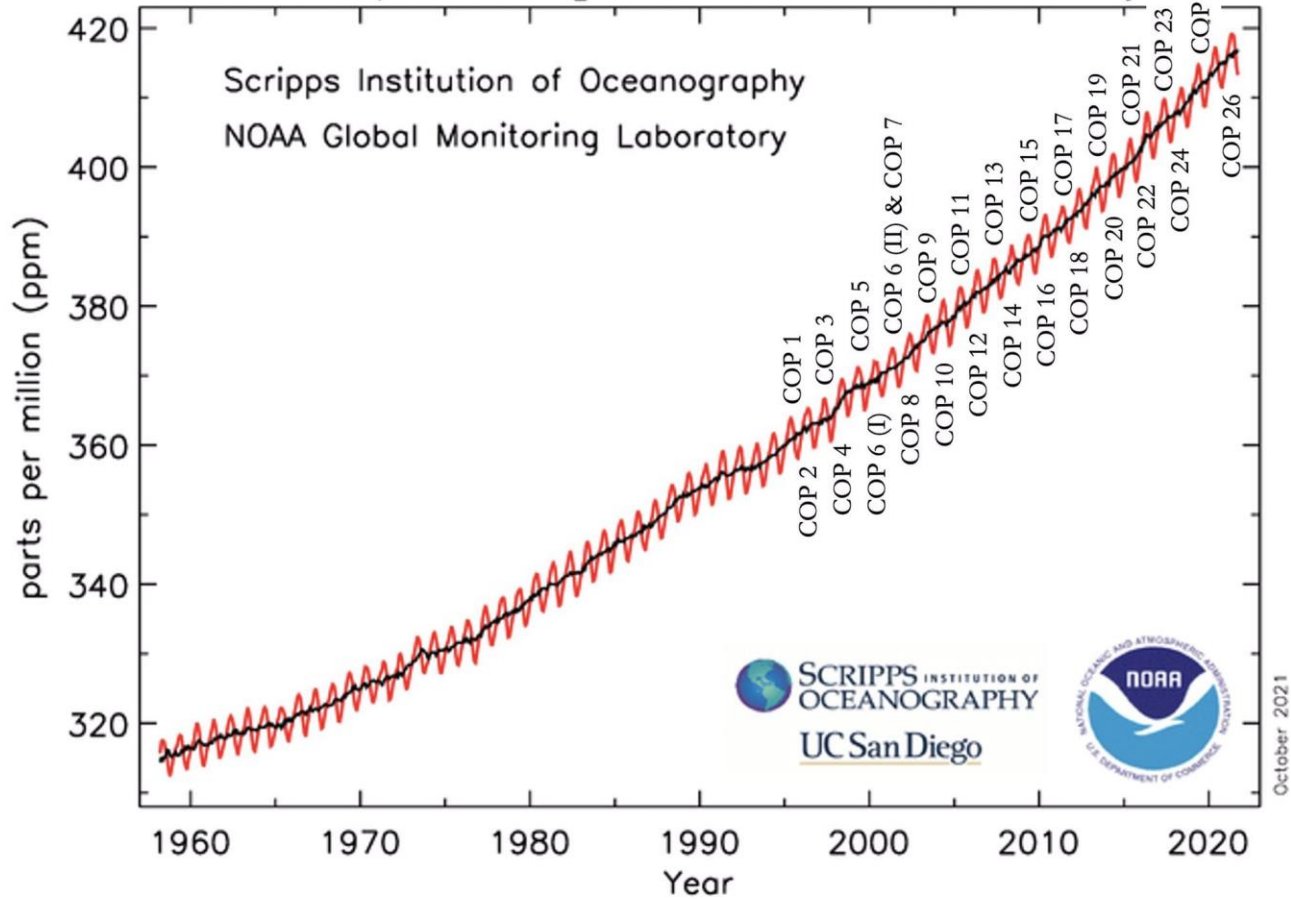


Mayo, 2022 = 420.99 ppm

1990 = 354

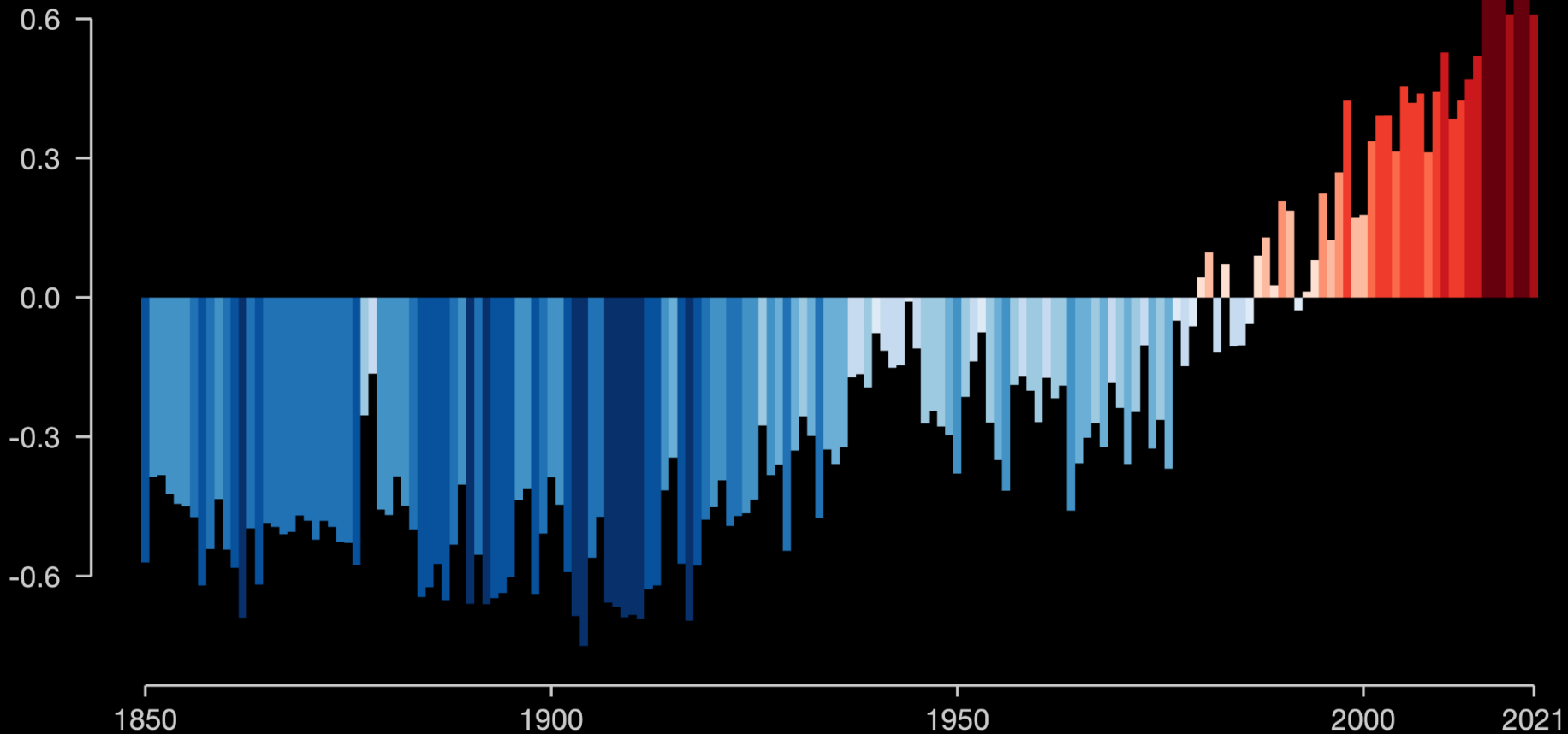
1968 = 323

# Atmospheric CO<sub>2</sub> at Mauna Loa Observatory



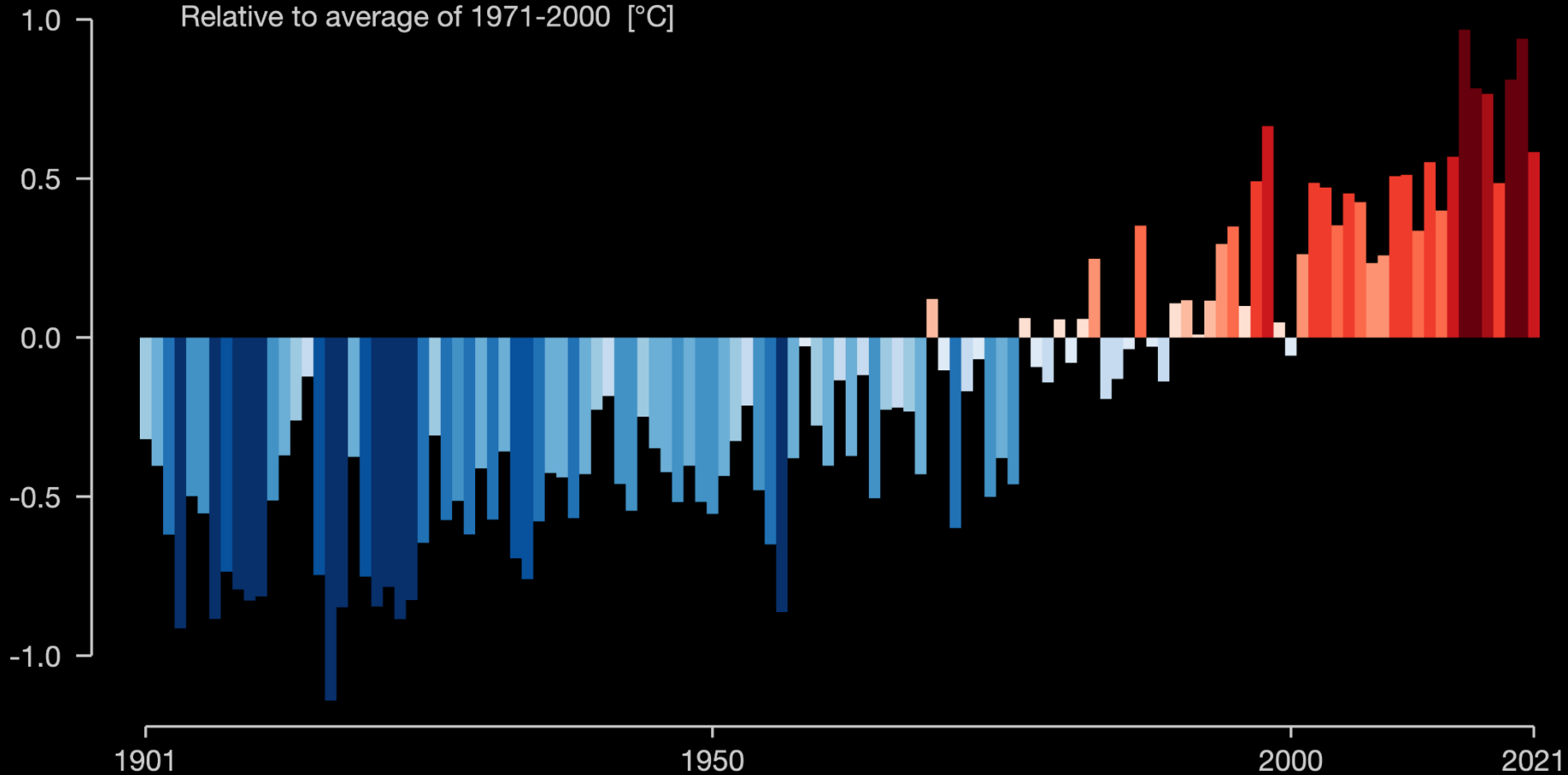
# Cambio de Temperaturas Globales

Relative to average of 1971-2000 [°C]



# Cambio de Temperaturas en America del Sur

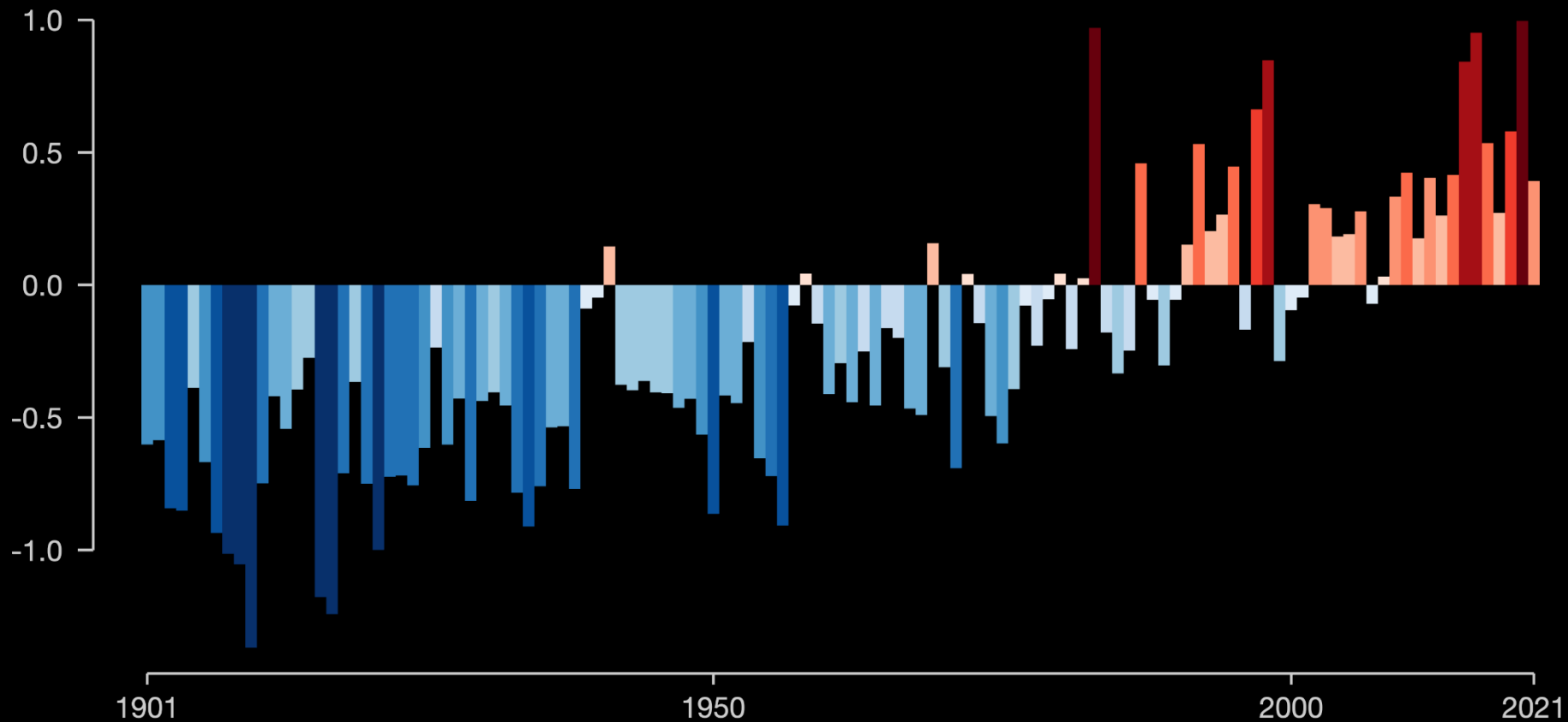
Relative to average of 1971-2000 [°C]

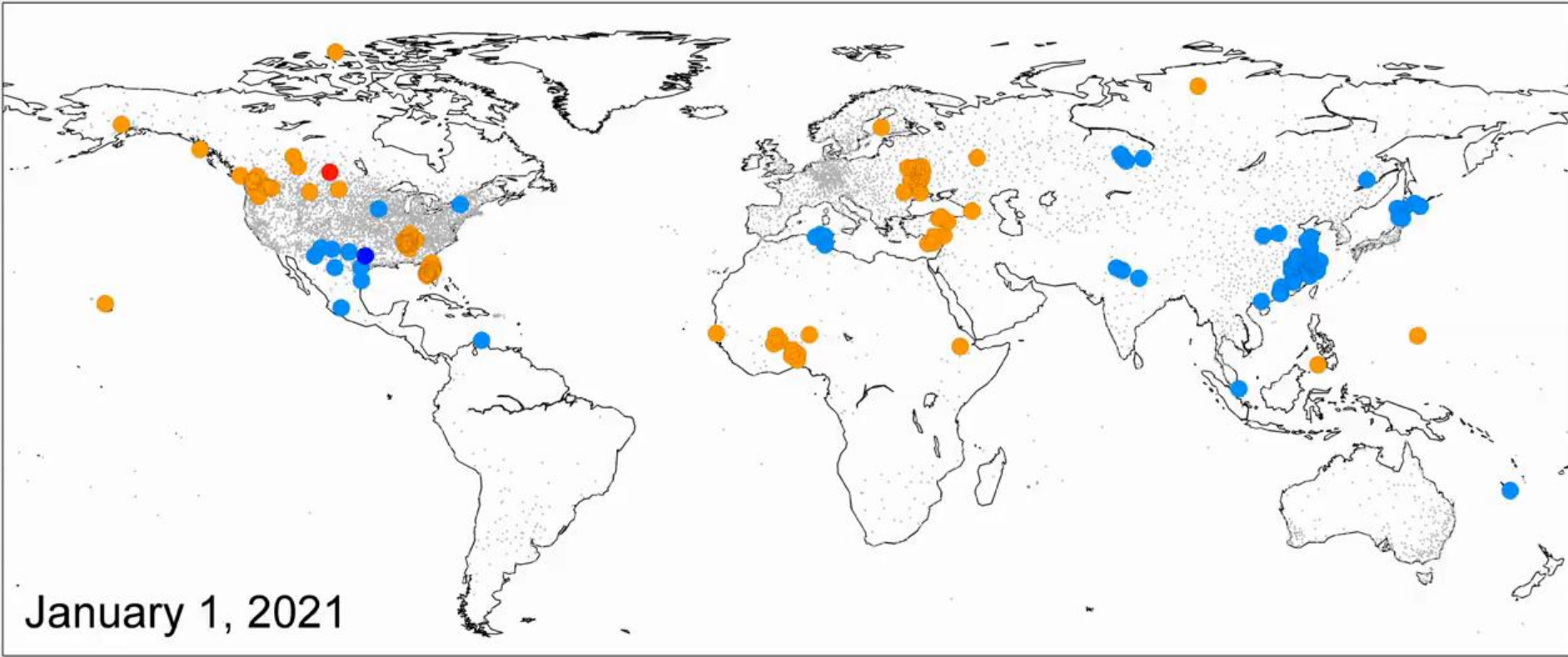




# Cambio de Temperaturas en Peru

Relative to average of 1971-2000 [°C]





January 1, 2021

### New Record High



### New Record Low



Based on daily high and low temperature at 8524 weather stations with at least 40 years of observations. Raw data is used, records may still require verification.



## Mecanismos de *forzamiento* radiativo

Componente de escenario	RCP2.6	RCP4.5	RCP6	RCP8.5
Emisiones de gases de invernadero	Muy bajos	Mitigación baja-medio Línea base muy baja	Línea base media Alta mitigación	Línea base alta
Área agrícola	Medio para áreas de cultivos y pastizales	Muy bajo para ambos áreas de cultivos y pastizales	Mediana para áreas de cultivos pero muy baja para pastizales	Mediana para ambos áreas de cultivos y pastizales
Polución del aire	Mediana-Baja	Mediana	Mediana	Mediana-Alta

RCP	Descripción
8.5	Aumenta camino de forzamiento de radiación hasta 8.5 W/m <sup>2</sup> (~1370 ppm CO <sub>2</sub> eq) en 2100
6	Camino de estabilización hacia 6 W/m <sup>2</sup> (~850 ppm CO <sub>2</sub> eq) en el 2100
4.5	Estabilización sin pasar hasta 4.5 W/m <sup>2</sup> (~650 ppm CO <sub>2</sub> eq) después del 2100
2.6	Máximo de forzamiento de radiación en ~3 W/m <sup>2</sup> (~490 CO <sub>2</sub> eq) antes del 2100 y después reducción (baja a 2.6 W/m <sup>2</sup> ) en 2100

# Global CO<sub>2</sub> Emissions

Forcing target and temperature range in 2100

Baseline (3.0–5.1°C)

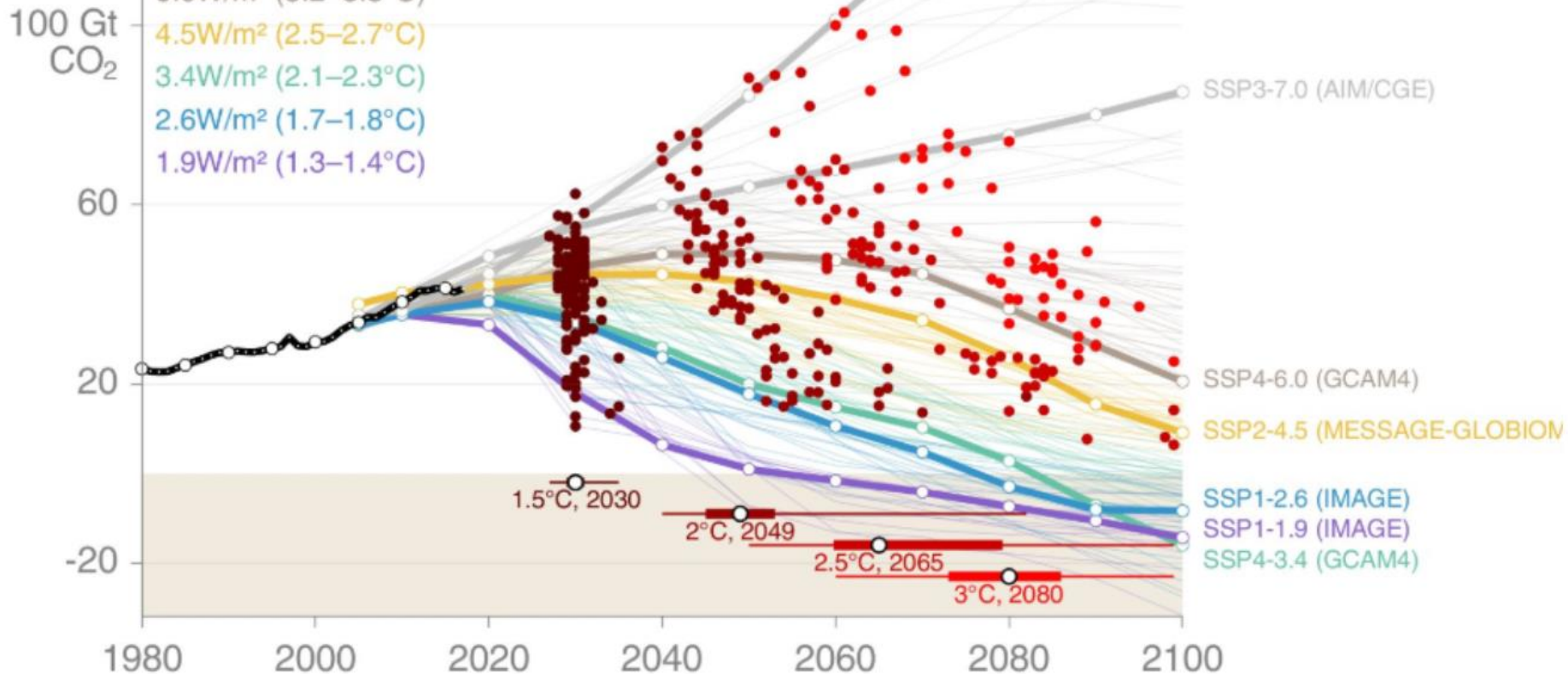
6.0W/m<sup>2</sup> (3.2–3.3°C)

4.5W/m<sup>2</sup> (2.5–2.7°C)

3.4W/m<sup>2</sup> (2.1–2.3°C)

2.6W/m<sup>2</sup> (1.7–1.8°C)

1.9W/m<sup>2</sup> (1.3–1.4°C)

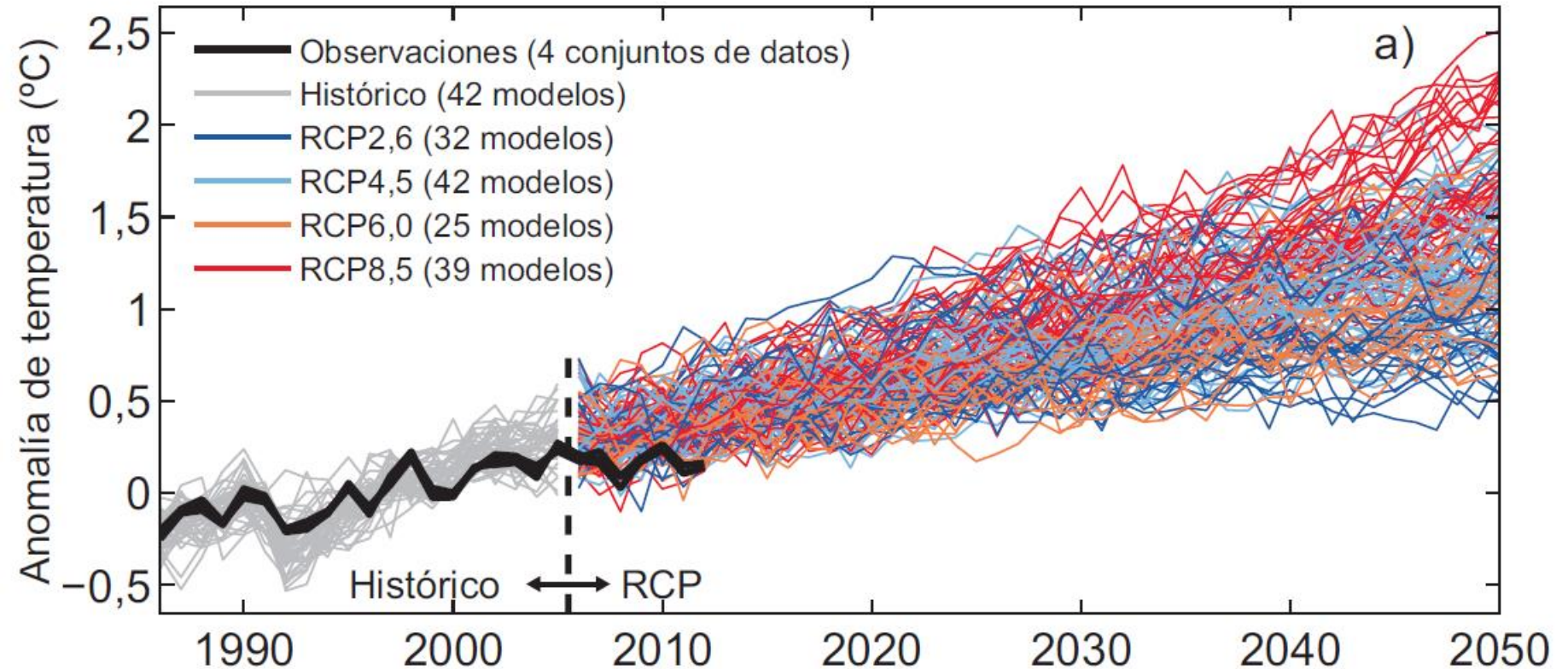


© Global Carbon Project • Data: Riahi et al (2017), Rogelj et al (2018), SSP Database (version 2)

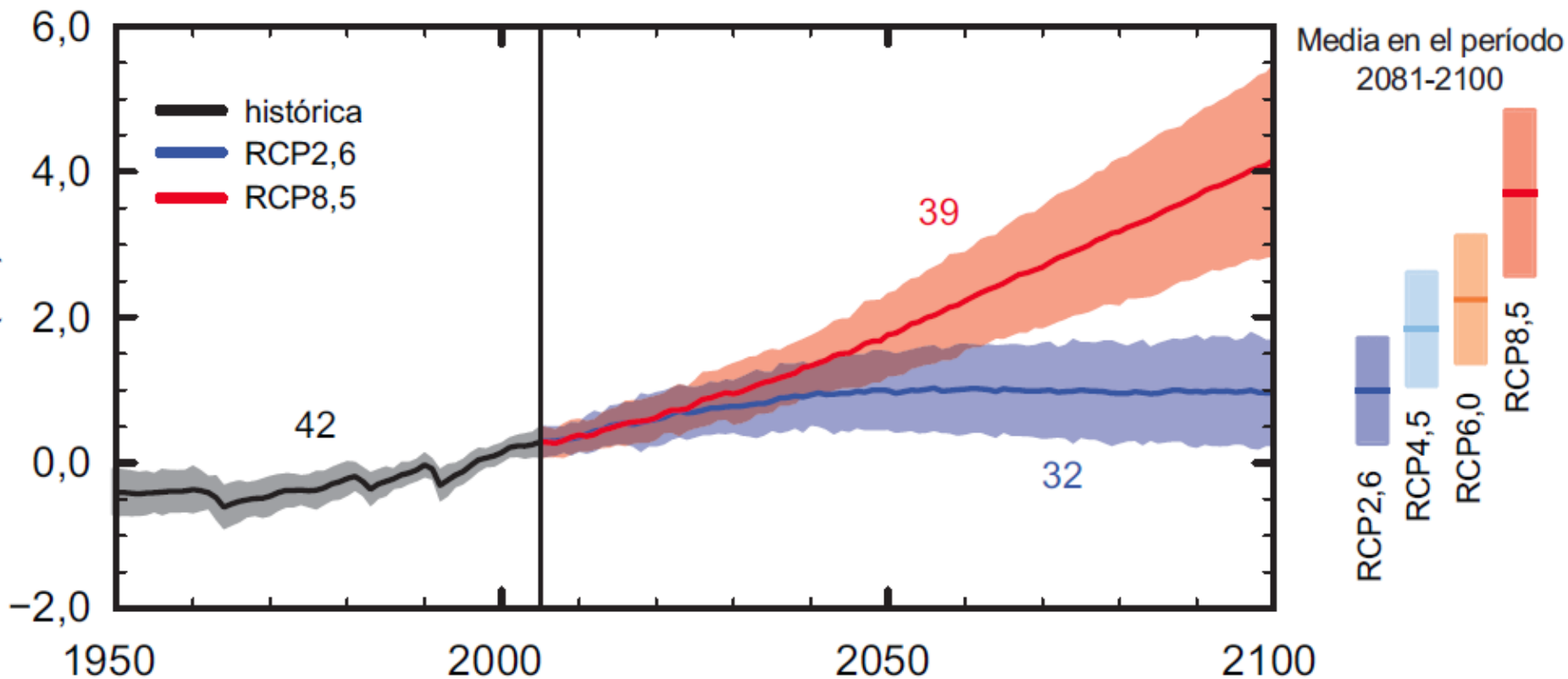


# Cambios de Temperatura

Proyecciones a corto plazo de la temperatura media global en relación con 1986-2005



# Cambio en la temperatura media global en superficie



# Modelos de Circulación Global

Modeling Center (or Group)	Institute ID	Model Name
Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) and Bureau of Meteorology (BOM), Australia	CSIRO-BOM	ACCESS1.0 ACCESS1.3
Beijing Climate Center, China Meteorological Administration	BCC	BCC-CSM1.1 BCC-CSM1.1(m)
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (National Institute for Space Research)	INPE	BESM OA 2.3*
College of Global Change and Earth System Science, Beijing Normal University	GCESS	BNU-ESM
Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis	CCCMA	CanESM2 CanCM4 CanAM4
University of Miami - RSMAS	RSMAS	CCSM4(RSMAS)*
National Center for Atmospheric Research	NCAR	CCSM4
Community Earth System Model Contributors	NSF-DOE-NCAR	CESM1(BGC) CESM1(CAM5) CESM1(CAM5.1,FV2) CESM1(FASTCHEM) CESM1(WACCM)
Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies and National Centers for Environmental Prediction	COLA and NCEP	CFSv2-2011
Centro Euro-Mediterraneo per I Cambiamenti Climatici	CMCC	CMCC-CESM CMCC-CM CMCC-CMS
Centre National de Recherches Météorologiques / Centre Européen de Recherche et Formation Avancée en Calcul Scientifique	CNRM-CERFACS	CNRM-CM5
		CNRM-CM5-2
Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization in collaboration with Queensland Climate Change Centre of Excellence	CSIRO-QCCCE	CSIRO-Mk3.6.0
EC-EARTH consortium	EC-EARTH	EC-EARTH
LASG, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences and CESS, Tsinghua University	LASG-CESS	FGOALS-g2

# Modelos de Circulación Global

LASG, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences	LASG-IAP	FGOALS-g1 FGOALS-s2
The First Institute of Oceanography, SOA, China	FIO	FIO-ESM
NASA Global Modeling and Assimilation Office	NASA GMAO	GEOS-5
NOAA Geophysical Fluid Dynamics Laboratory	NOAA GFDL	GFDL-CM2.1 GFDL-CM3 GFDL-ESM2G GFDL-ESM2M GFDL-HIRAM-C180 GFDL-HIRAM-C360
NASA Goddard Institute for Space Studies	NASA GISS	GISS-E2-H GISS-E2-H-CC GISS-E2-R GISS-E2-R-CC
National Institute of Meteorological Research/Korea Meteorological Administration	NIMR/KMA	HadGEM2-AO
Met Office Hadley Centre (additional HadGEM2-ES realizations contributed by Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)	MOHC (additional realizations by INPE)	HadCM3 HadGEM2-CC HadGEM2-ES HadGEM2-A
Institute for Numerical Mathematics	INM	INM-CM4
Institut Pierre-Simon Laplace	IPSL	IPSL-CM5A-LR IPSL-CM5A-MR IPSL-CM5B-LR
Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Atmosphere and Ocean Research Institute (The University of Tokyo), and National Institute for Environmental Studies	MIROC	MIROC-ESM MIROC-ESM-CHEM
Atmosphere and Ocean Research Institute (The University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology	MIROC	MIROC4h MIROC5
Max-Planck-Institut für Meteorologie (Max Planck Institute for Meteorology)	MPI-M	MPI-ESM-MR MPI-ESM-LR MPI-ESM-P
Meteorological Research Institute	MRI	MRI-AGCM3.2H MRI-AGCM3.2S MRI-CGCM3 MRI-ESM1
Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model Group	NICAM	NICAM.09
Norwegian Climate Centre	NCC	NorESM1-M NorESM1-ME



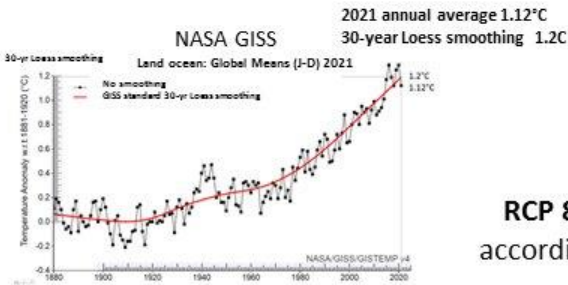


# Global warming is tracking the worst-case scenario

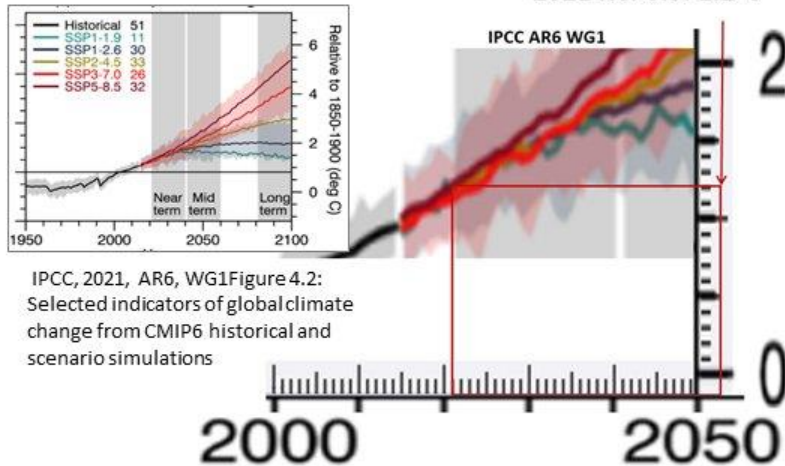
## Use of 1.2°C for 2021 confirmed by global warming index

1. The global warming index is from emissions only
2. Latest global warming Index 21 Feb. 2021 is 1.244°C
3. The December 2021 Index was 1.215°C (below)
  - 2021 was under a cooling La Nina, explaining why some results were lower than the Berkeley Earth 1.2°C

2021 global warming of 1.2°C from Berkely Earth & smoothed NASA GISS is used

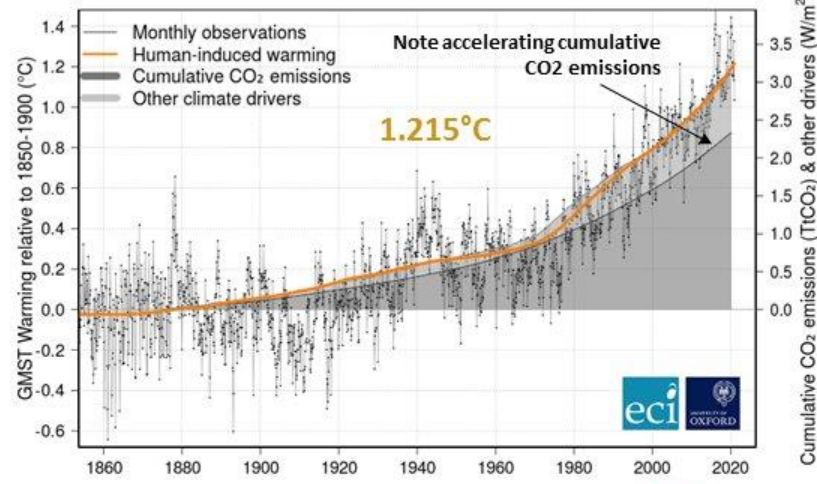


RCP 8.5 at 2021 is 1.2°C according to IPCC AR6 WG1  
2021 RCP8.5: 1.2°C



Human-induced warming: +1.244581093 °C  
on Mon. 21 Feb 2022 23:43:49 GMT

Global Warming Index & Forcing Contributions - updated to Dec 2020

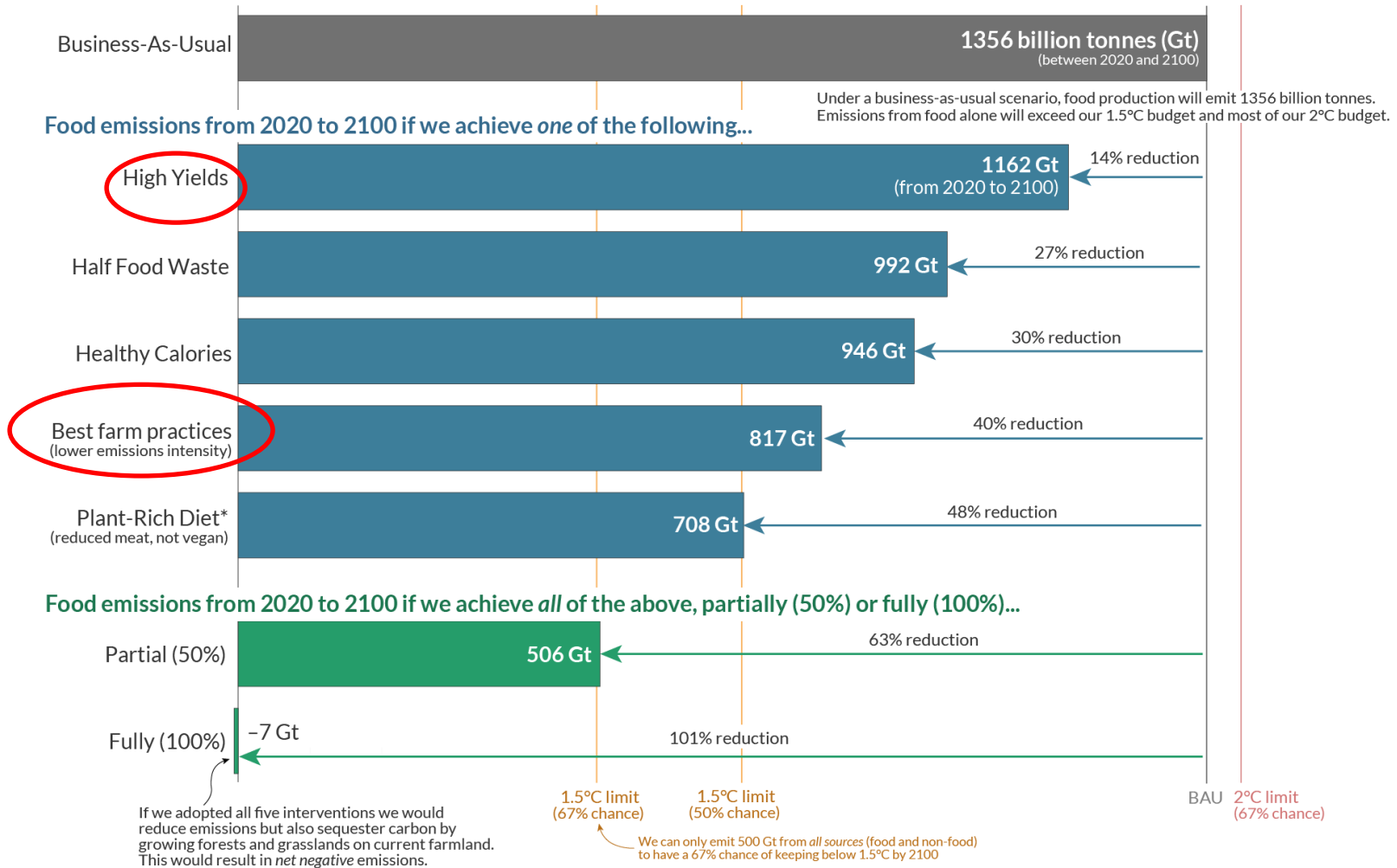


Globalwarmingindex.org is provided by the Oxford of University Environmental Change Institute and the University of Leeds Priestley International Centre for Climate. globalwarmingindex.org

Peter Carter, Climate Emergency Institute

# How can we reduce global greenhouse gas emissions from food?

Shown are estimates of cumulative greenhouse gas emissions from food production from 2020 to 2100 under a business-as-usual scenario, and five interventions to reduce emissions. This is measured in global warming potential (GWP\*) CO<sub>2</sub> warming-equivalents (CO<sub>2</sub>-we).



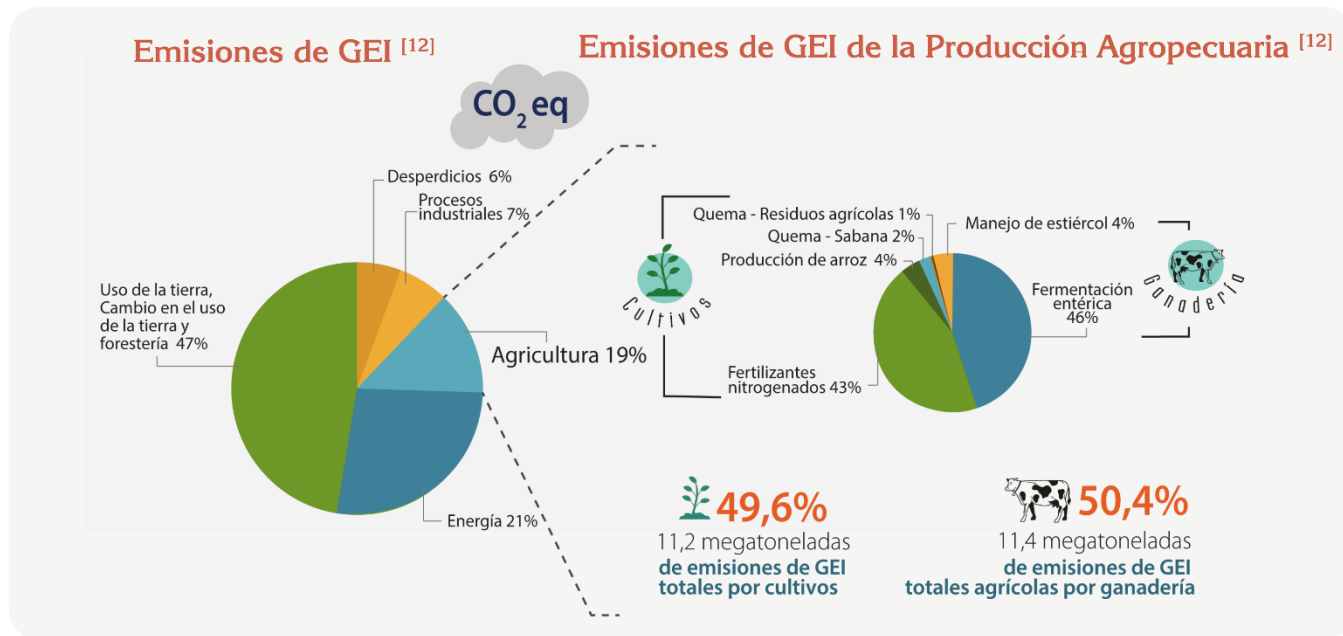
\*Based on the EAT-Lancet Planetary Health diet which includes reduces but does not eliminate meat or dairy consumption.

Source: Michael Clark et al. (2020). Global food system emissions could preclude achieving the 1.5° and 2°C climate change targets. *Science*.

OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world’s largest problems.

Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie.

# Emisiones del agro Peru



CIAT CATIE 2014

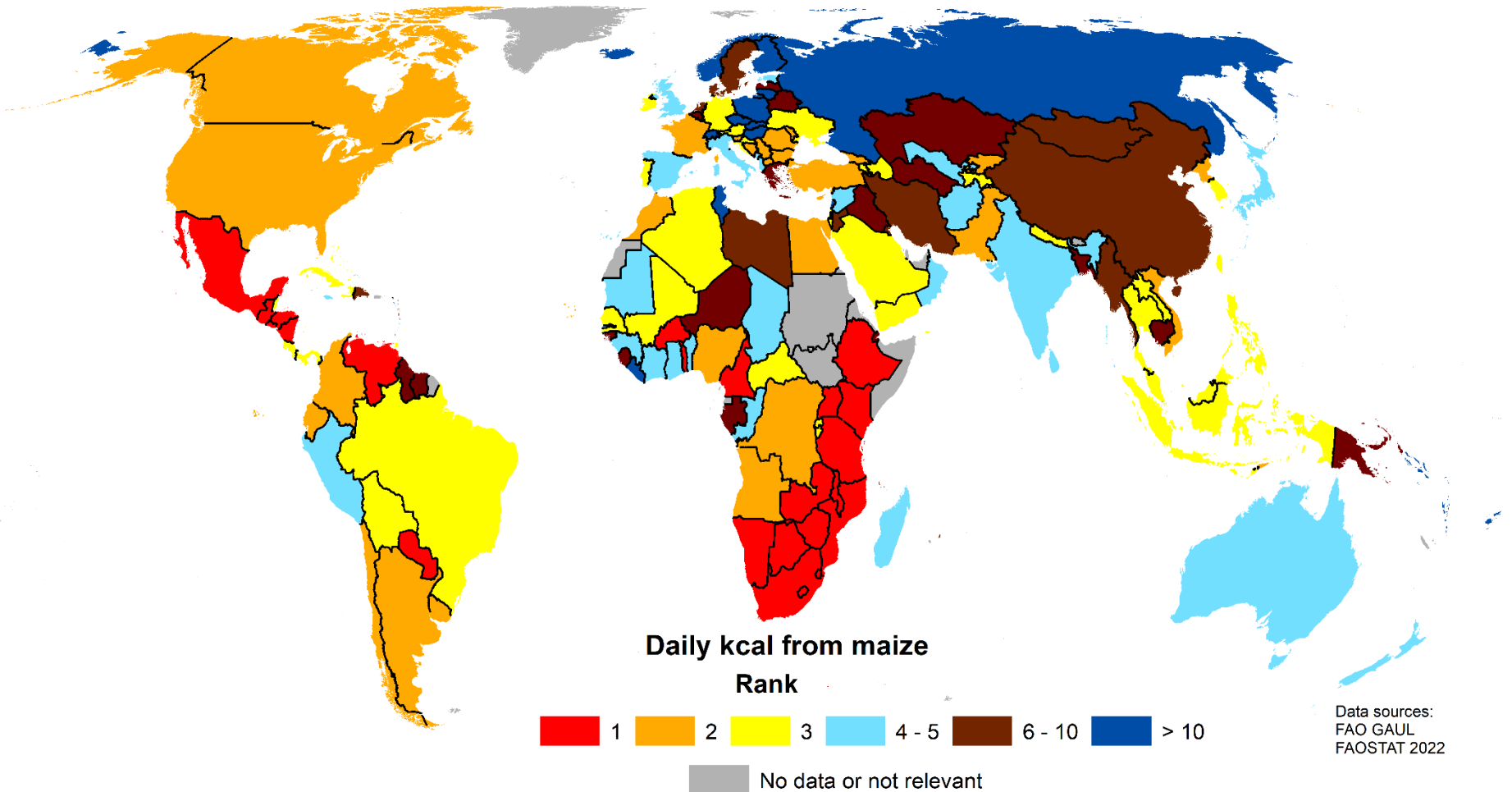


# Implicaciones para producción de maíz



# Calorías diarias provenientes del maíz

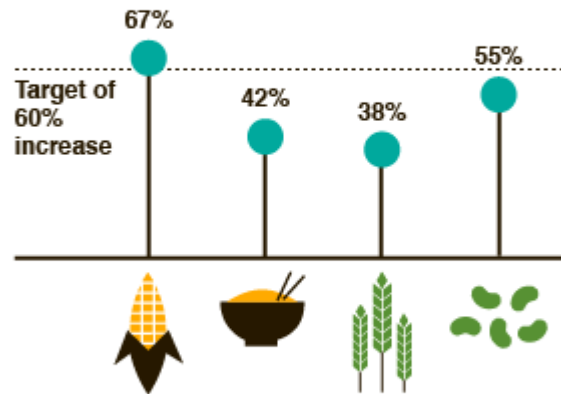
## Rango de consumo diario por cápita a nivel país



## Demanda para maíz incrementara 60% hasta el 2050 (FAO)

Al momento el incremento global de rendimiento de maíz es 1.6% por año. Eso implica que hasta el 2050 solo se lograra un incremento de 67% de la producción global

Yields of maize, rice, wheat, and soybean all need to **INCREASE BY 60%**, by 2050 to meet demand but current growth in yield are falling short of the target.

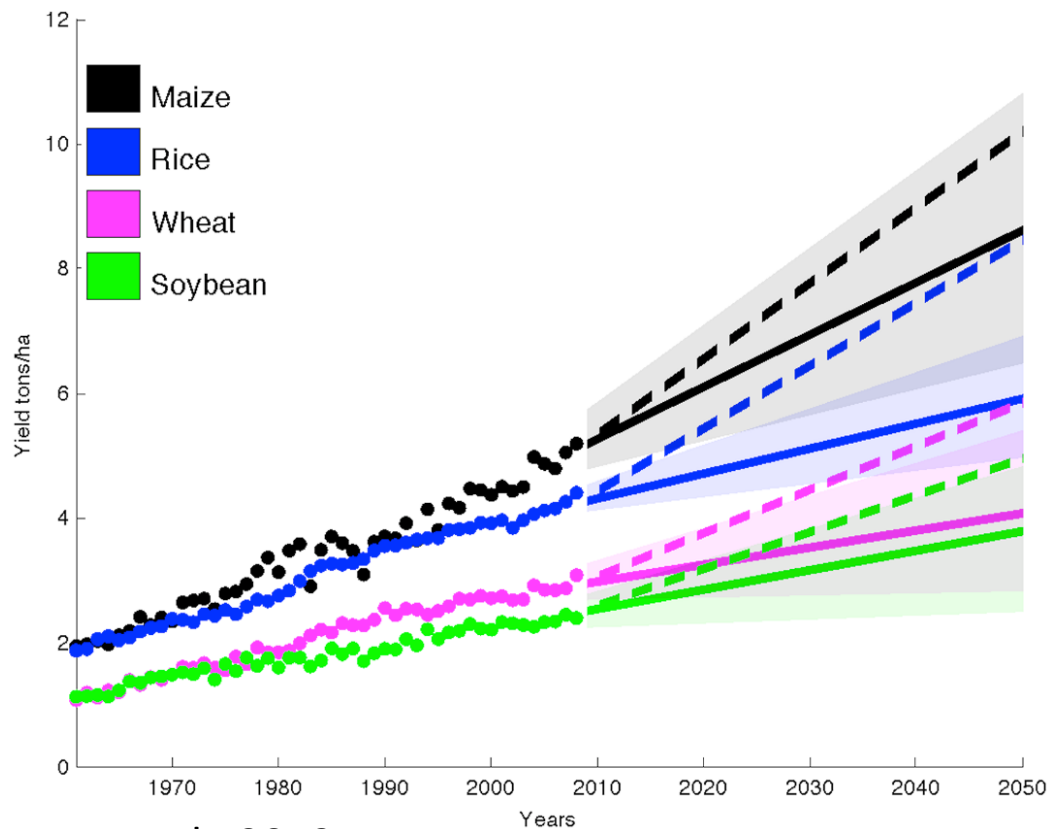


Source: Ray et al., 2013

**Big Facts**  
ccafs.cgiar.org/bigfacts



# Aumento de rendimientos con tasa de hoy no será suficiente para cubrir demanda



Asumiendo que no hay aumento de área

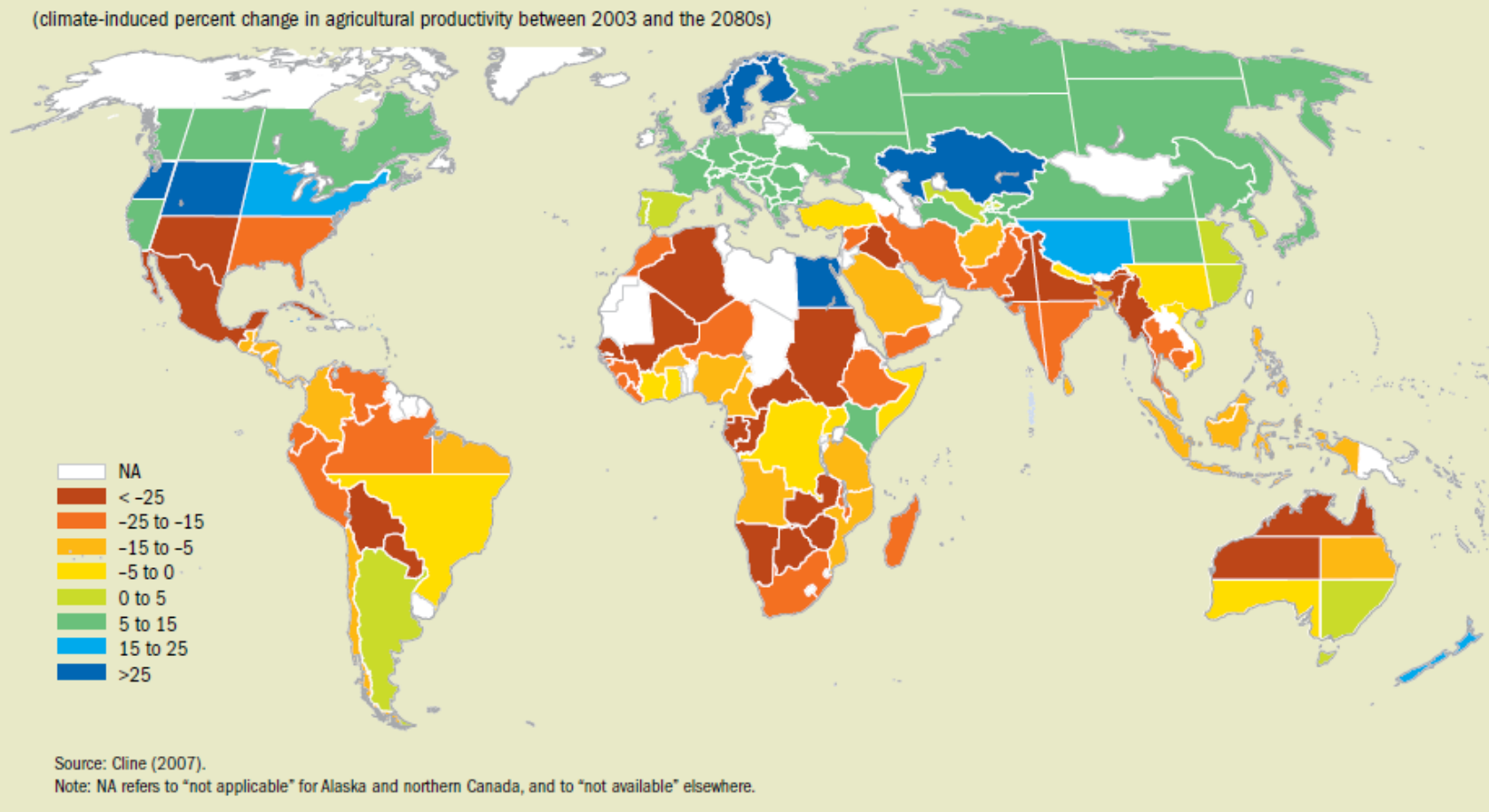
Ray et al., 2013



## With carbon fertilization

If some crops benefit from increased carbon dioxide, the global impact is less dire and those areas farther from the equator may see some increases in agricultural productivity.

(climate-induced percent change in agricultural productivity between 2003 and the 2080s)



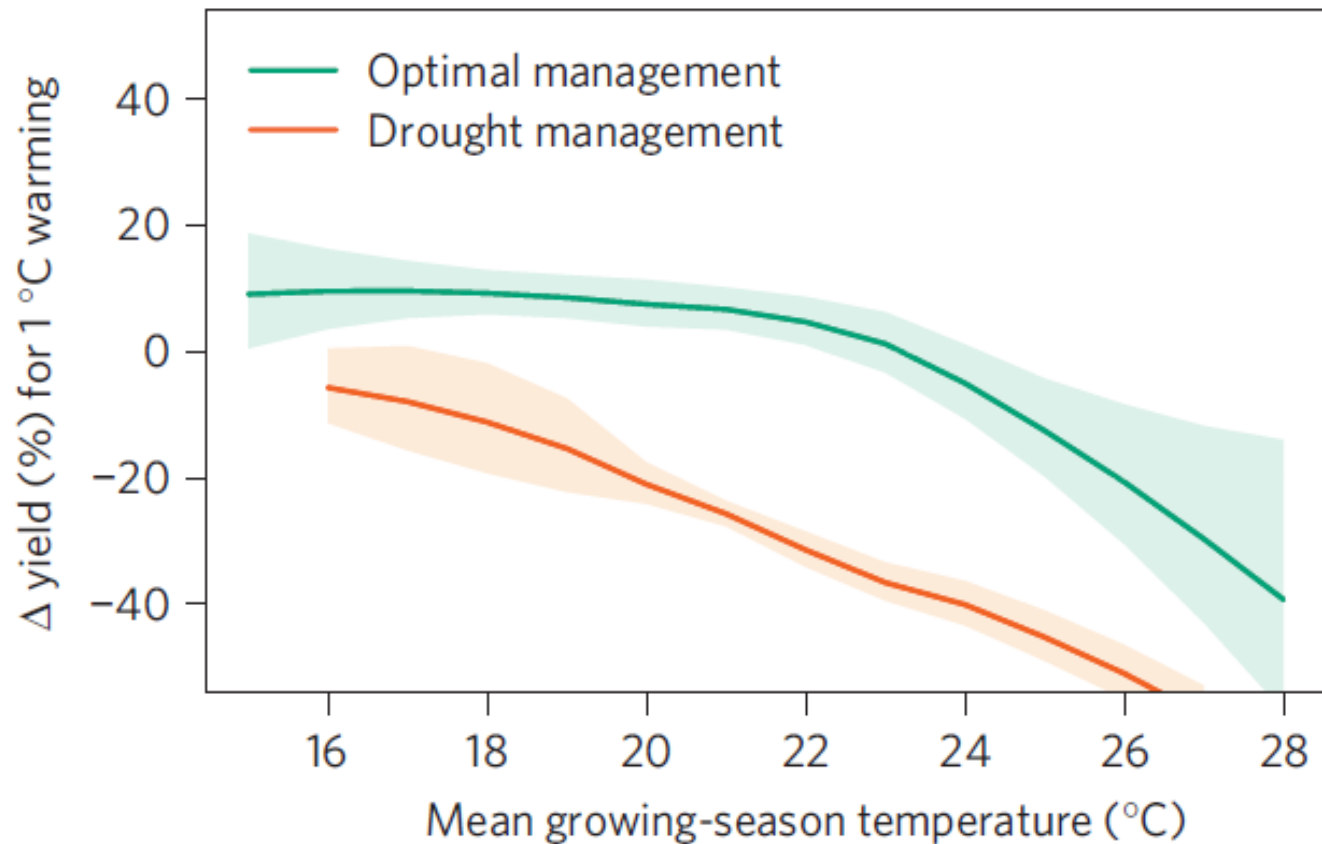
Impacto sobre agricultura Mexico:  
-23% con fertilización CO<sub>2</sub> -35% sin fertilización CO<sub>2</sub>

WICIMMYT<sub>MR</sub>



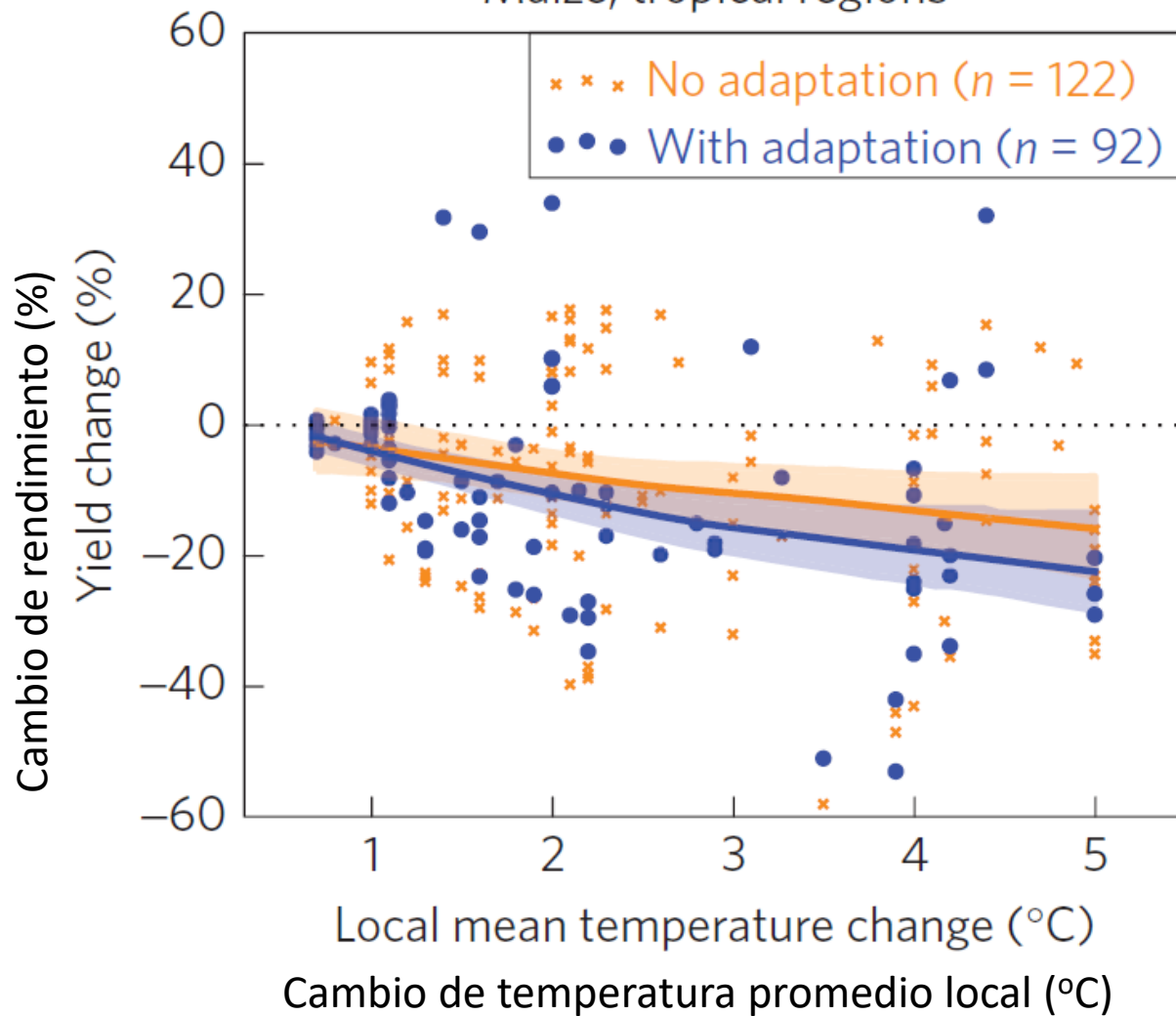
# Efectos de temperatura

- 20,000 ensayos de rendimiento de maíz en África
- cada día de unidades calor GDD encima de 30 grados reduce el rendimiento 1% en temporal optimizado y 1.7% en condiciones de sequia
- En el futuro 65% de todo el maíz en África sufrirá pérdidas de rendimiento con un grado de incremento de temperatura y 100% del maíz en condiciones de sequia

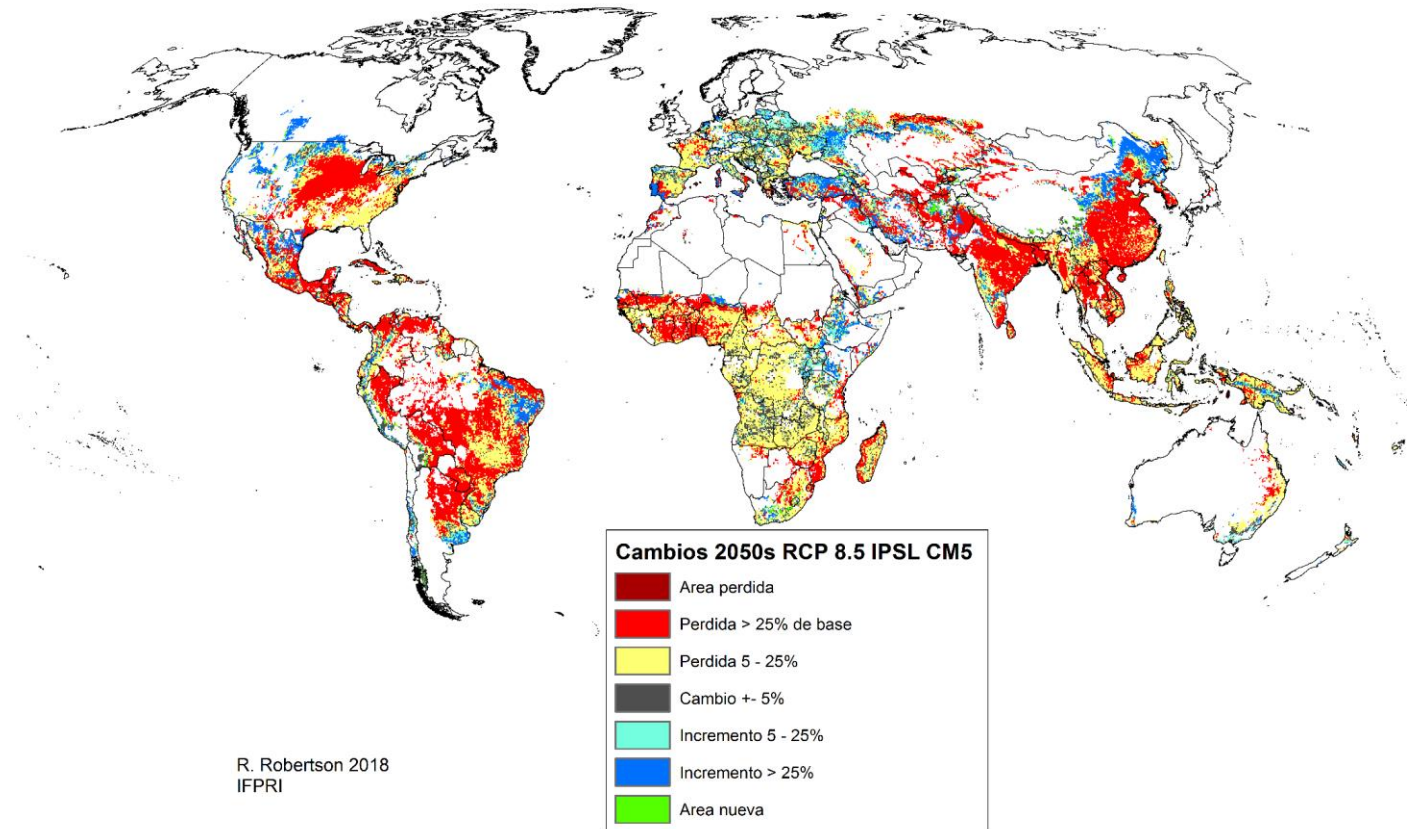


# Meta análisis impacto

Maize, tropical regions



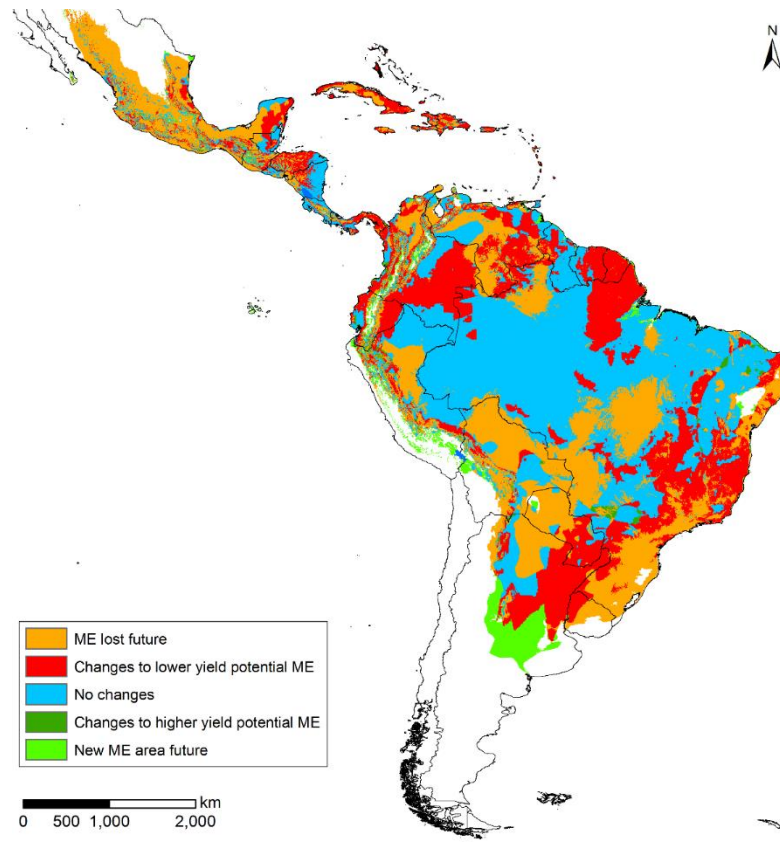
## Predicciones de impacto sobre rendimientos a nivel global



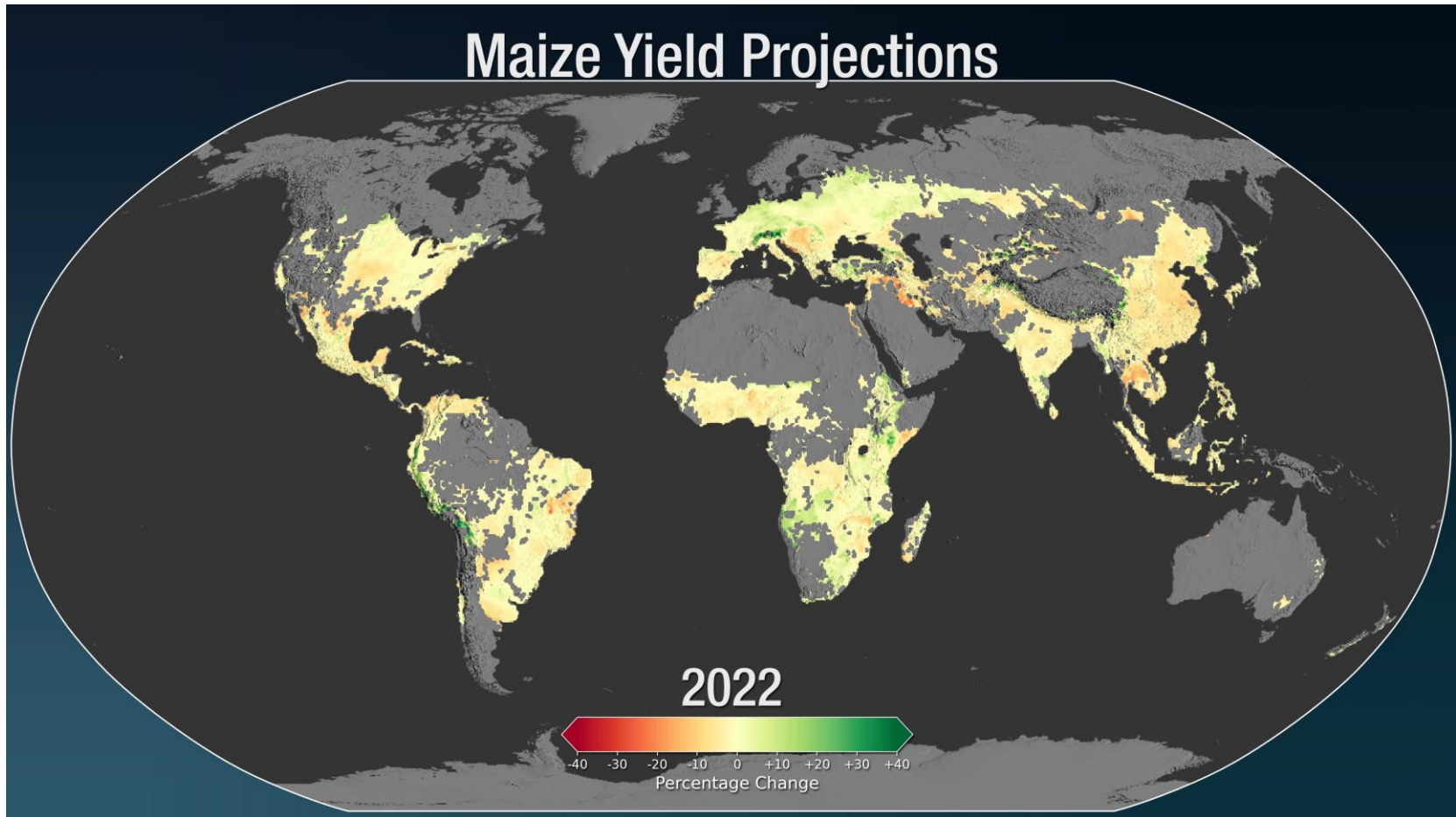
R. Robertson 2018  
IFPRI



# Cambios de mega ambientes en LATAM



# Estudio multi modelo AGMIP



Jägermeyr et al. 2021

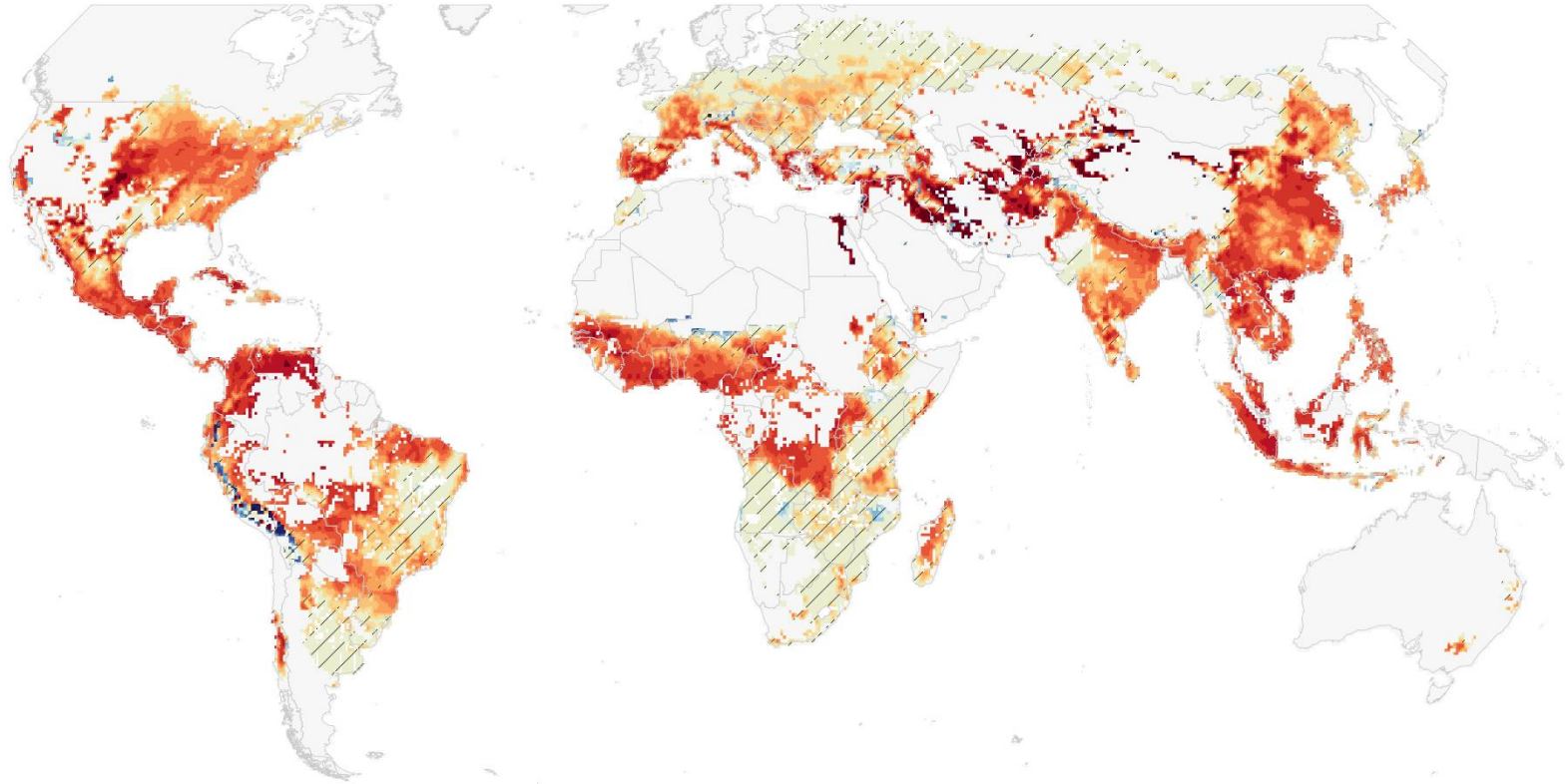


# Estudio multi modelo AGMIP

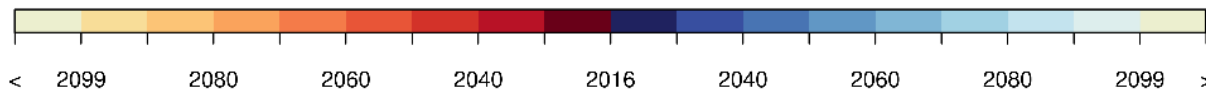
## Emergencia de cambio negativo

### SSP585

b



Jaegermeyr et al, 2021



Emergence of negative change [year]

Emergence of positive change [year]

# Impacto Maíz riego

Region	SPAM (2005)	AgMIP (2000–2050)	
	Harvested area (hectares)	Yield (tons)	Yield change (%)
Coast	108,807	4.13	1.5
Rainforest	3,934	4.24	5.2
Mountains	64,306	4.09	11.6
Peru	177,046	4.11	5.2



# Impacto Maíz temporal

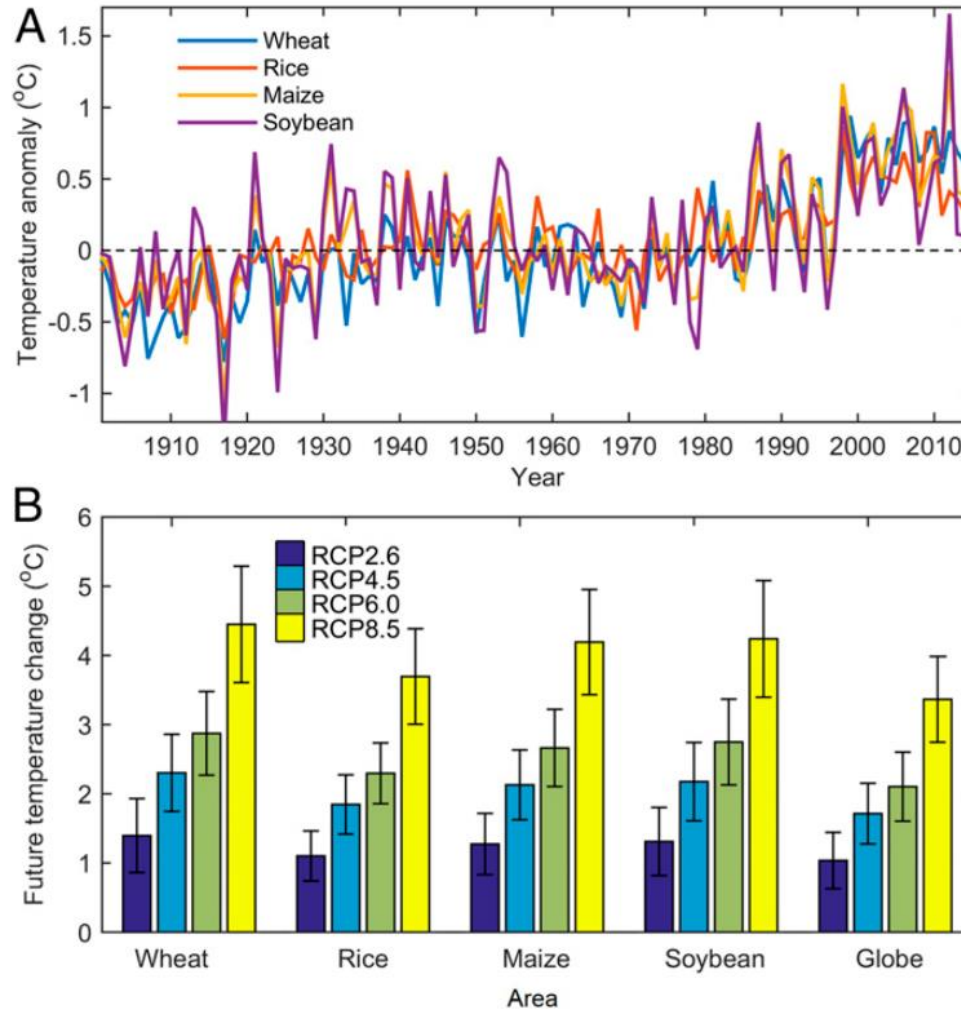
Region	SPAM (2005)	AgMIP (2000–2050)	
	Harvested area (hectares)	Yield (tons)	Yield change (%)
Coast	6,781	1.13	4.5
Rainforest	219,274	1.90	−9.3
Mountains	59,206	1.37	0.1
Peru	285,261	1.77	−7.5





# Impacto Maíz global

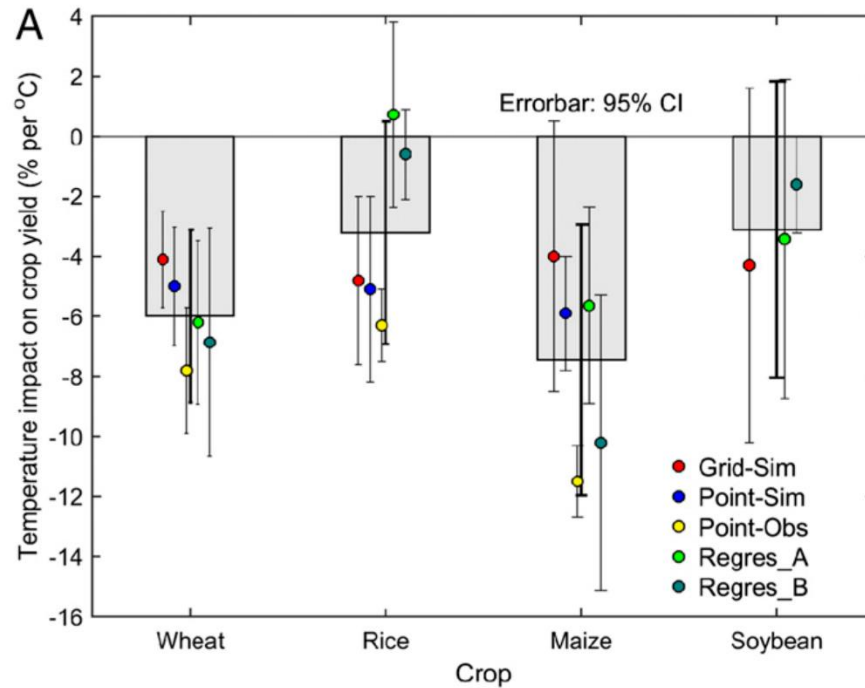
Cada grado de aumento de temperatura reduciría rendimientos globales de maíz en 7.4% sin adaptación, mejoramiento y fertilización CO<sub>2</sub>



Zhao et al., 2017



# Impacto Maíz global



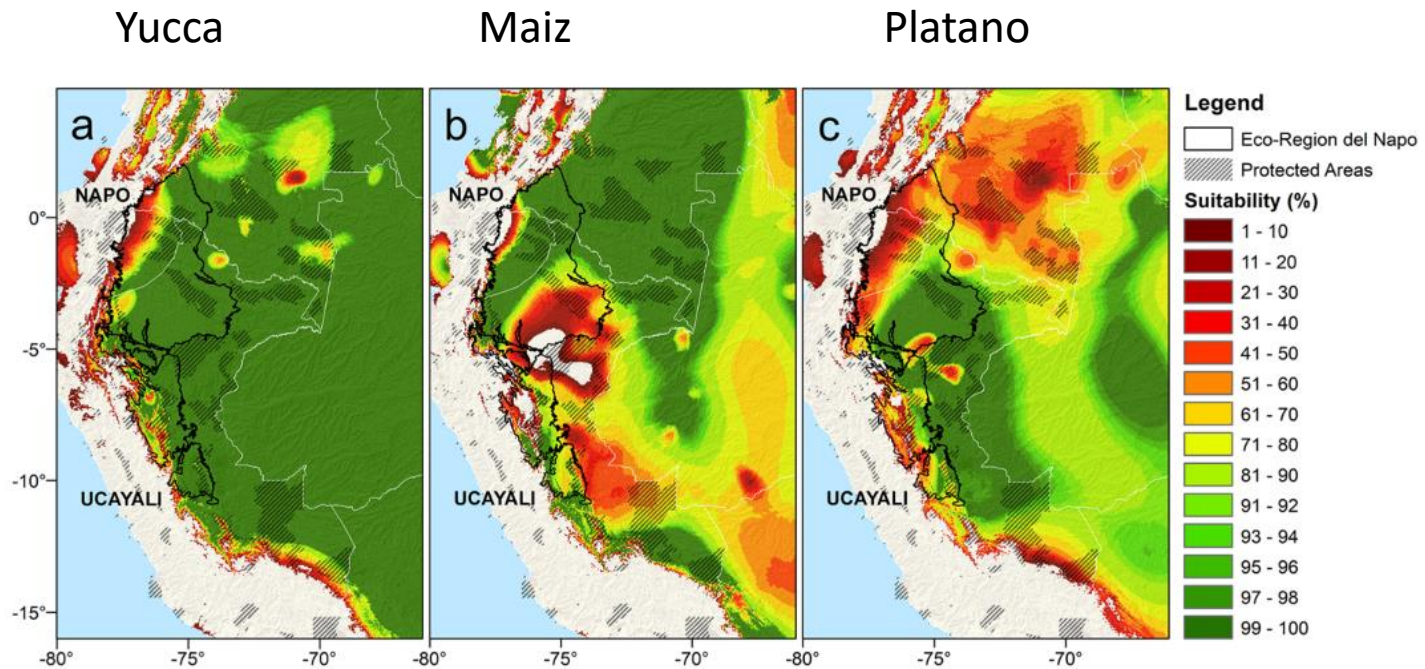
**B**

Yield changes (%) due to temperature changes by the end of century

Scenario	Wheat	Rice	Maize	Soybean	Mean
RCP2.6	-6.9 [-15.0, -1.4]	-3.3 [-9.2, 0.8]	-8.6 [-18.6, -1.8]	-3.6 [-11.2, 1.7]	-5.6 [-14.4, -0.1]
RCP4.5	-11.4 [-21.7, -3.9]	-5.5 [-13.8, 1.0]	-14.2 [-27.9, -4.9]	-5.9 [-17.0, 3.1]	-9.2 [-21.2, -0.3]
RCP6.0	-14.0 [-25.7, -5.1]	-6.8 [-16.8, 1.3]	-17.4 [-33.1, -5.8]	-7.2 [-20.2, 3.6]	-11.3 [-25.6, 0.1]
RCP8.5	-22.4 [-40.2, -8.5]	-10.8 [-25.3, 2.4]	-27.8 [-50.4, -9.7]	-11.6 [-31.0, 6.0]	-18.2 [-38.6, -0.7]

Zhao et al., 2017

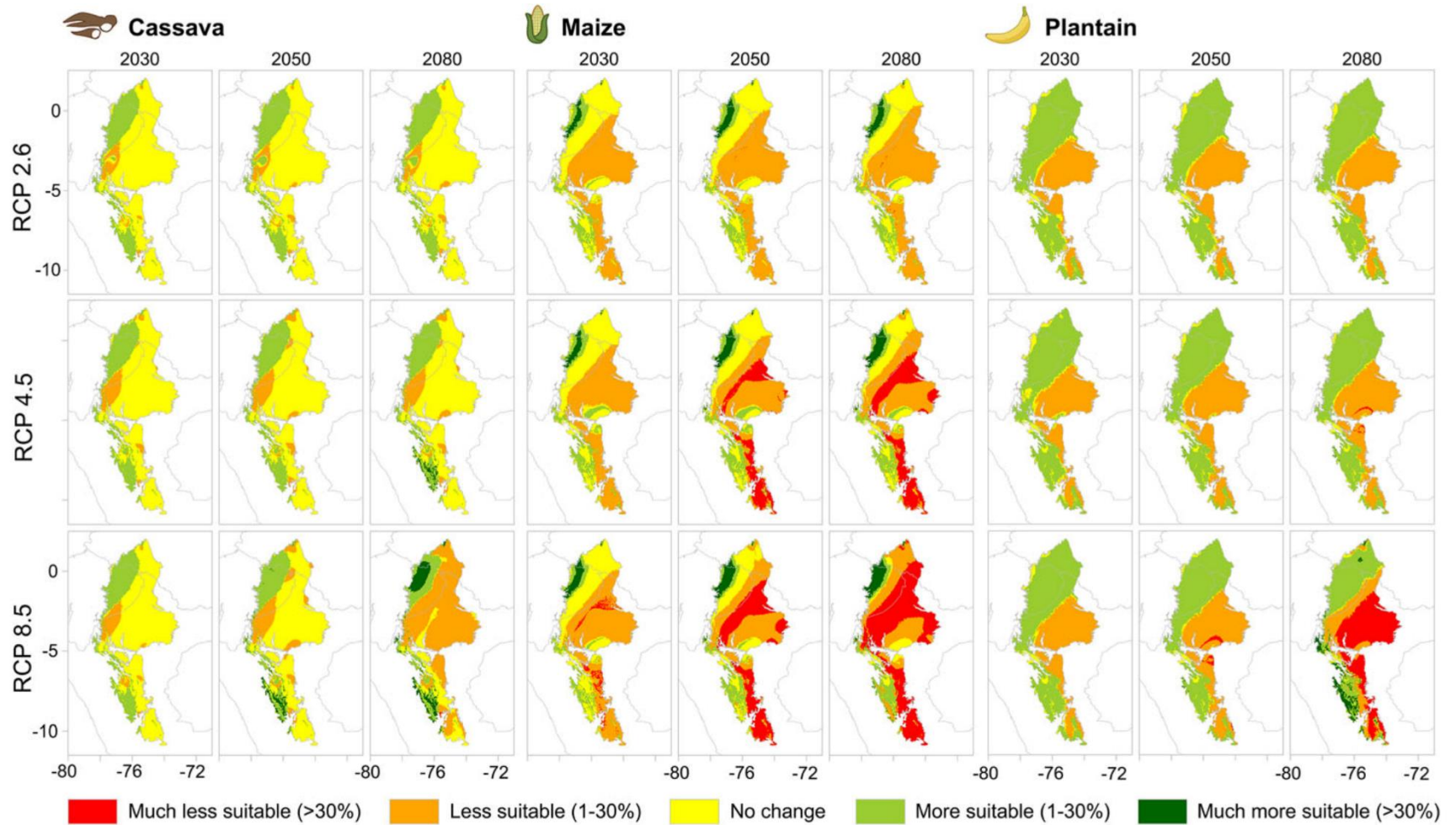
# Impacto Aptitud Maíz Perú



Beltran Tolosa et al., 2020



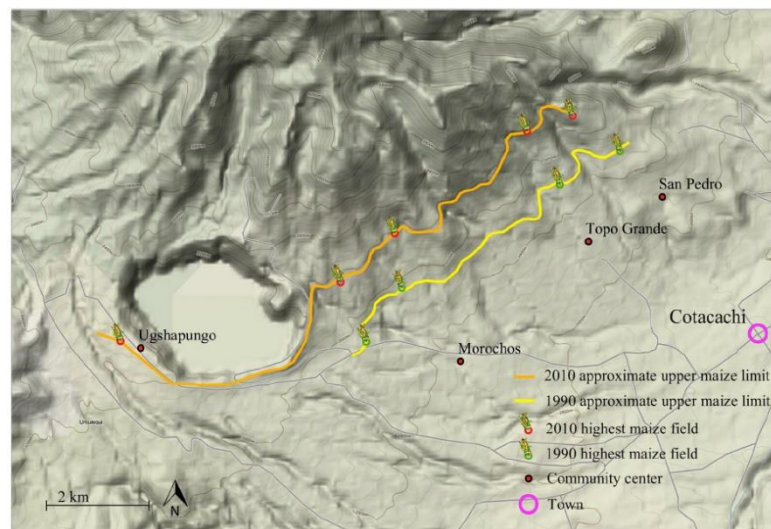
# Impacto Aptitud Maíz Peru



Beltran Tolosa et al., 2020



## Migración vertical de maíz en Ecuador



Mapa mostrando los límites de cultivación de maíz 1990 y 2010, Cotacachi, Ecuador

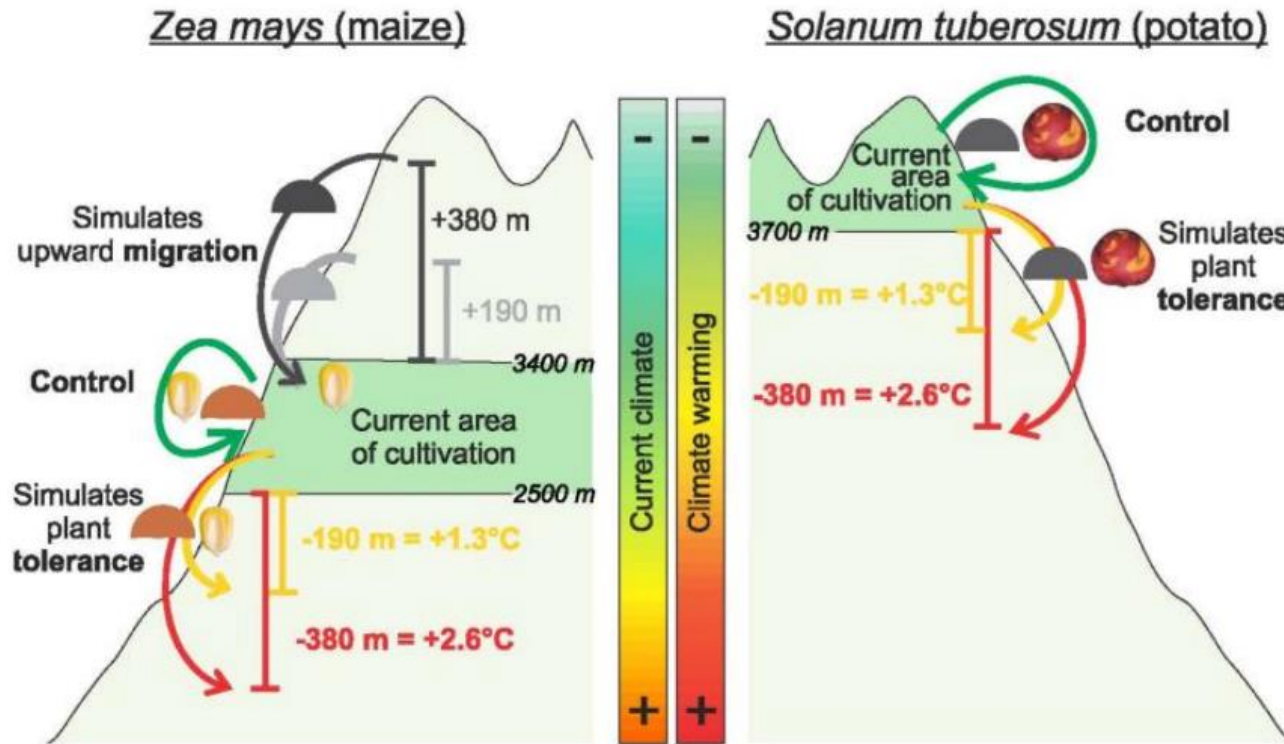
Table 1. Elevations of previous (1990) and present (2010) upper limits of maize cultivation in four communities in Cotacachi.

Community	Limit 1990 (m)	Limit 2010 (m)	Difference in elevation (m)	Distance <sup>a</sup> between limits (km)
Ugshapungo	NA <sup>b</sup>	3267	NA	NA
Morochos West	2968	3180	212	1.3
Morochos East	2985	3184	199	1.2
Topo Grande	2893	3192	299	1.2
San Pedro	2870	3119	249	1.3

Skarbo y VanderMolen, 2015. *Climate and Development*, 2016 Vol. 8, No. 3



# Migración de Áreas Maíz Perú

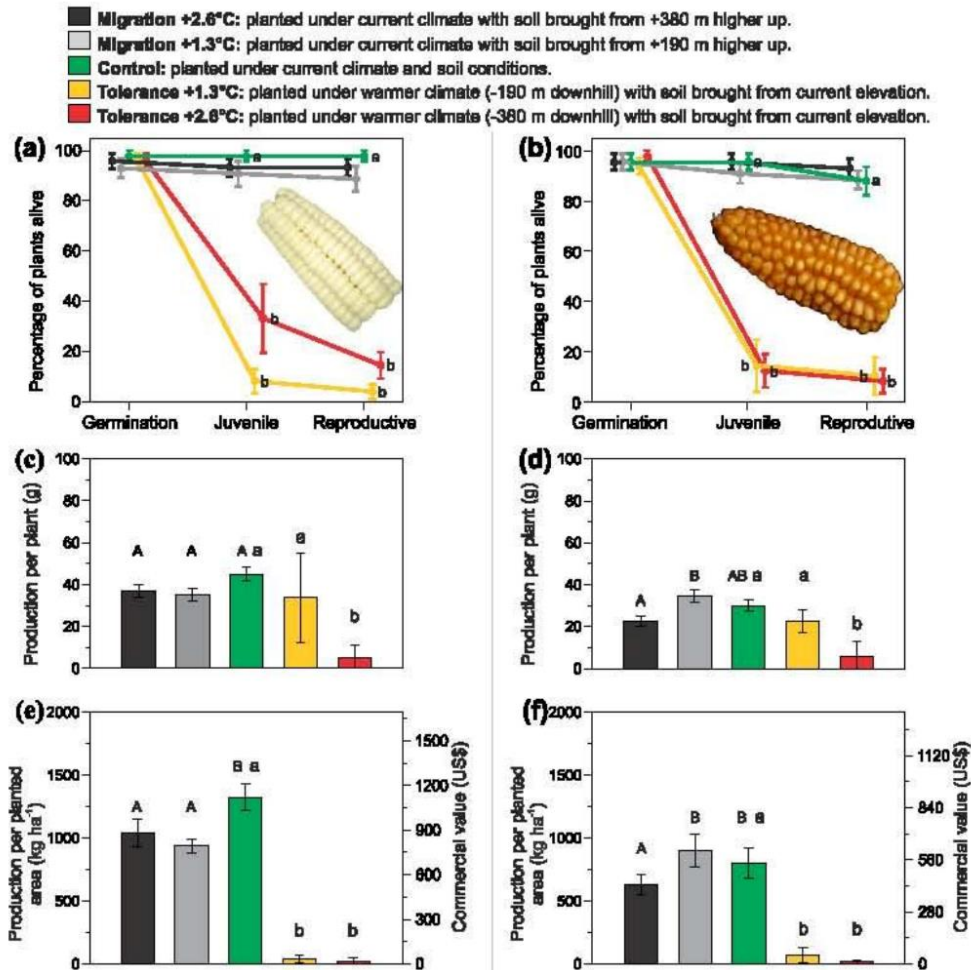


Tito et al., 2017

# Migración de Áreas Maíz Perú

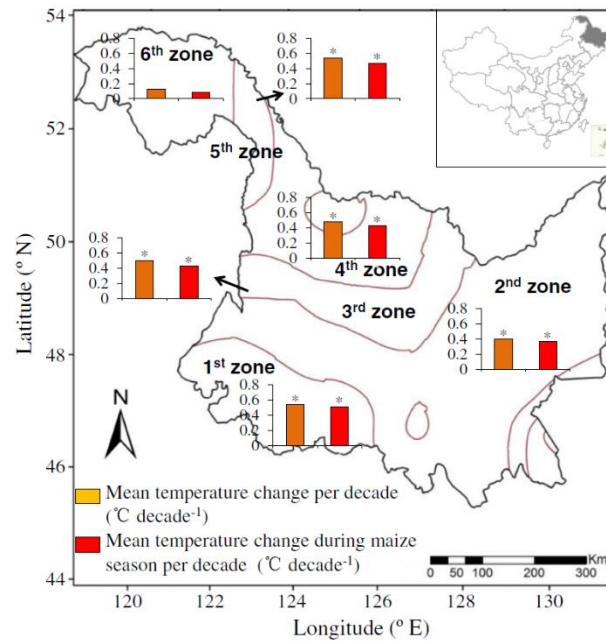
Rendimiento  
maíz se redujo  
21-29% con el  
cambio de  
suelos

Rendimiento de  
maíz se redujo  
hasta 87% con  
las condiciones  
mas calientes  
con mas  
presión de  
plagas y  
enfermedades



Tito et al., 2017

# Aumento de temperatura y expansión de áreas de maíz hacia las latitudes altas China

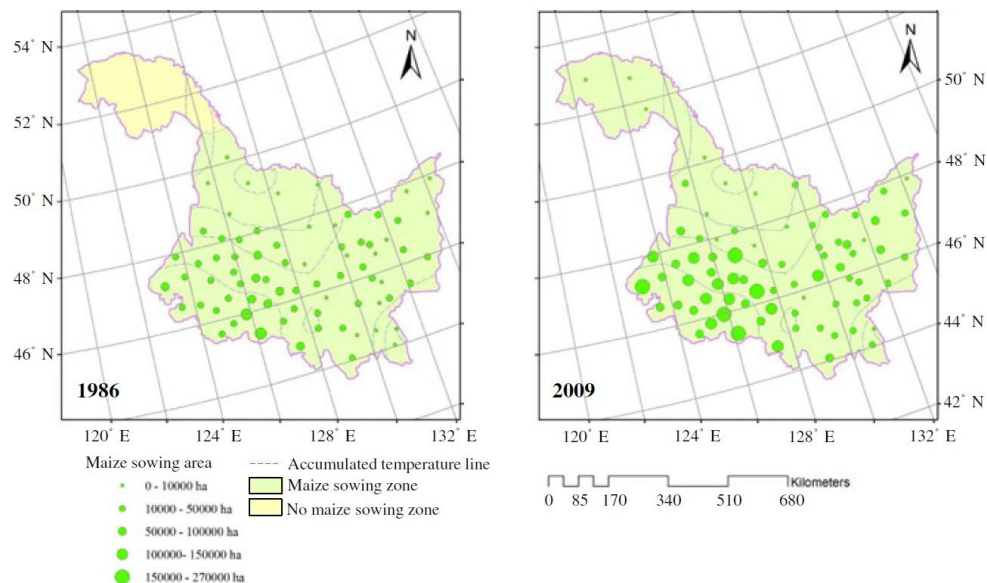


Qingfeng Meng et al., 2014





# Aumento de temperatura y expansión de áreas de maíz hacia las latitudes altas China



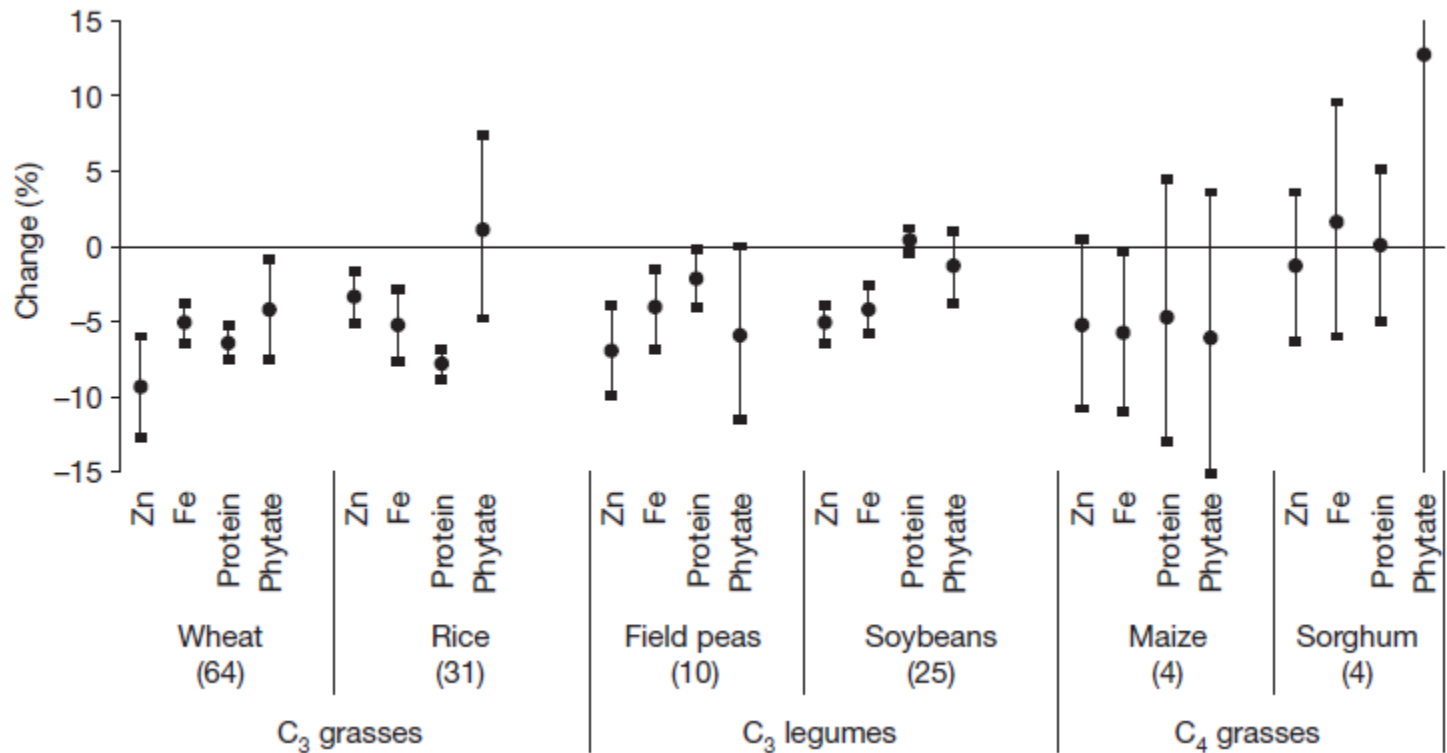
- Heilongjiang, China. Area
- Farmers switched to longer maturing varieties
- Maize area expanded strongly north > 290 km
- 1.88 Million ha in 1980 to 4.01 Million ha in 2009
- 7-17% yield gain por decade
- Warming led to 35% of yield gains in the area



# Implicaciones para calidad de maíz



# Cambio climático y nutrientes

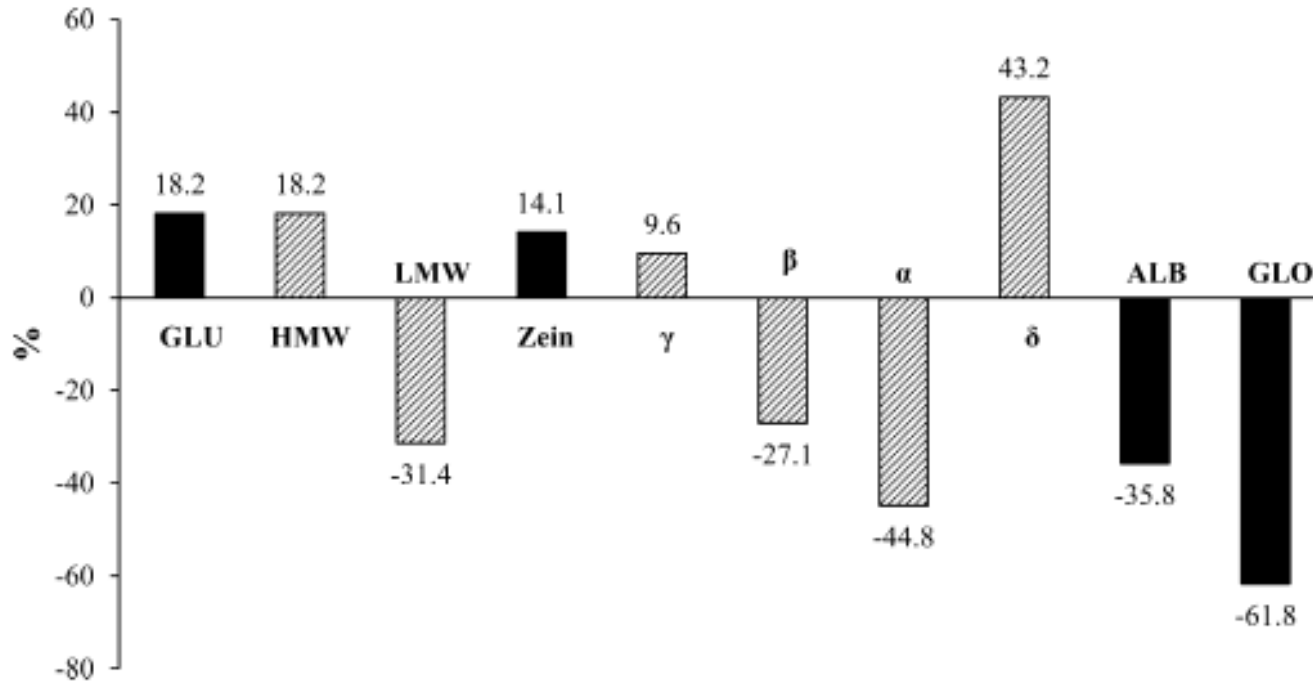


Cambios de contenido de nutrientes bajo CO<sub>2</sub> elevado

Myers et al., 2014., Nature. 2014 510 (7503)



# Cambio climático y nutrientes



Cambios de fracciones y sub fracciones de proteína bajo CO<sub>2</sub> elevado

“El contenido de globulina,  $\alpha$ -zein y LMW polímeros se redujo, mientras que glutelin total, zein,  $\delta$ -zein, y polimeros HMW subieron. Cambio climático tendría impacto sobre la composición estructural de proteínas y en consecuencia el valor nutricional del maíz. Impacto sobre parametros de digestibilidad y degradabilidad es posible“

# Cambios en calidad de maíz

- Reducciones en contenido de minerales bajo sequia pero parcialmente balanceados por CO<sub>2</sub> elevado
- Contenido de hierro disminuyo con CO<sub>2</sub> elevado
- Cambios en composición de proteínas



# Cambio climático y enfermedades

*Aspergillus flavus, A. parasiticus*

*Latino América*

*Aumento*

*Fusarium verticillioides*

*Latino América*

*Aumento*

*Fusarium graminearum*

*Latino América*

*Decremento*

*Maize streak virus MSV*

*África*

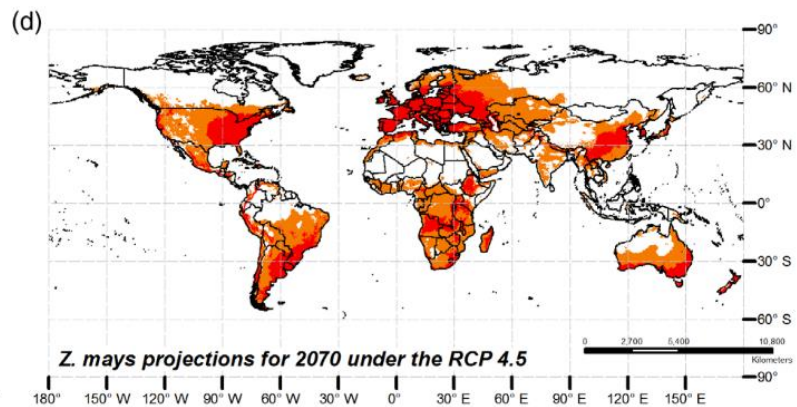
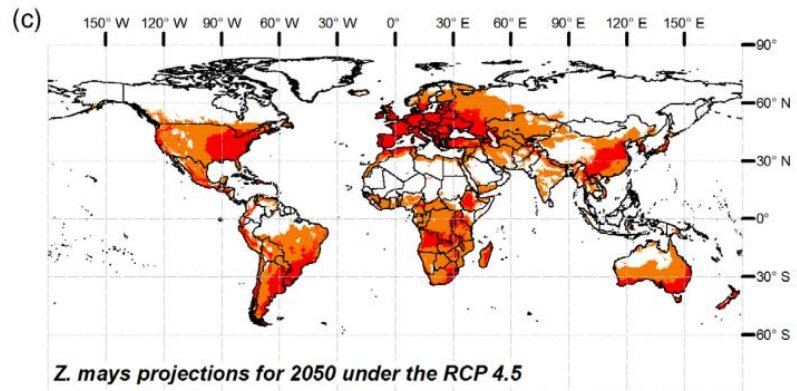
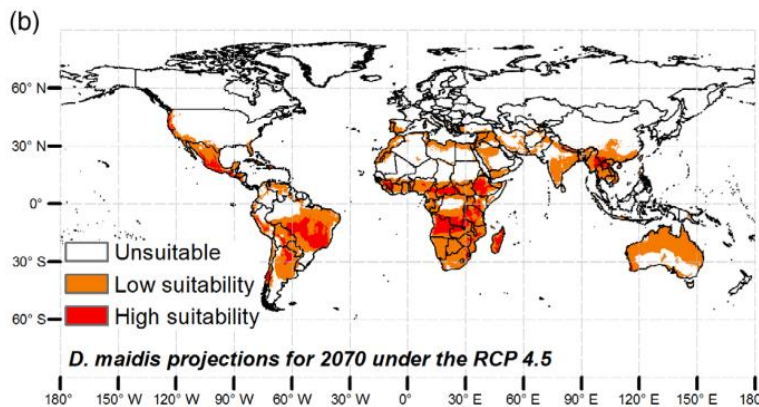
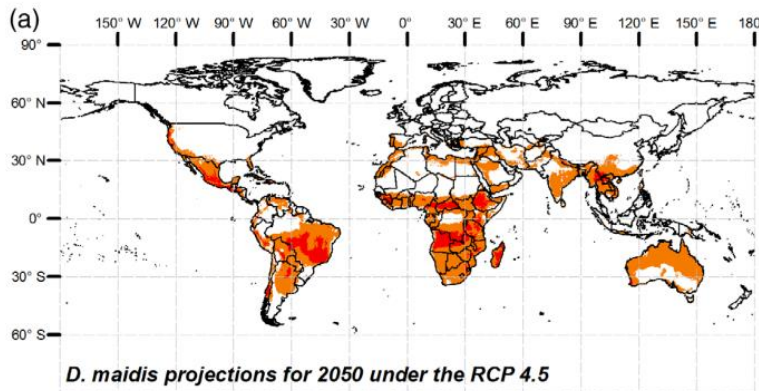
*Aumento*

Juroszek and von Tiedemann, 2013. Journal of Plant Diseases and Protection, **120** (2),



# Cambio climático y plagas

## *Dalbulus maidis*

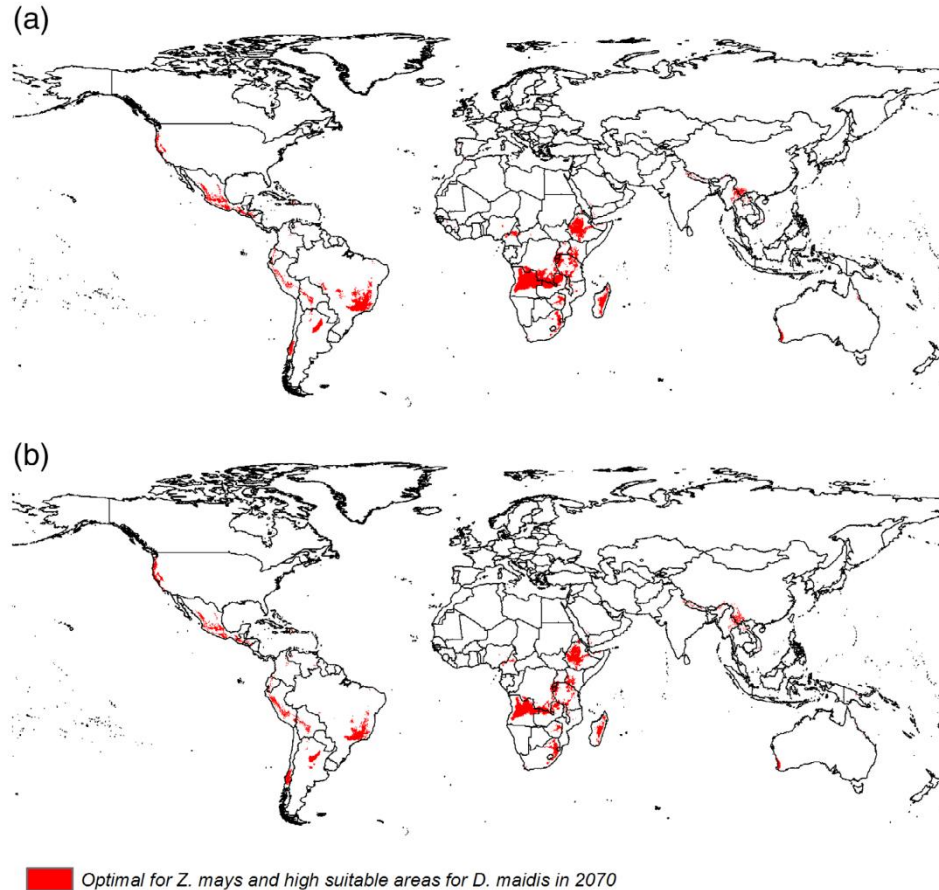


Santana et al. 2019



# Cambio climático y plagas

## *Dalbulus maidis*



Santana et al. 2019





# Cambio climático y aflatoxinas

- Incremento de susceptibilidad de maíz a colonización con CO<sub>2</sub> elevado
- Combinación de CO<sub>2</sub> elevado, altas temperaturas y sequia puede aumentar la producción de AF1B de 70 veces
- Mas presencia en general posible bajo condiciones de cambio climático especialmente hongos de alta temperatura como *A. flavus* y aflatoxina mas el cambio de áreas subtropicales a tropicales

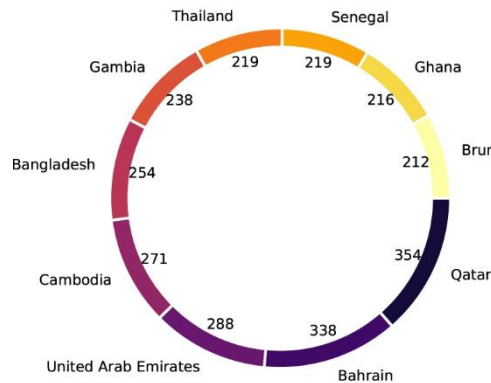
Medina et al., 2015

Paterson and Lima, 2011

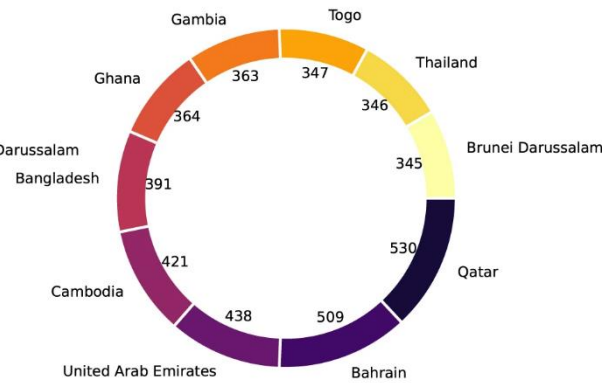


# Cambios de condiciones laborales debido a calor y humedad

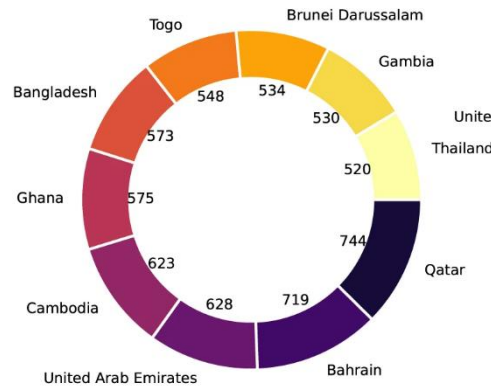
a. Present:  
12-Hour Workday Per Capita Loss  
Global Mean: 81 Hours/Person



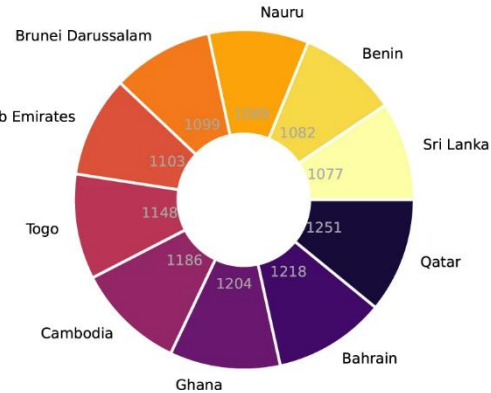
b.  $\Delta T$  Global:  $+1^\circ\text{C}$ :  
12-Hour Workday Per Capita Loss  
Global Mean: 134 Hours/Person



c.  $\Delta T$  Global:  $+2^\circ\text{C}$ :  
12-Hour Workday Per Capita Loss  
Global Mean: 212 Hours/Person



d.  $\Delta T$  Global:  $+4^\circ\text{C}$ :  
12-Hour Workday Per Capita Loss  
Global Mean: 457 Hours/Person



Parsons et al. 2021



## **Medidas** para adaptación al cambio climático:

- Nuevas variedades mas tolerantes a sequia, calor y/o inundaciones (Inversión publica y privada)
- Incrementar velocidad de mejoramiento con fenotipo de alto rendimiento, modelos de cultivos y otras herramientas
- Resguardar y utilizar variabilidad de maíz guardada en bancos de germoplasma
- Aumentar velocidad de programas de mejoramiento y liberación de variedades
- Agricultura climáticamente inteligente (CSA)
- Agricultura de conservación (mejor retención de agua en el suelo, menos evapotranspiración, mejor infiltración de escorrentía, menos vulnerabilidad a la erosión)
- En algunas áreas cambio a cultivos mas tolerantes a calor y sequia (eg Sorgo)
- Planeación a largo plazo de sistemas de cultivo y programas de mejoramiento



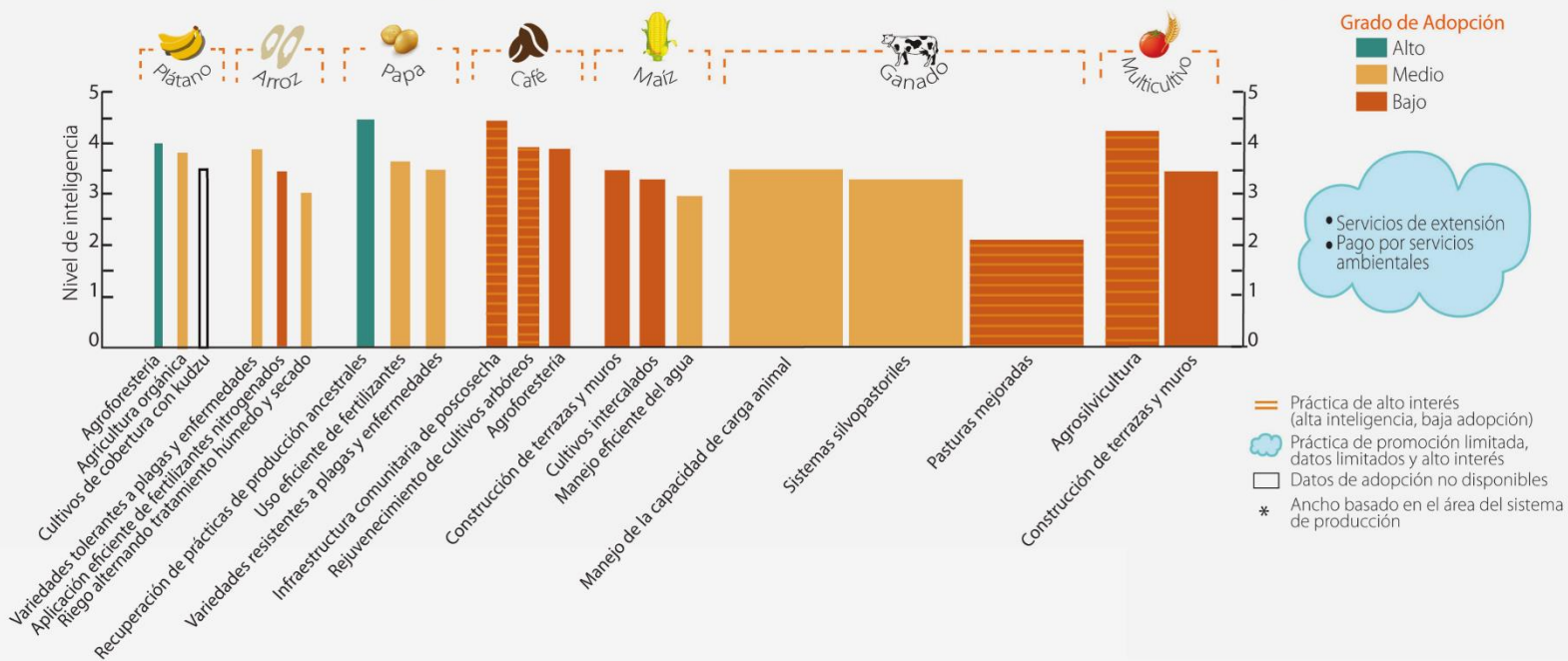
## **Medidas** para adaptación al cambio climático:

- Manejo integrado de cuencas
- Sistemas de alertas tempranas y información sobre clima
- Acceso de productores a datos clima y suelos TICs
- Uso de datos grandes (big data) suelos, recomendaciones fertilizantes
- Agro ecología
- Agro forestería eg MIAF y otros
- Sistemas de riego mas eficientes
- Riego de goteo (mas cultivo por gota)
- Riego de precisión
- Agricultura de precisión (mas cultivo por insumos)



# CSA en Peru

## Prácticas Seleccionadas para cada Sistema de Producción con Alta Inteligencia Climática



CIAT CATIE 2014



**Muchas gracias**