

Escenarios de futuro cambio climático en la producción de maíz en América Latina

Dr. Kai Sonder

Jefe Unidad de Sistemas de Información Geográfica
Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
CIMMYT

Estudio Lloyd's Sobre choque de systemas De Alimentos 2015

Informe de riesgos emergentes



Overall global economic impact:

Impacto economico global



US stocks lose
5% of value

EU stocks lose
10% of value

Global rice
production falls
by 7%

Global maize
production falls
by 10%

Global soybean
production falls
by 11%

Rice prices
increase
by 500%

Bolsa de valores EU
pierde 5%

Bolsa de valores CE
pierde 10%

Produccion global de
arroz cae 7%

Produccion global de
maiz cae 10%

Produccion global de
soya cae 11%

Precio arroz
incrementan 500%

Cambio climático o variabilidad climática?

De donde vienen los datos?

Que probabilidad tienen las predicciones?

Que se puede hacer?

Por "cambio climático" se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO,
ARTÍCULO 1. DEFINICIONES 1992

Que es el cambio climático?

El calentamiento en el sistema climático es inequívoco y, desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado

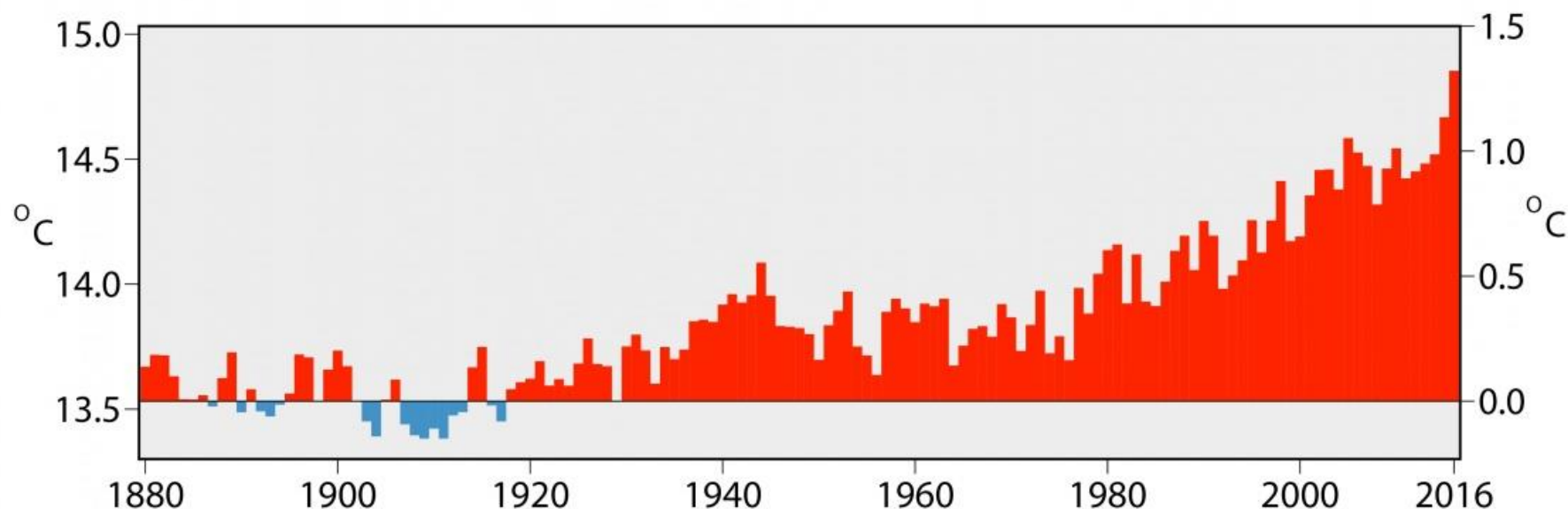
IPCC 5

ANNUAL GLOBAL SURFACE AIR TEMPERATURES FROM 1880 TO 2016

Temperatura promedio anual de 1880 hasta 2016

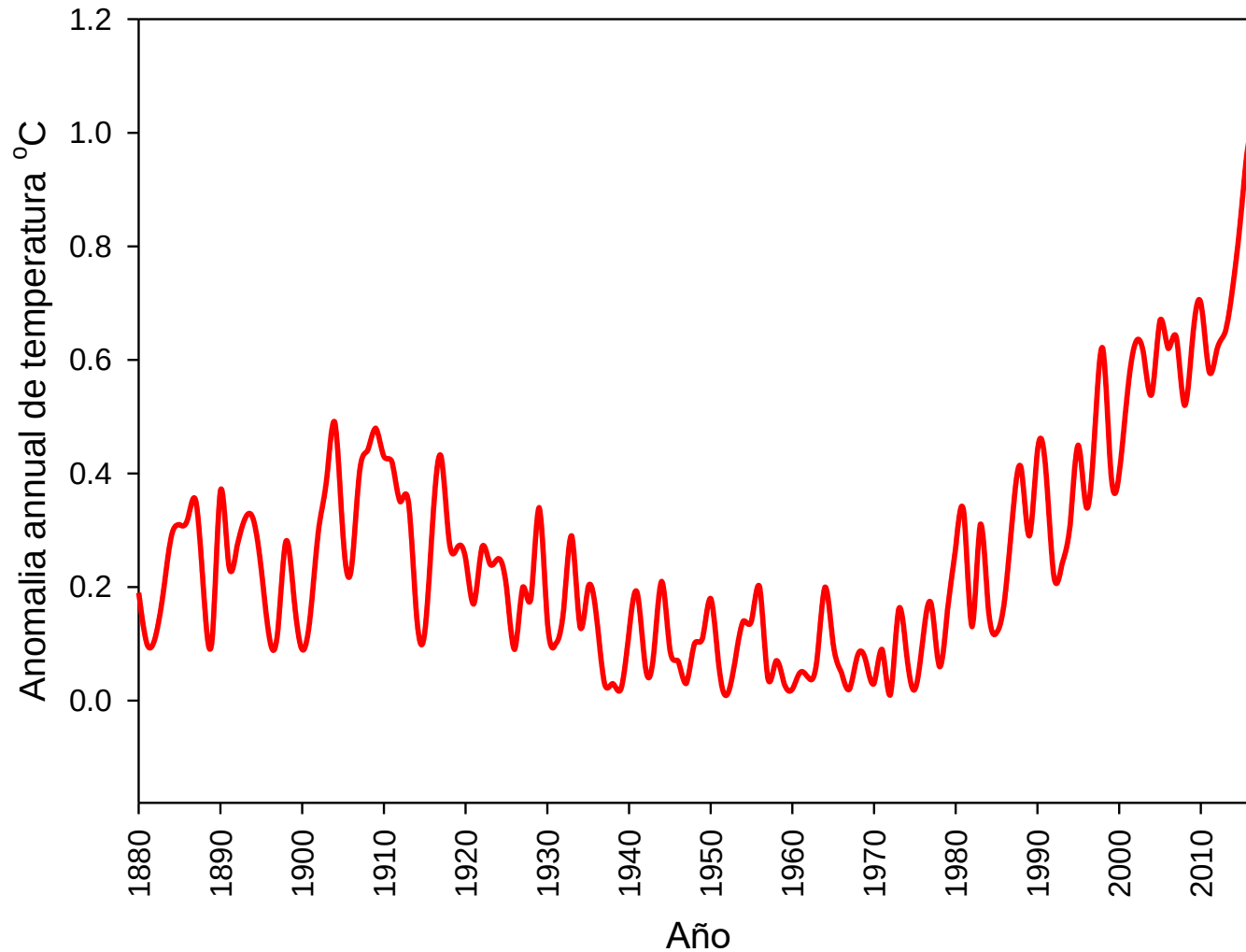
Temperatura promedio global

Cambio durante era industrial



Sources: Copernicus Climate Change Service, ECMWF, for data from 1979;
Met Office Hadley Centre, NASA and NOAA for blended data prior to 1979.

Indice Global de Temperatura Tierra-Oceano



Anomalia con base en 1951-1980

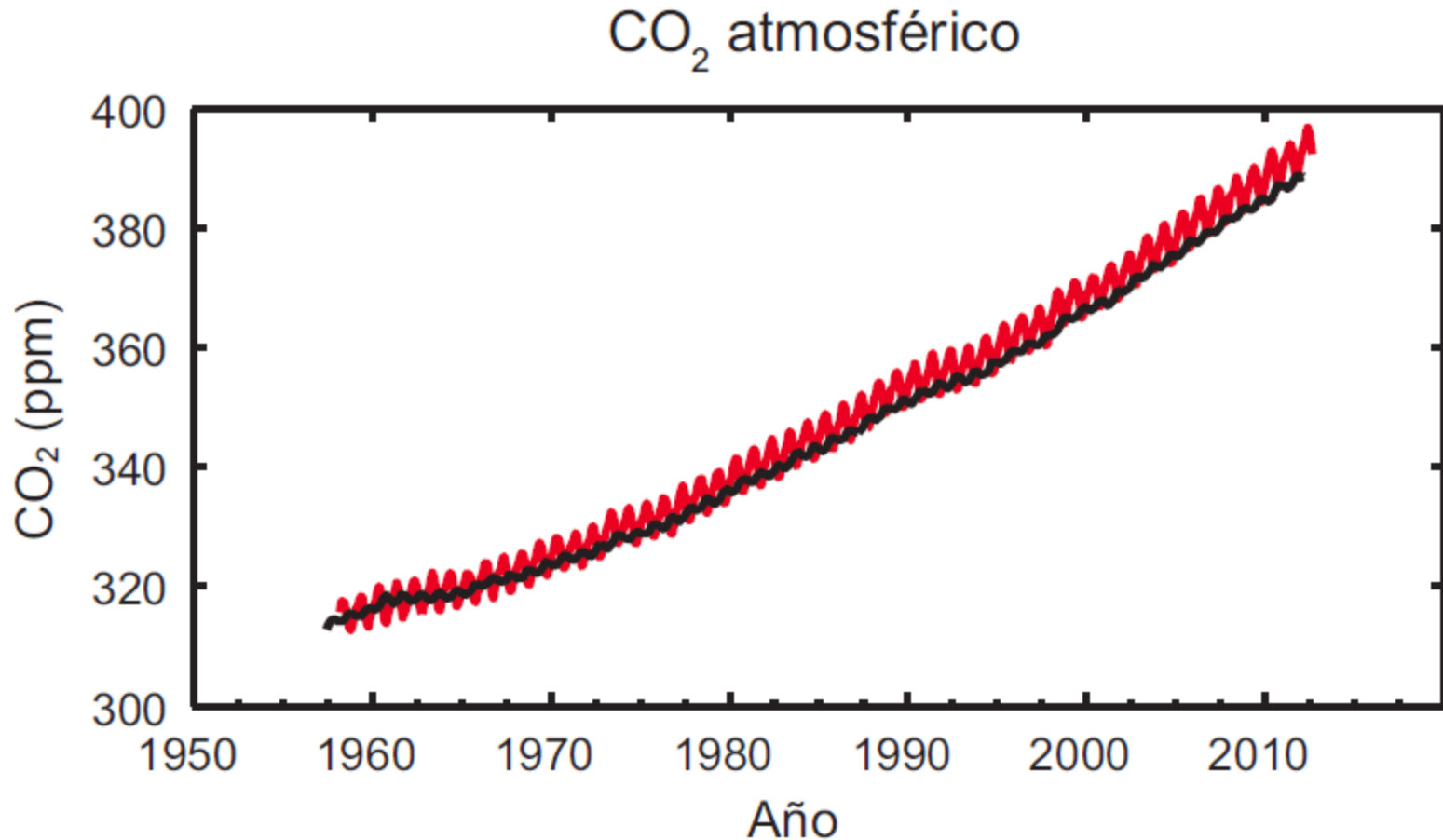
Fuente: NASA GISS, 2018

Cambios recientes

Rango 1 = año mas caliente Periodo 1880-2017	Año	Anomalía °C
1	2016	0.94
2	2015	0.90
3	2017	0.84
4	2014	0.74
5	2010	0.70
6	2013	0.67
7	2005	0.66
8	2009	0.64
9	1998	0.63
10	2012	0.62

Fuente: NOAA, 2018

El Problema

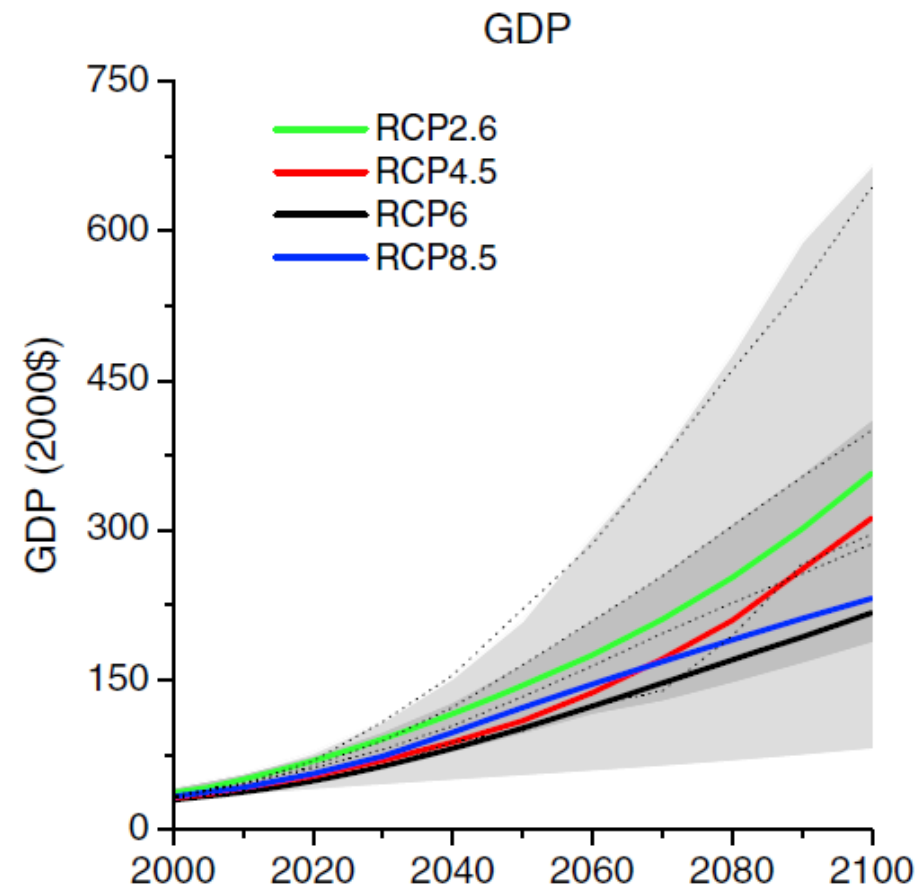
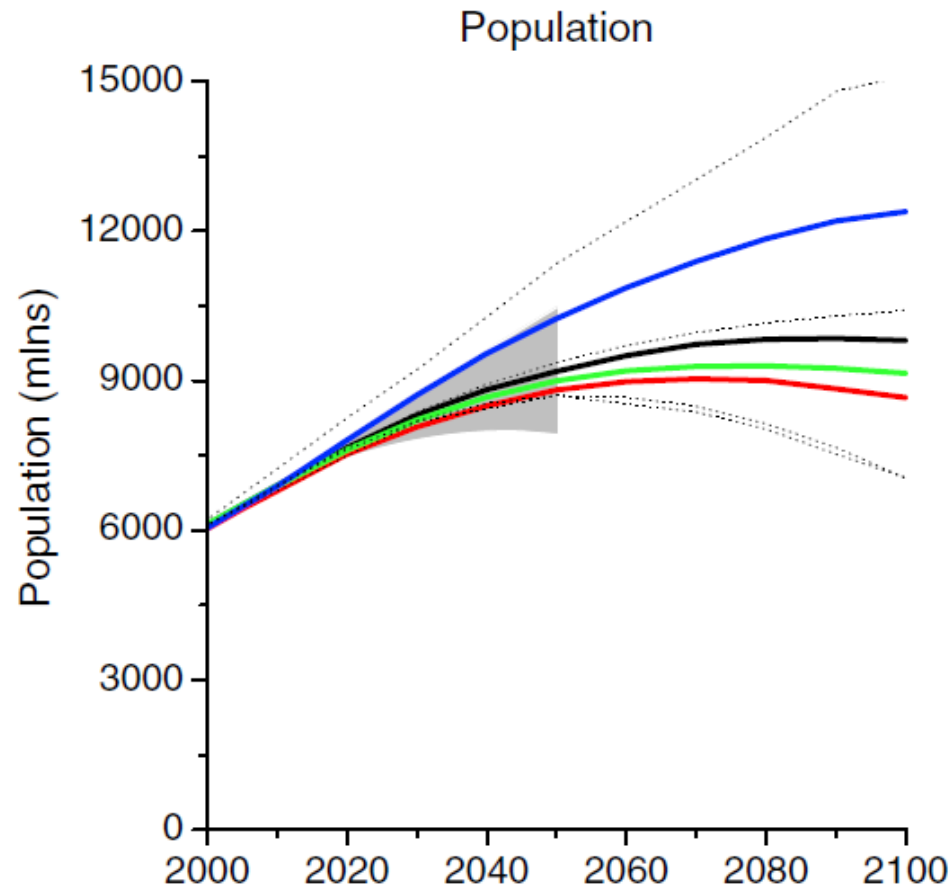


Mecanismos de *forzamiento* radiativo

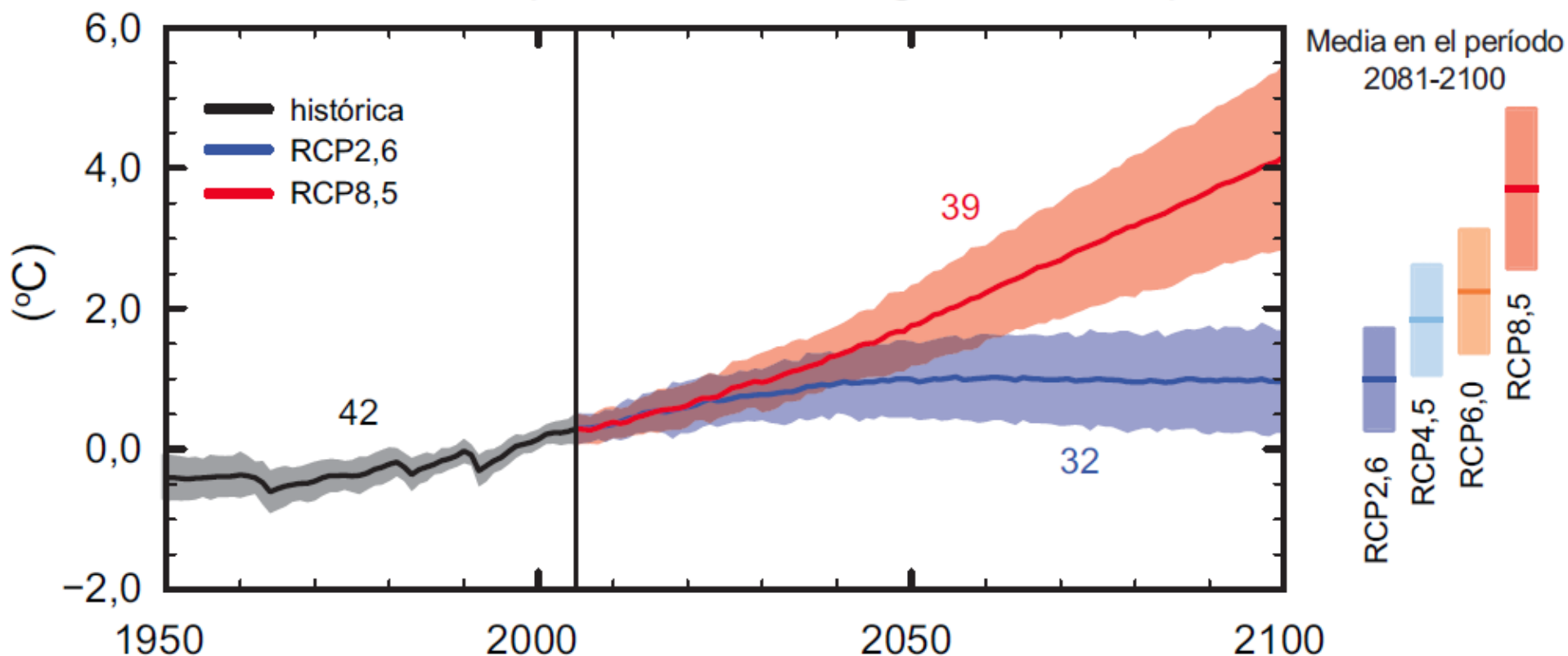
Componente de escenario	RCP2.6	RCP4.5	RCP6	RCP8.5
Emisiones de gases de invernadero	Muy bajos	Mitigación baja-medio Línea base muy baja	Línea base media Alta mitigación	Línea base alta
Área agrícola	Medio para áreas de cultivos y pastizales	Muy bajo para ambos áreas de cultivos y pastizales	Mediana para 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^2 ($\sim 1370 \text{ ppm CO}_2 \text{ eq}$) en 2100
6	Camino de estabilización hacia 6 W/m^2 ($\sim 850 \text{ ppm CO}_2 \text{ eq}$) en el 2100
4.5	Estabilización sin pasar hasta 4.5 W/m^2 ($\sim 650 \text{ ppm CO}_2 \text{ eq}$) después del 2100
2.6	Máximo de forzamiento de radiación en $\sim 3 \text{ W/m}^2$ ($\sim 490 \text{ CO}_2 \text{ eq}$) antes del 2100 y después reducción (baja a 2.6 W/m^2) en 2100

Escenarios de población y desarrollo económico



Cambio en la temperatura media global en superficie



Modelos de Circulación Global

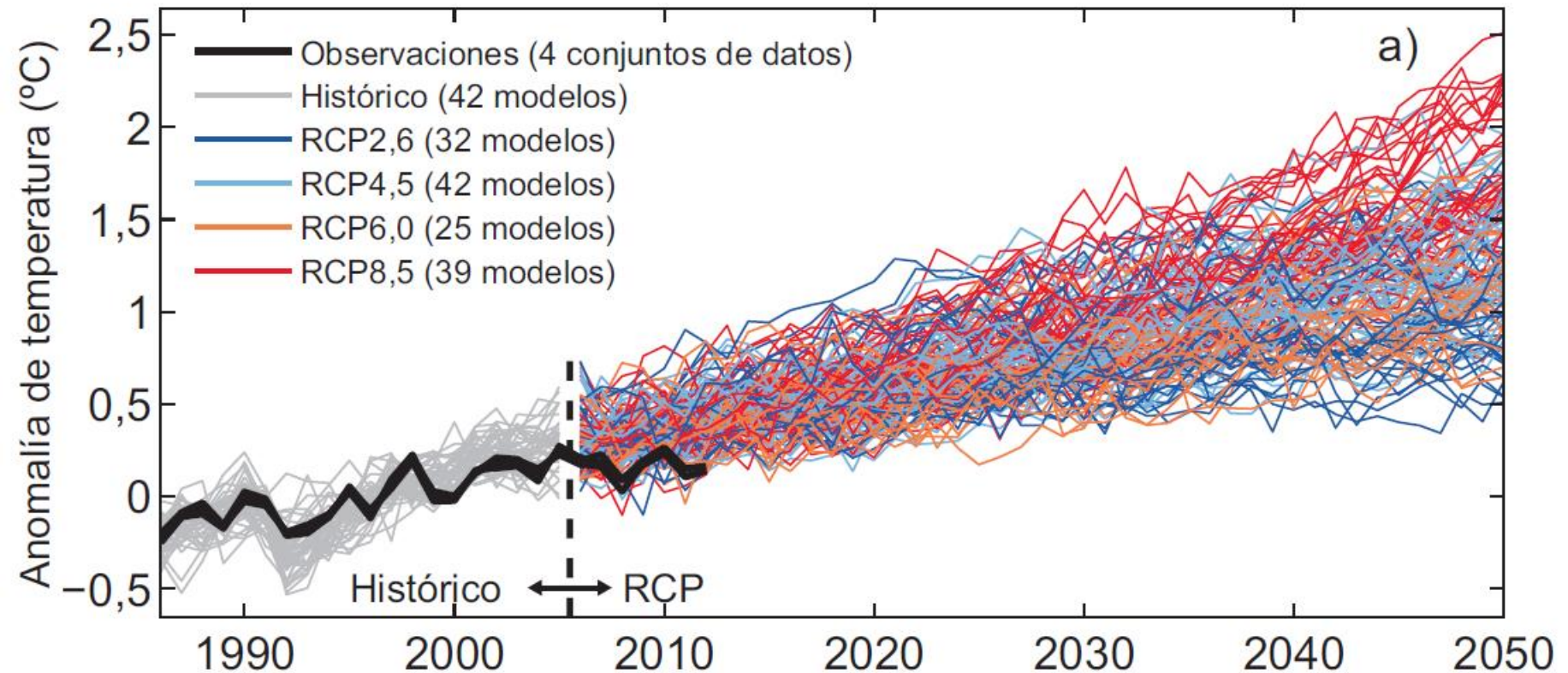
Modeling Center (or Group)	Institute ID	Model Name
Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) and Bureau of Meteorology (BOM), Australia	CSIRO-BOM	ACCESS1.0 ACCESS1.3
Beijing Climate Center, China Meteorological Administration	BCC	BCC-CSM1.1 BCC-CSM1.1(m)
Instituto Nacional 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

Cambios de Temperatura

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



Implicaciones para producción de maíz



Impacto sobre maíz

Pais	Cambio Rendimiento 2055
	%
El Salvador	-12.6
Guatemala	-4.0
Mexico	-7.4
Honduras	-16.2
Nicaragua	-17.7

Thornton and Jones, 2003

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)

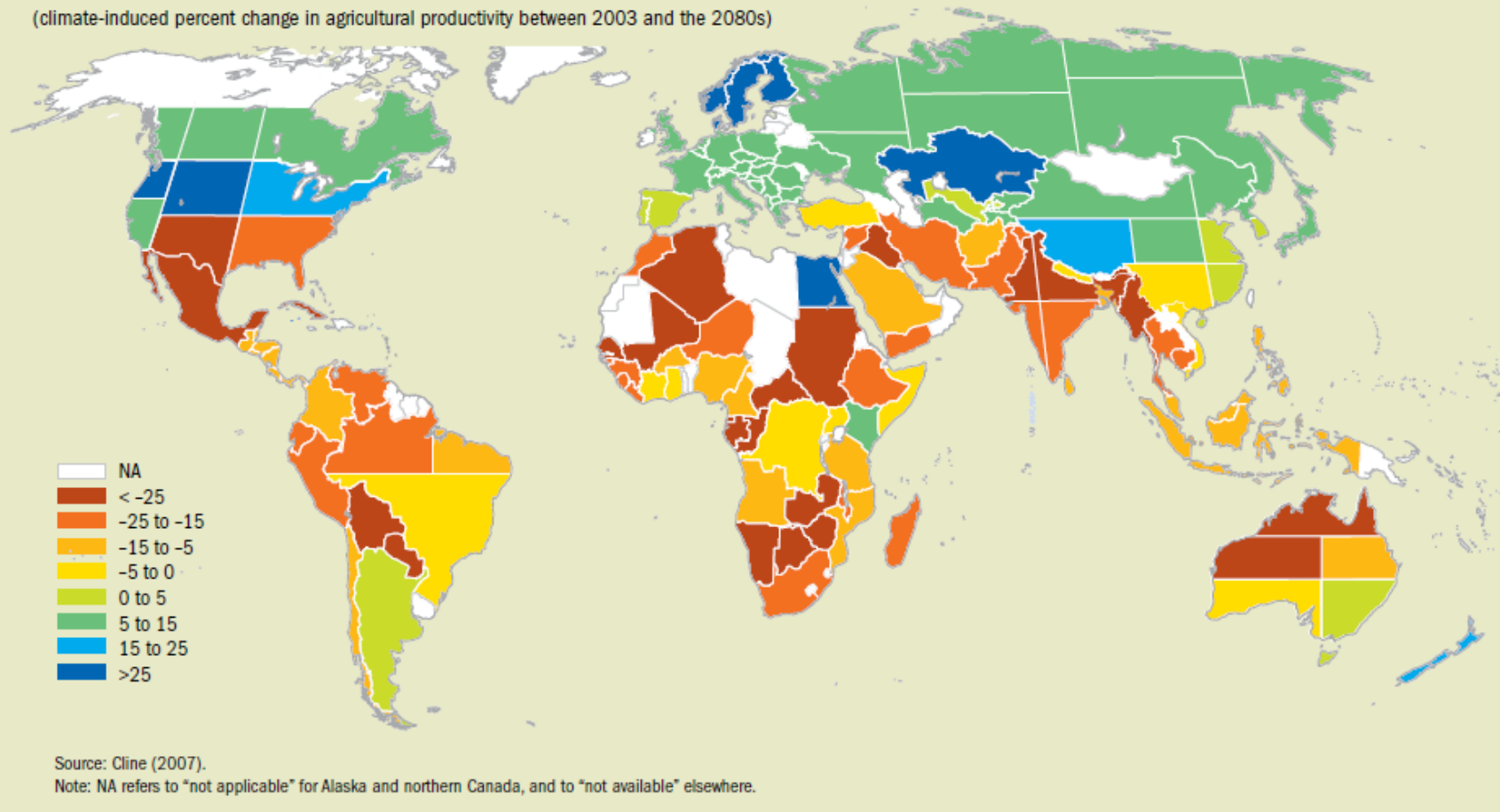


Tabla 4.2 Efectos económicos del cambio climático ante el sector agrícola

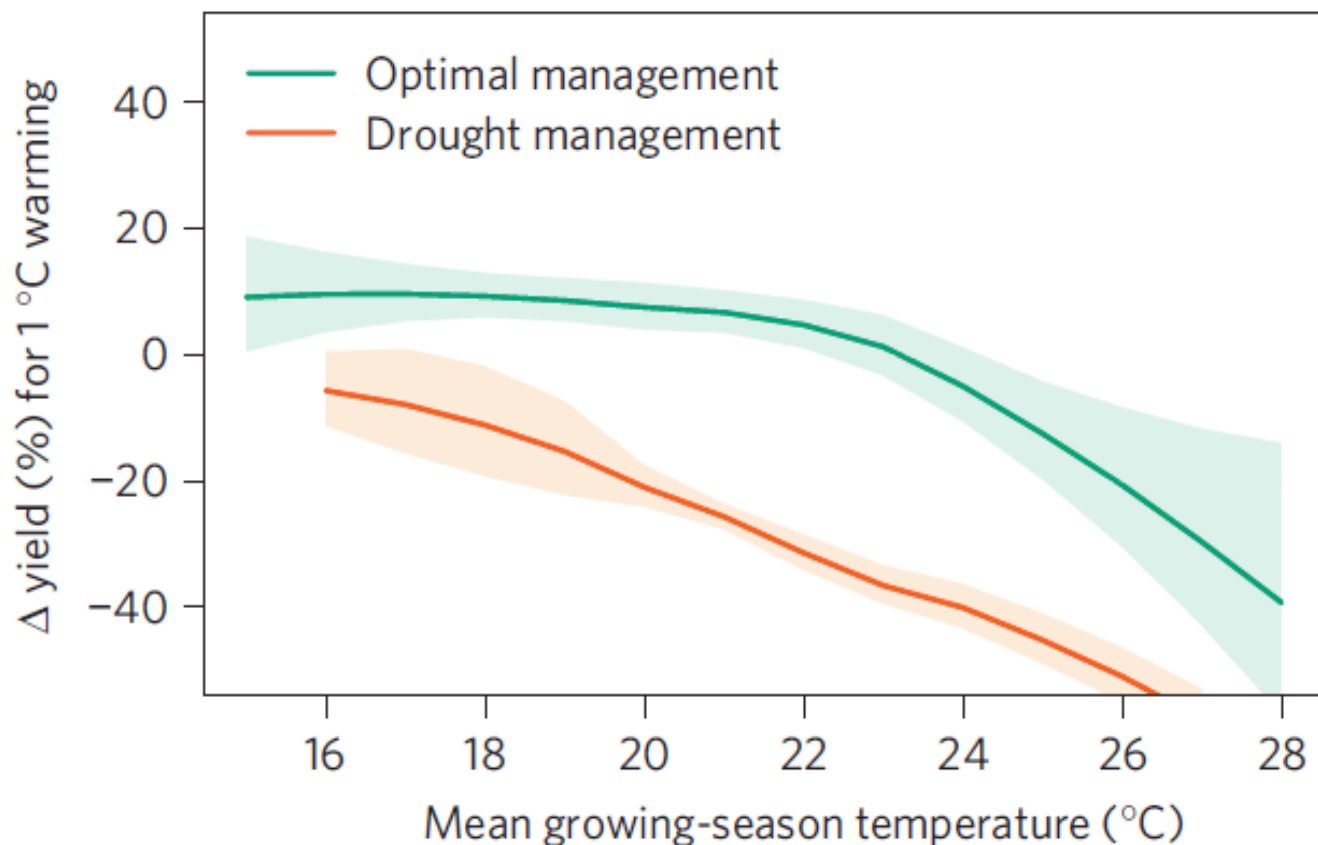
CULTIVO	PRODUCCIÓN (TON)	RENDIMIENTO TON/HA	CAMBIO EN PRODUCCIÓN POR CAMBIO CLIMÁTICO	PRECIO MEDIO RURAL (1)	RANGO DE VARIACION EN EL VALOR DE LA PRODUCCIÓN	
					ANTE CAMBIO CLIMÁTICO	
Caña de Azúcar	42,650,647	71.9	-26 % y -27% (2)	\$335	- \$ 3,604,480,071	- \$ 3,747,565,743
			-4.3% y -6.5% (3)		- \$ 499,520,967	- \$ 814,309,447
Maíz (4)	507,489	2.3	- 29% y - 45%	\$3,100	- \$ 333,546,241	- \$ 584,126,767
Naranja (5)	2,969,334	12.3	+ 20% y + 50%	\$1,705	+\$1,687,951,834	+\$ 3,206,706,317
Trigo	3,723,324	4.4	-5% y -30% (6)	\$2,410	- \$ 772,302,409	- \$ 3,015,769,656
			-15% y -50% (7)		- \$ 1,669,689,308	- \$ 4,810,543,478
Café (8)	122,468	2.6	- 73% y - 78%	\$4,309	- \$ 384,179,403	- \$ 410,562,680
Frijol (9)	1,121,956	0.6	- 30%	\$8,109	- \$ 2,632,231,500	- \$ 2,632,231,500

Fuente: Cálculos propios para los años 1981-2006 con información de SISPRO, SAGARPA

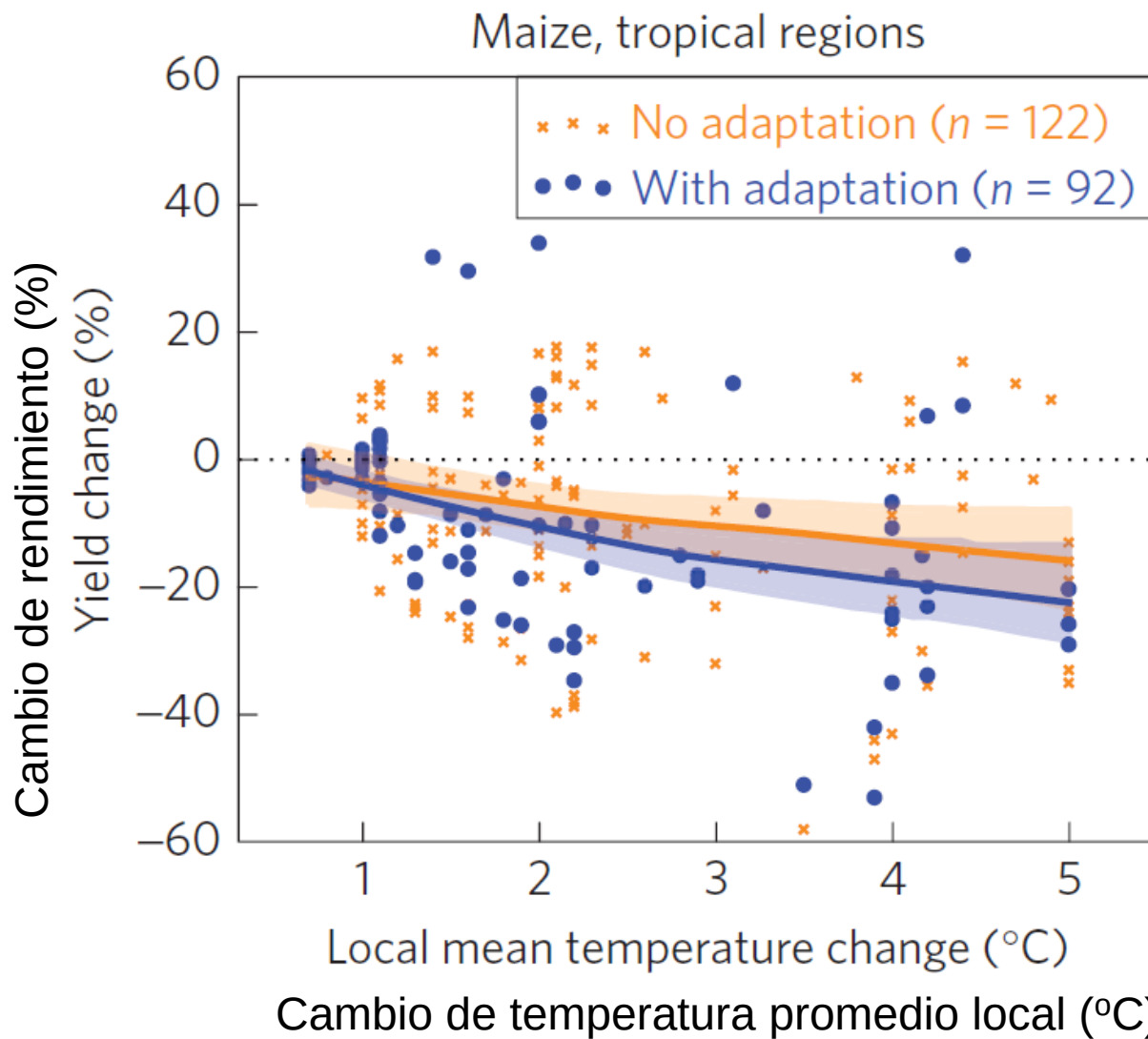
Ibarrarán Viniegra Y Rodríguez Segura, 2007

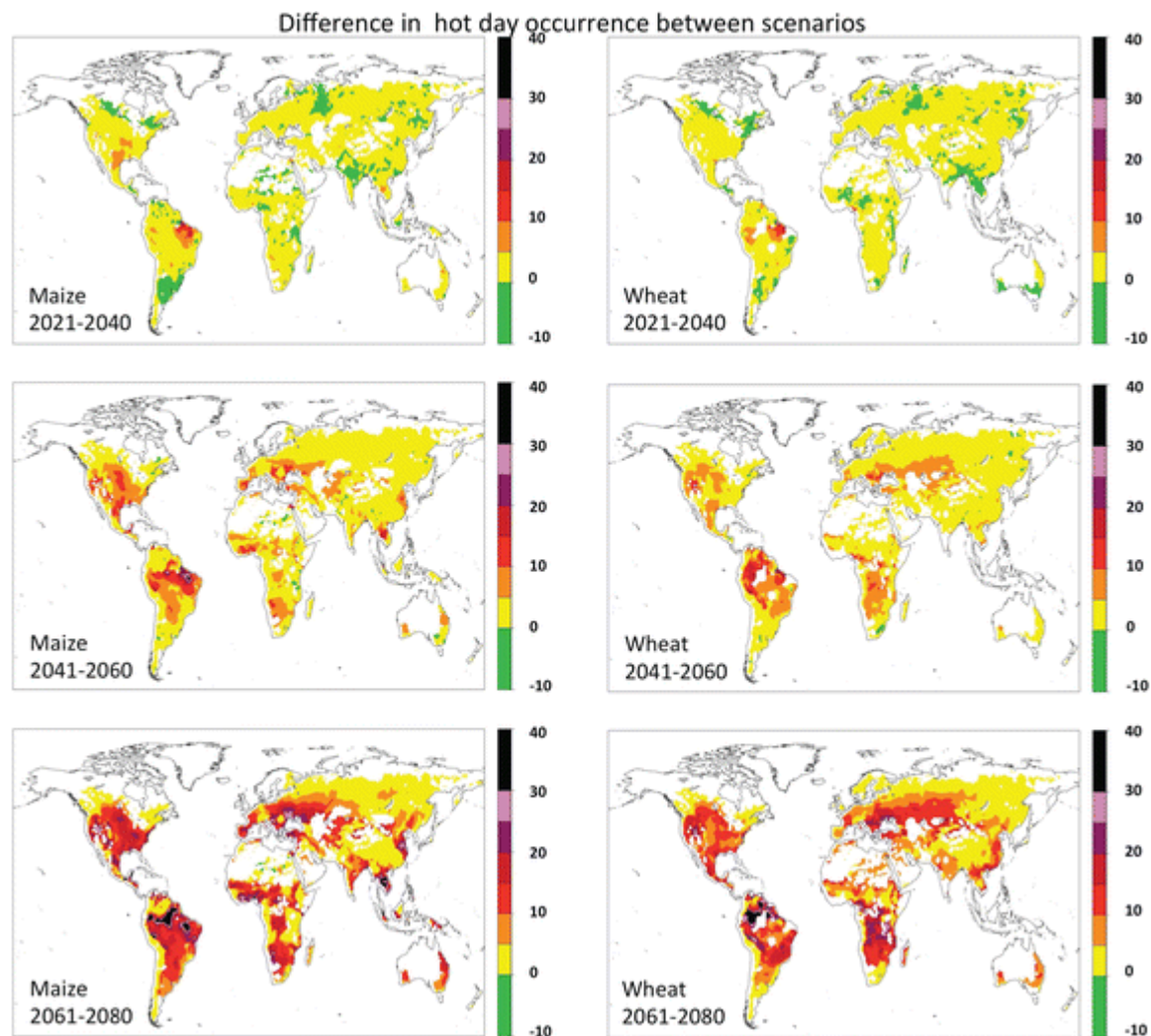
Efectos de temperatura

- 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 perdidas de rendimiento con un grado de incremento de temperatura y 100% del maíz en condiciones de sequia

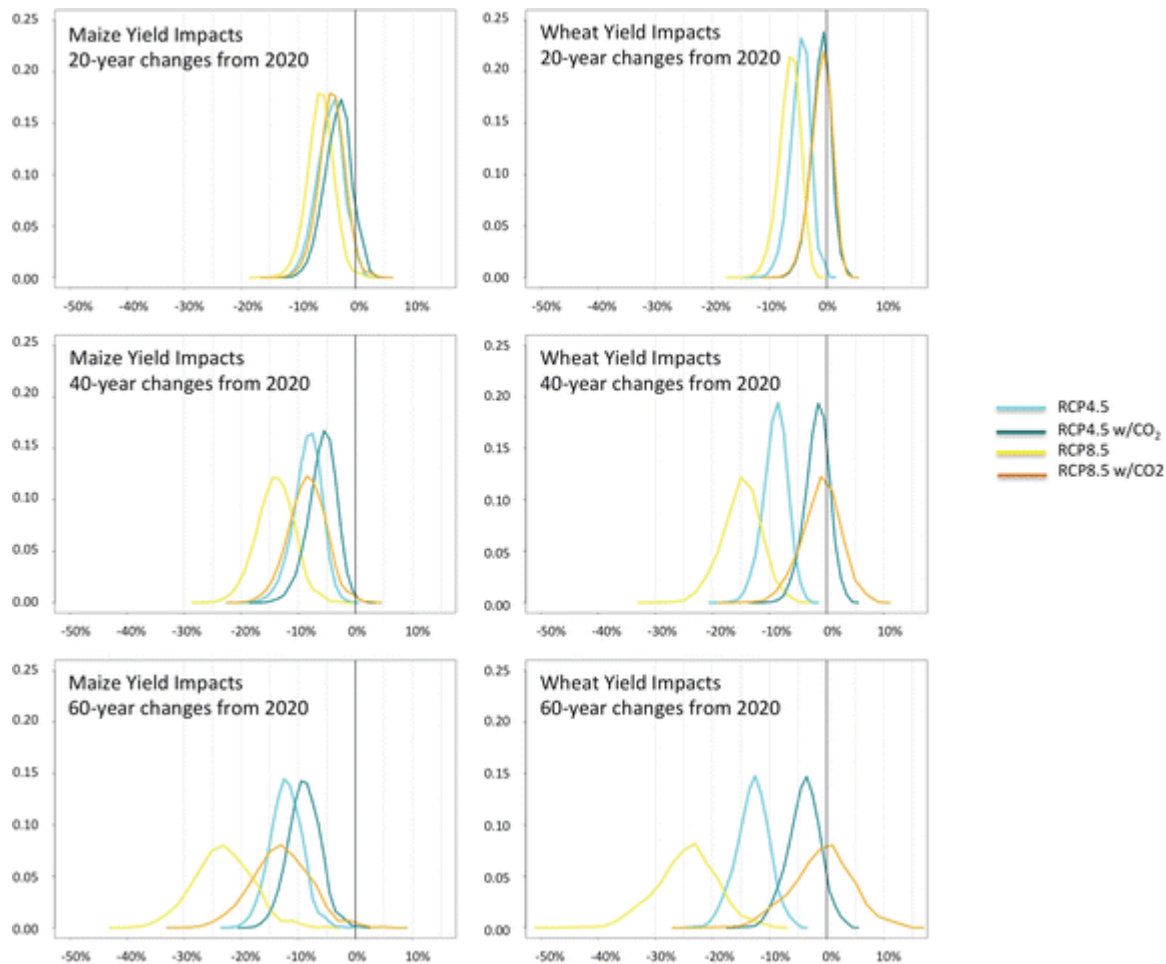


Meta análisis impacto





Tebaldi & Lobell, 2018



Tebaldi & Lobell, 2018

Table 2.2 Projected annual crop yield changes for Mexico (percentage per year), 2000–2050

Region	Maize and sugarcane	Potatoes	Sorghum	Beans and alfalfa	Wheat
<i>Climate scenario: GFDL</i>					
Mexico	−0.22	−0.10	0.01	−0.37	−0.04
West Arid	−0.58	−0.41	−0.09	−0.06	0.18
North and East Arid	−0.04	0.11	0.11	−0.46	0.12
Central High Arid	−0.02	0.08	−0.01	−0.28	−0.24
Southern Humid	−0.45	−0.13	−0.23	−0.29	−0.40
<i>Climate scenario: HADGEM2</i>					
Mexico	−0.33	0.08	−0.23	−0.37	−0.16
West Arid	−0.71	−0.02	−0.30	−0.38	0.08
North and East Arid	−0.55	0.14	−0.30	−0.37	0.10
Central High Arid	0.02	0.17	−0.10	−0.36	−0.39
Southern Humid	−0.73	−0.03	−0.37	−0.38	−0.38
<i>Climate scenario: IPSL</i>					
Mexico	−0.59	−0.32	−0.09	−0.46	−0.07
West Arid	−0.78	−0.94	−0.30	−0.12	0.19
North and East Arid	−0.44	−0.07	0.30	−0.55	0.21
Central High Arid	−0.38	−0.02	−0.30	−0.36	−0.33
Southern Humid	−0.87	−0.08	−0.59	−0.38	−0.30
<i>Climate scenario: MIROC</i>					
Mexico	−0.32	−0.12	−0.22	−0.33	−0.04
West Arid	−0.60	−0.47	−0.20	−0.17	0.15
North and East Arid	−0.17	0.01	−0.38	−0.33	0.12
Central High Arid	−0.01	0.10	−0.03	−0.33	−0.22
Southern Humid	−0.73	−0.09	−0.37	−0.37	−0.33

Source: Authors' calculations based on Decision Support System for Agrotechnology Transfer (2014).

Cambios rendimiento
Mexico

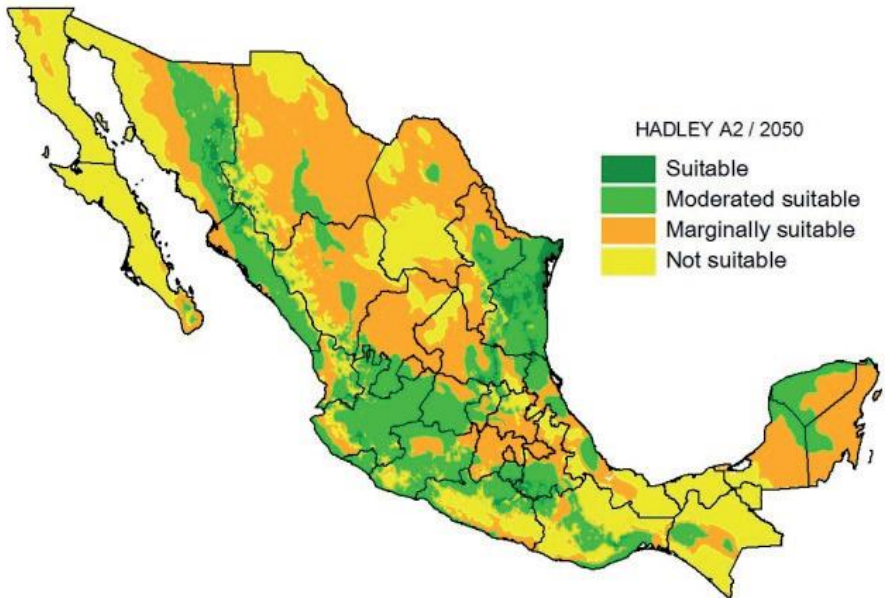
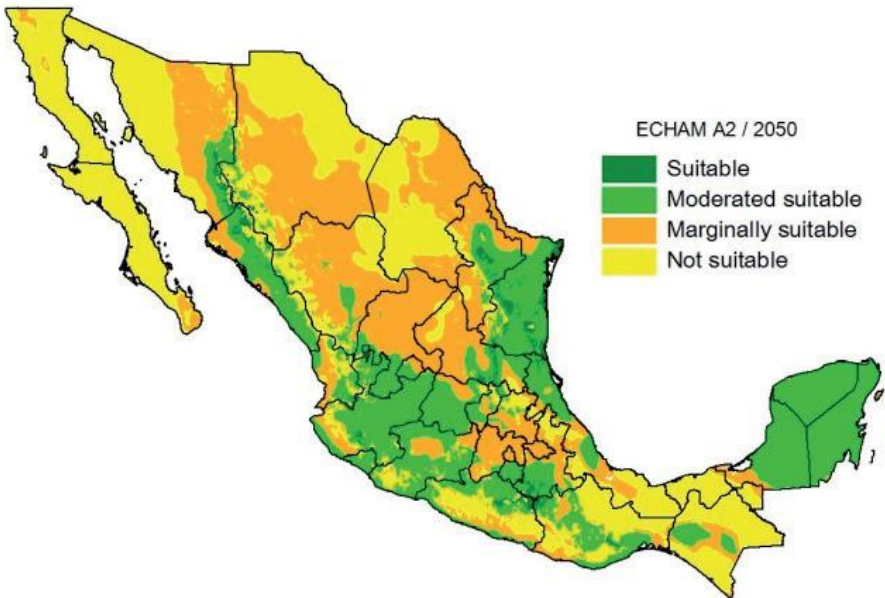
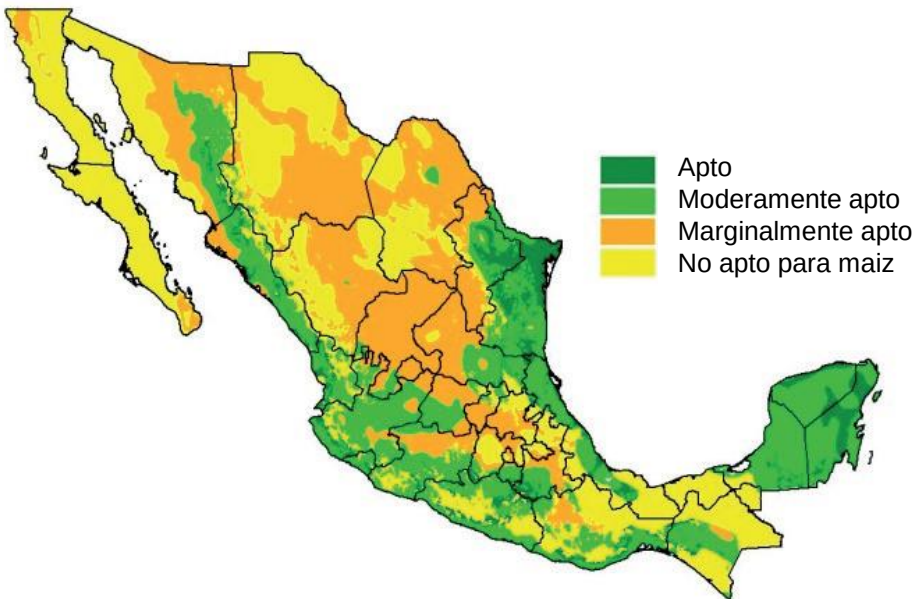


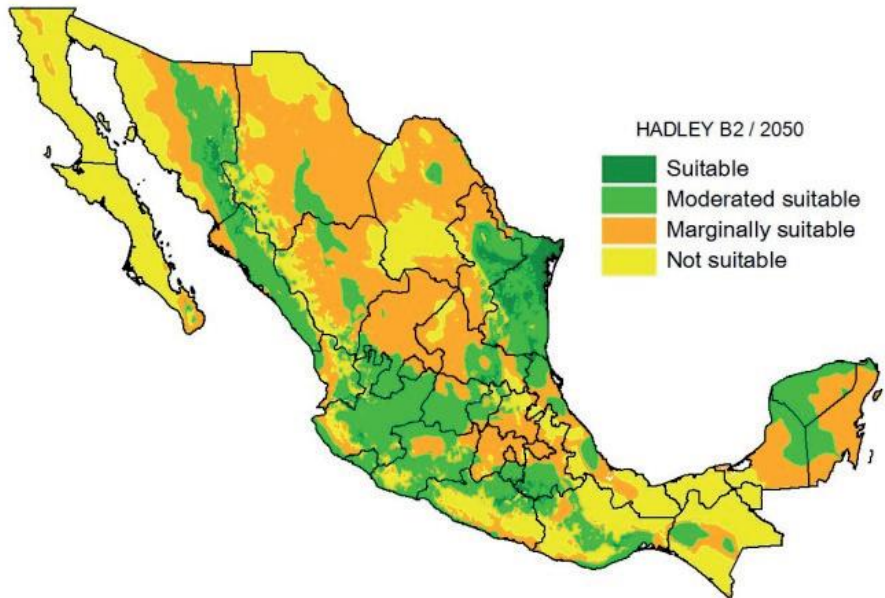
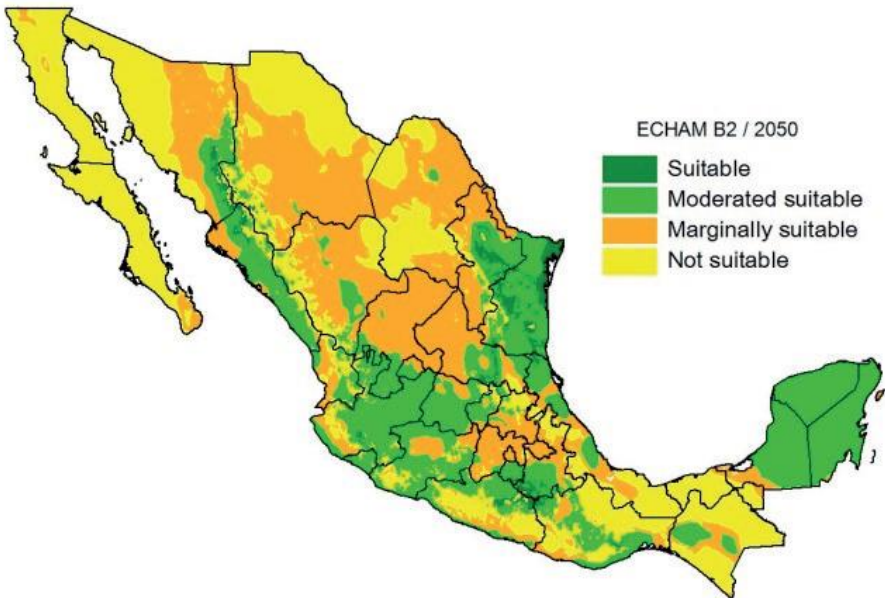
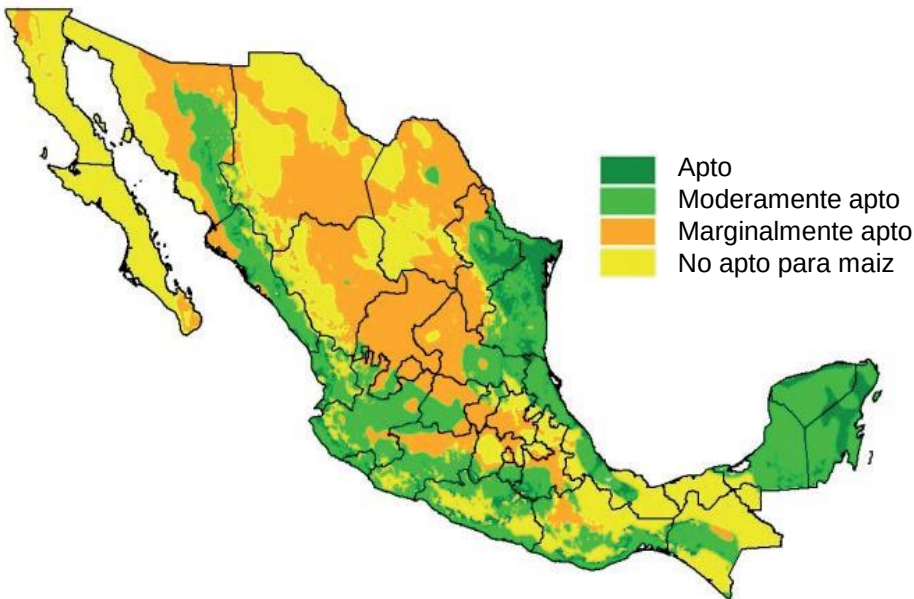
Andersen et al., 2014

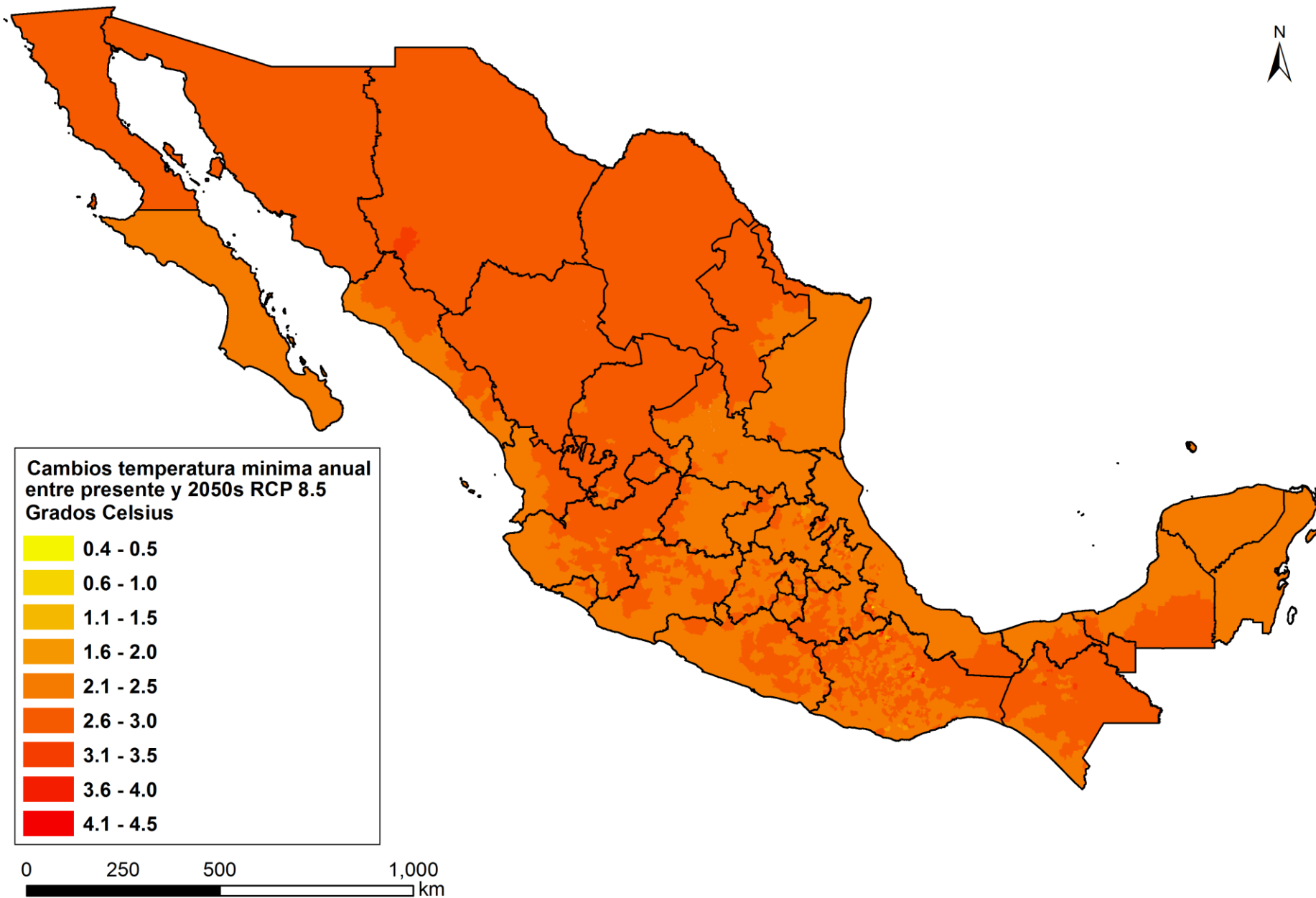
Impacto cambio climatico sobre produccion de maiz en Mexico

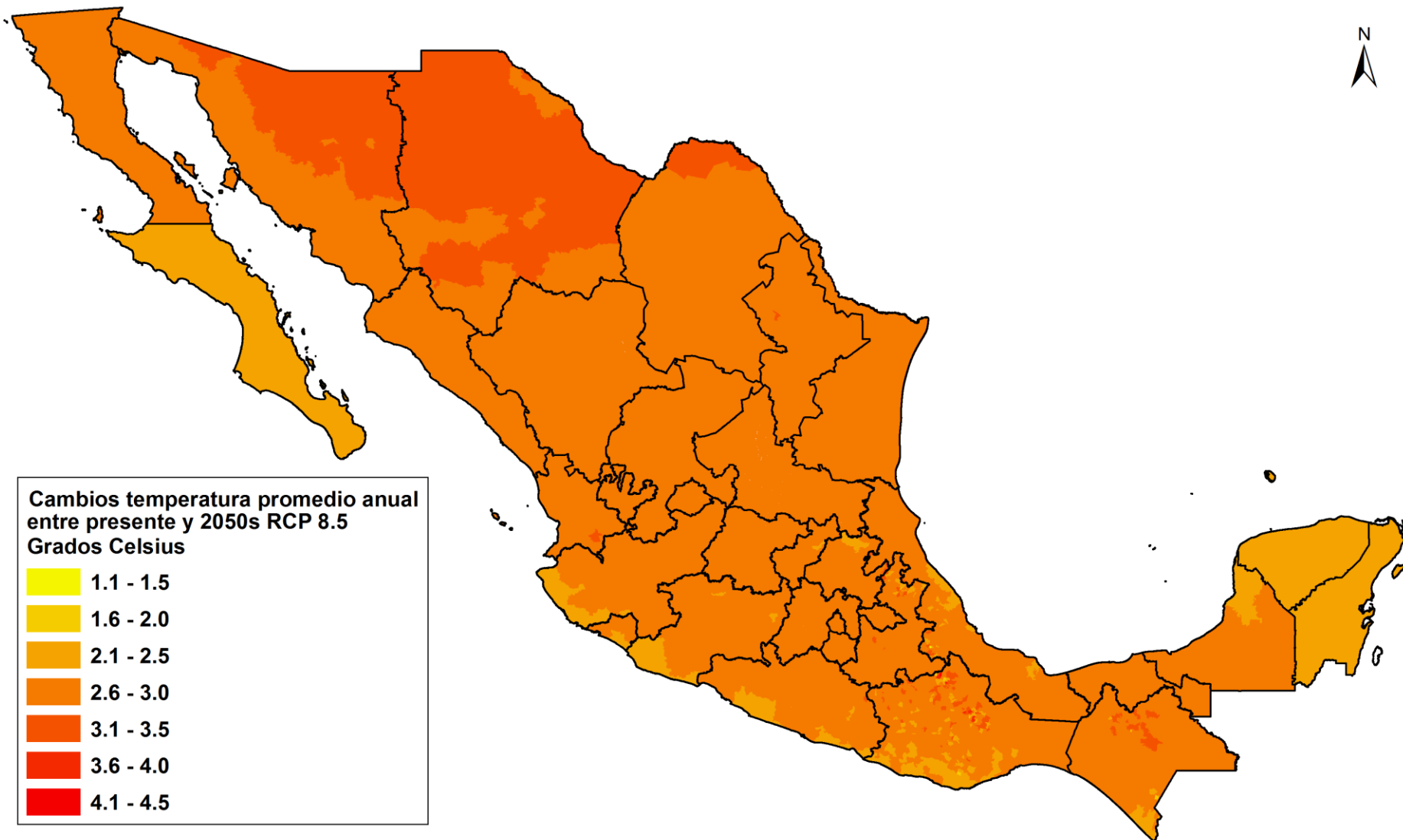
	Area	Produccion	Precios
Temporal			
Corto plazo	-22%	-30%	+37%
Largo plazo	-57%	-76%	+82
Riego			
Corto plazo	-22%	-21%	+15%
Largo plazo	-62%	-57%	+23%
Corto plazo	2015-2039		
Largo plazo	2075-2099		

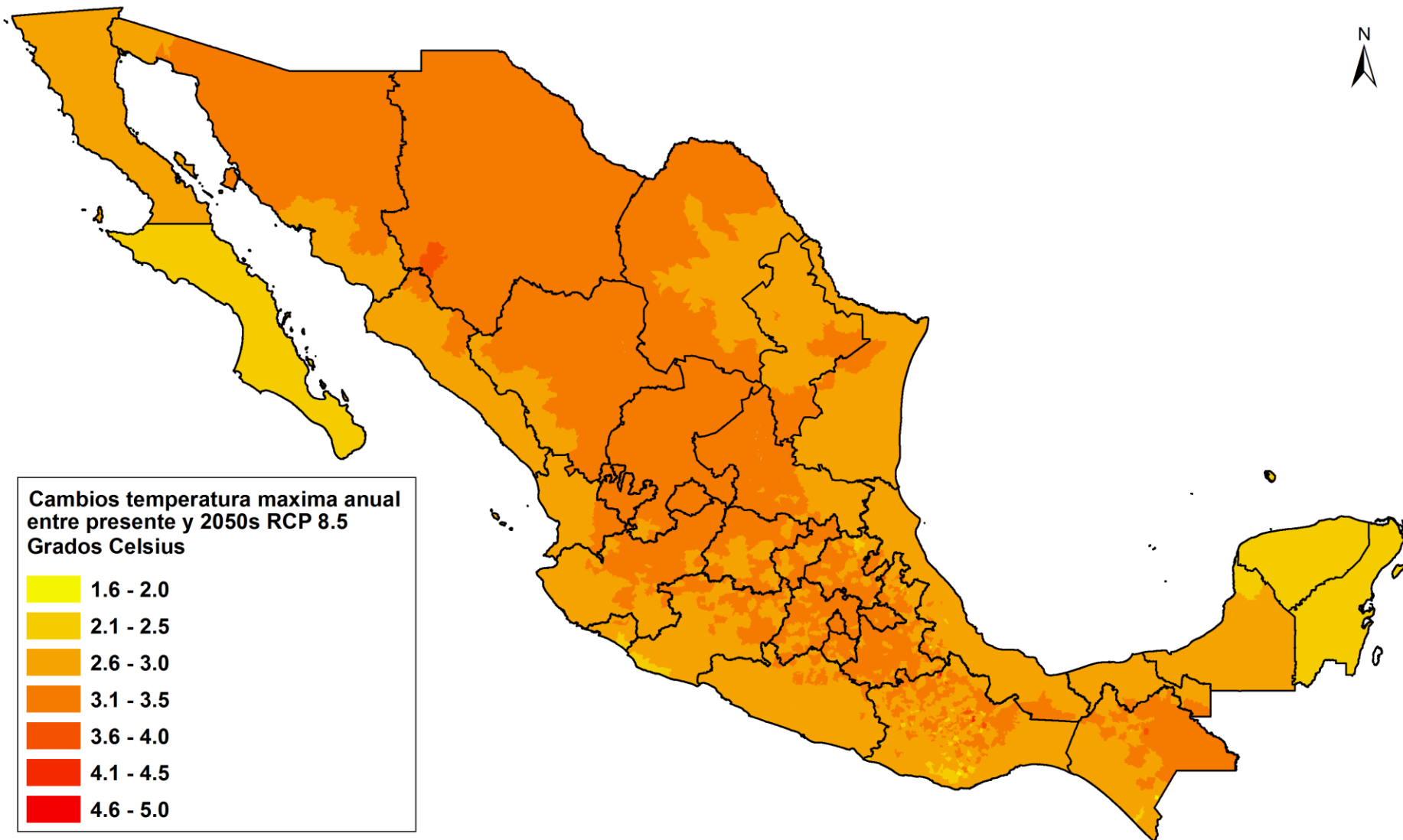
Guerrero Escobar et al., 2014

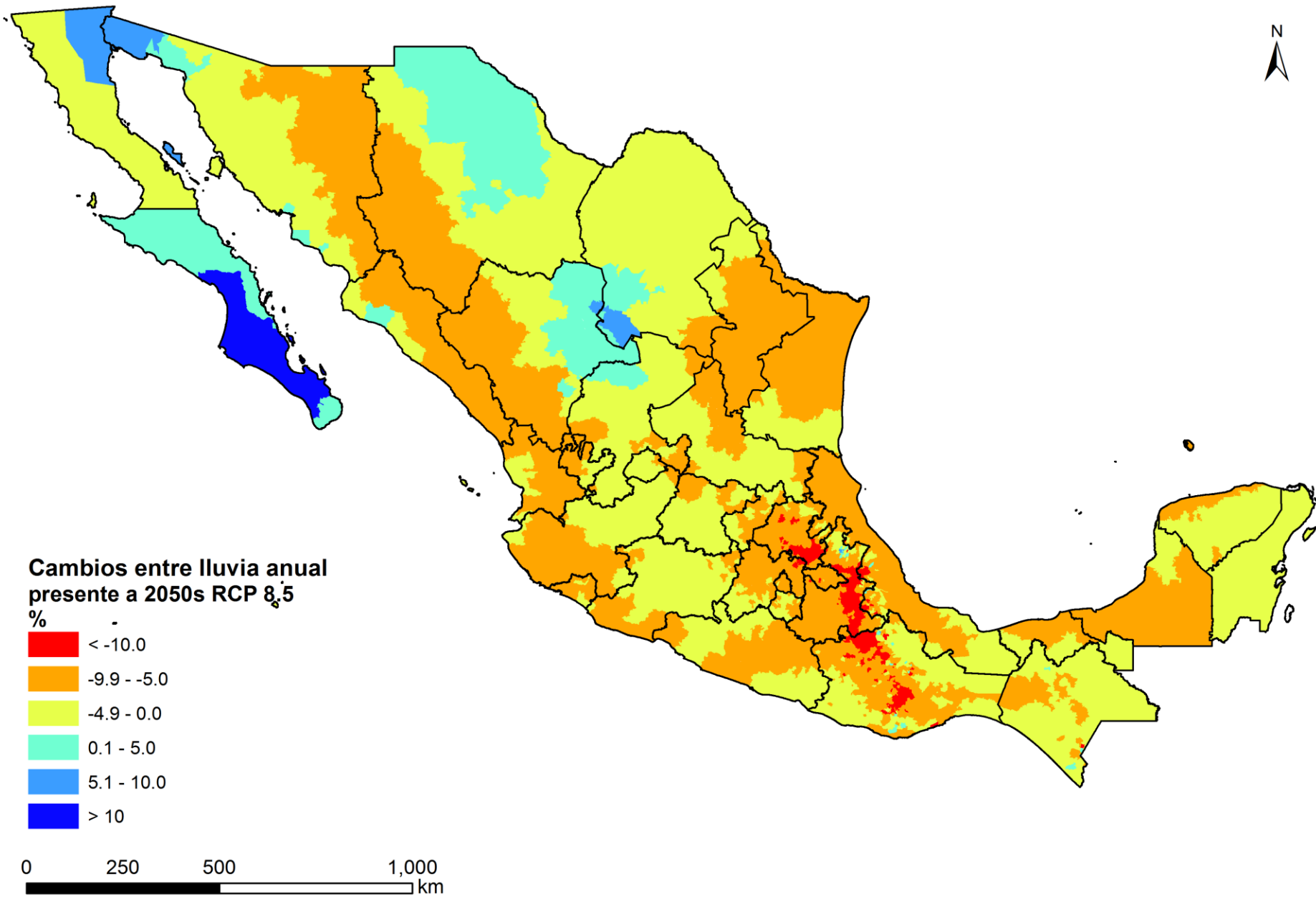




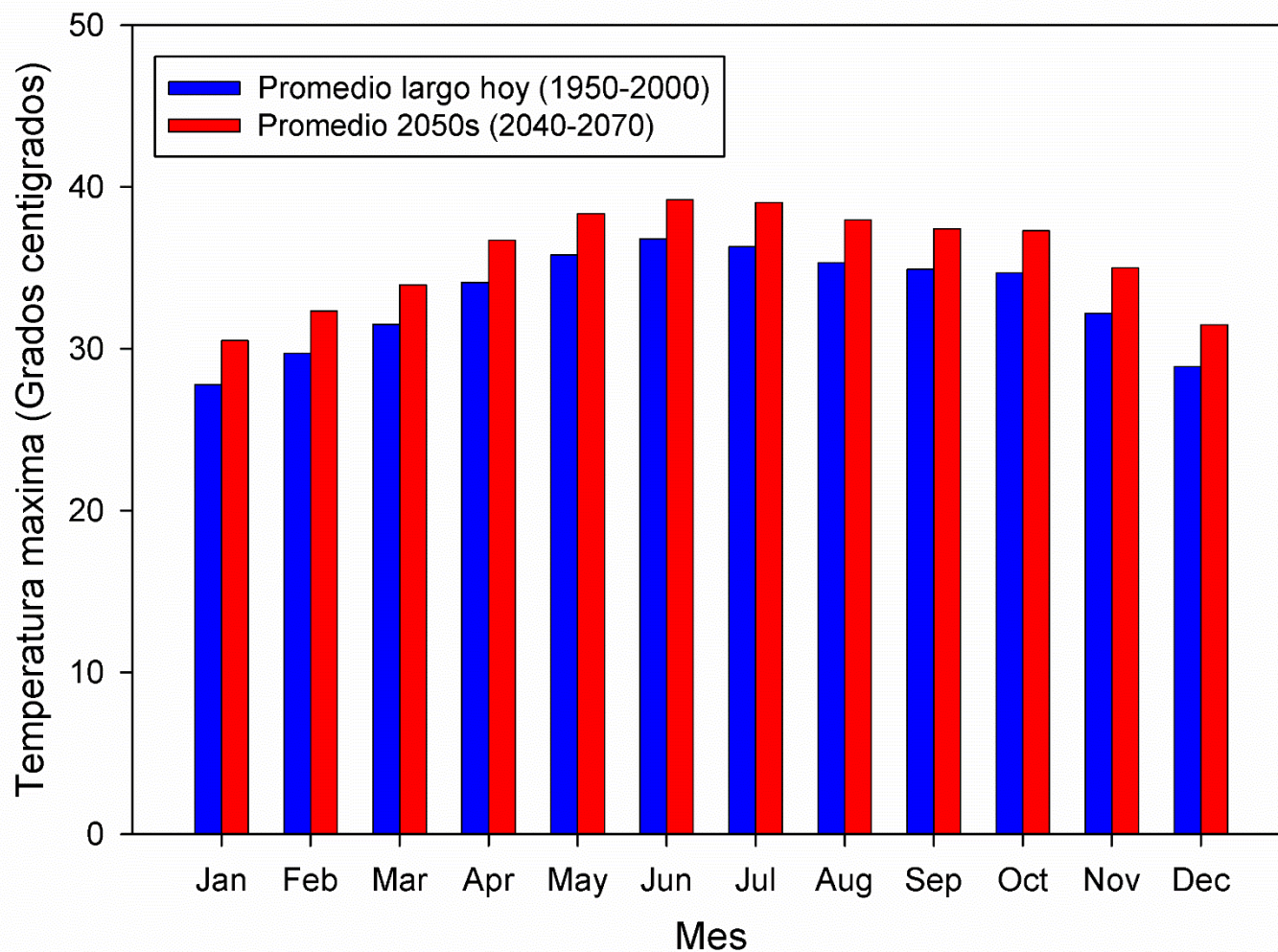




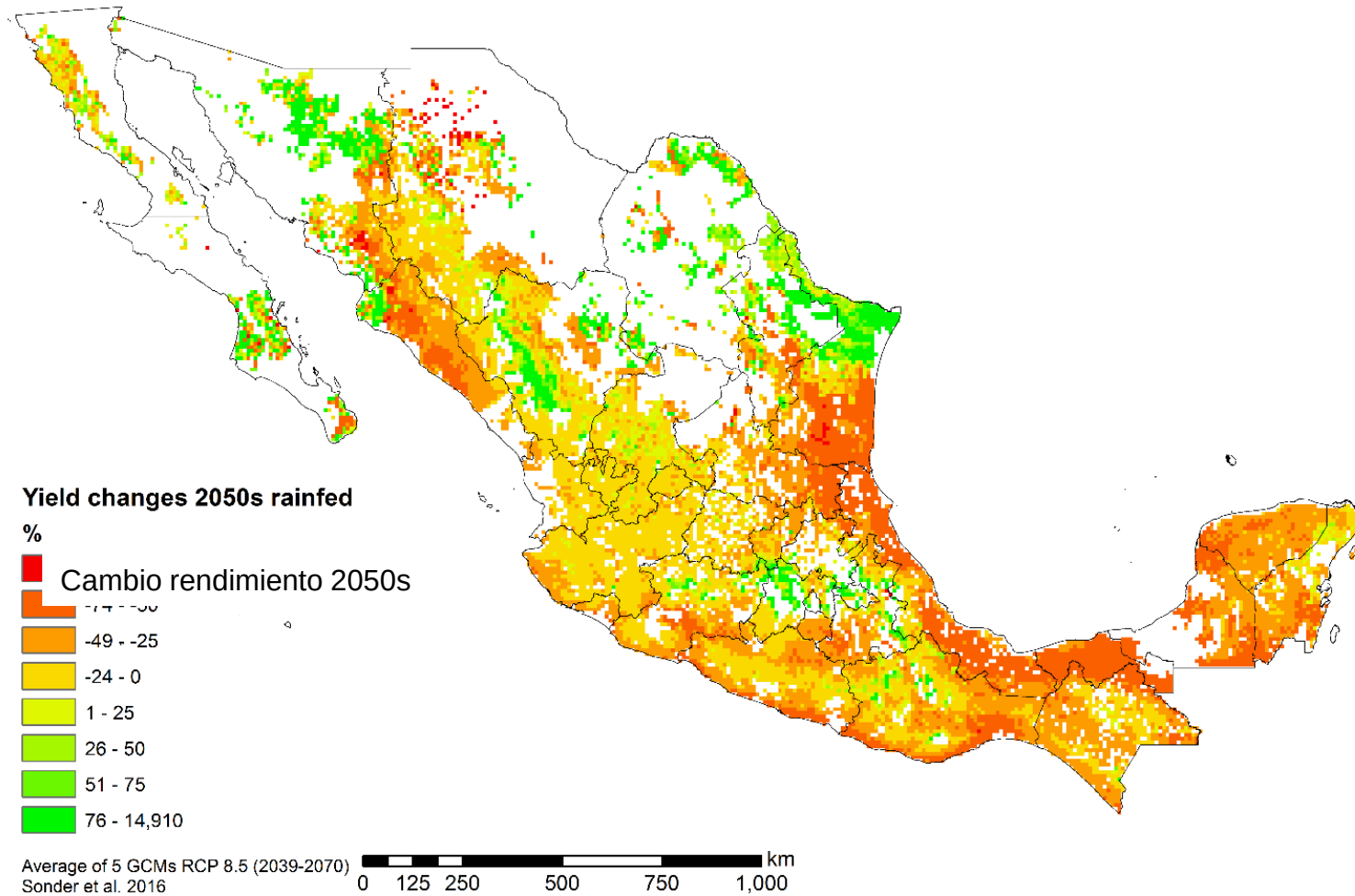




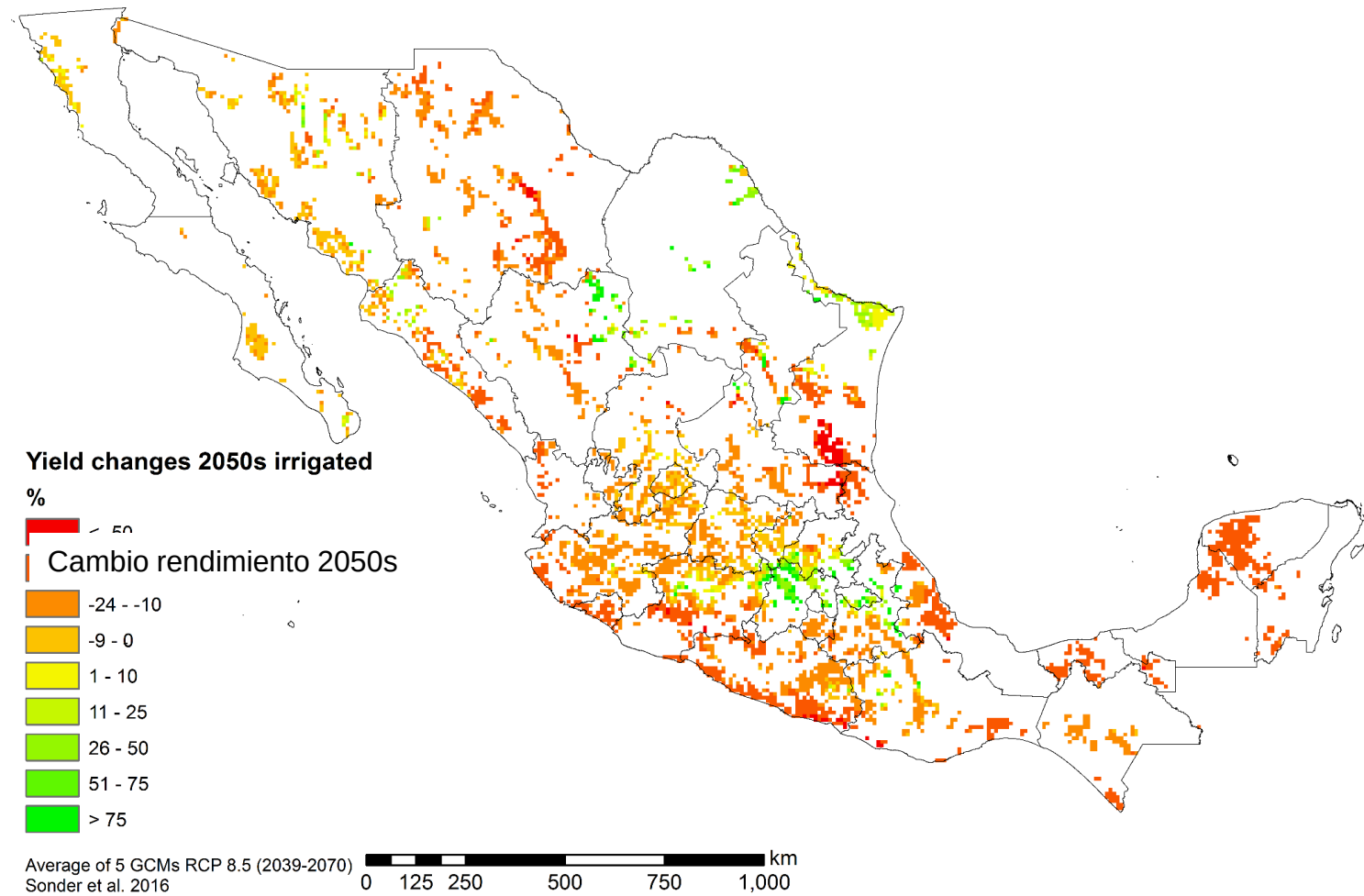
Cambios temperatura maxima 2050s Culiacan, Sinaloa



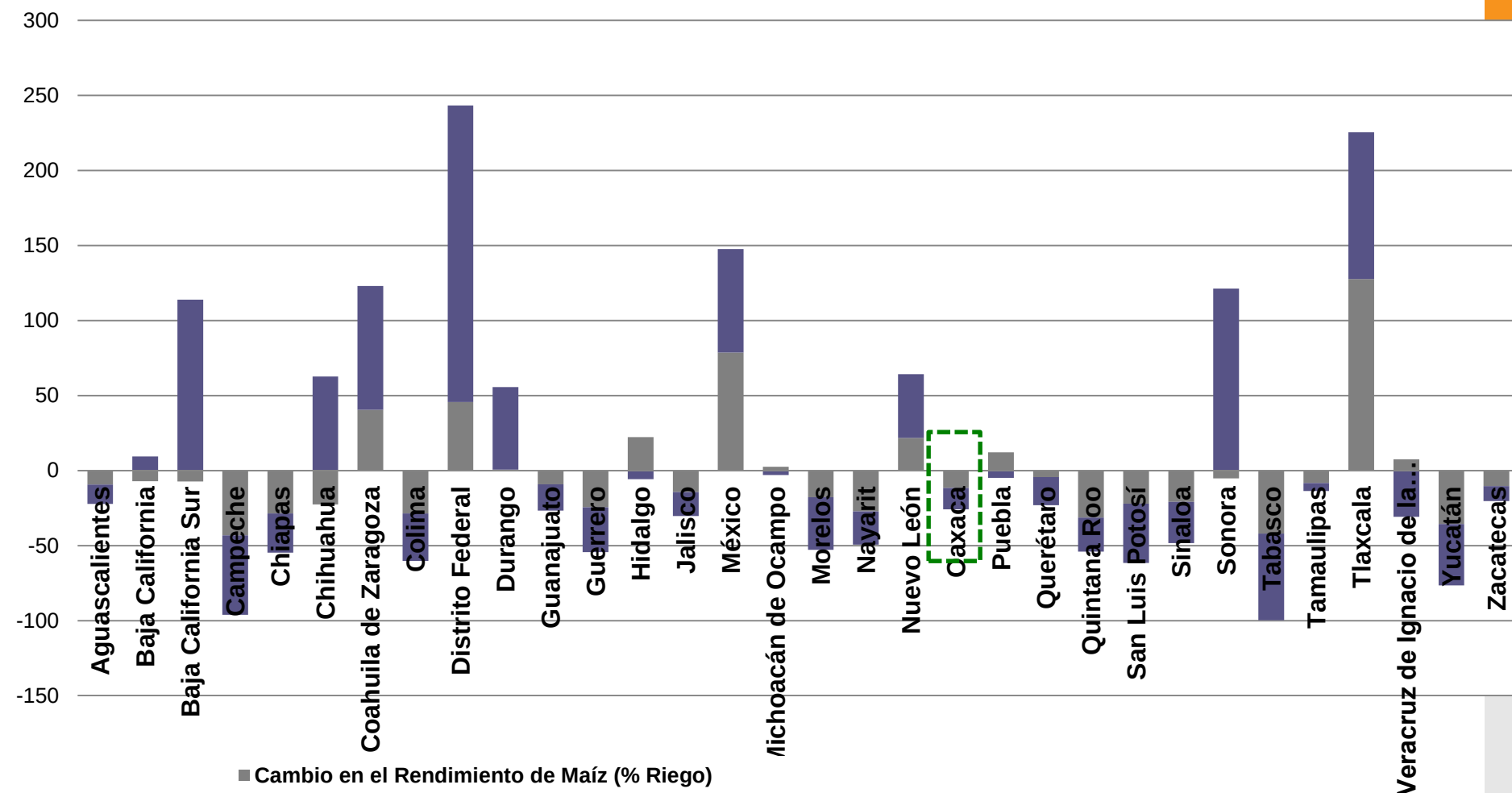
Impacto cambio climático maíz 2050s temporal



Impacto cambio climático maíz 2050s riego

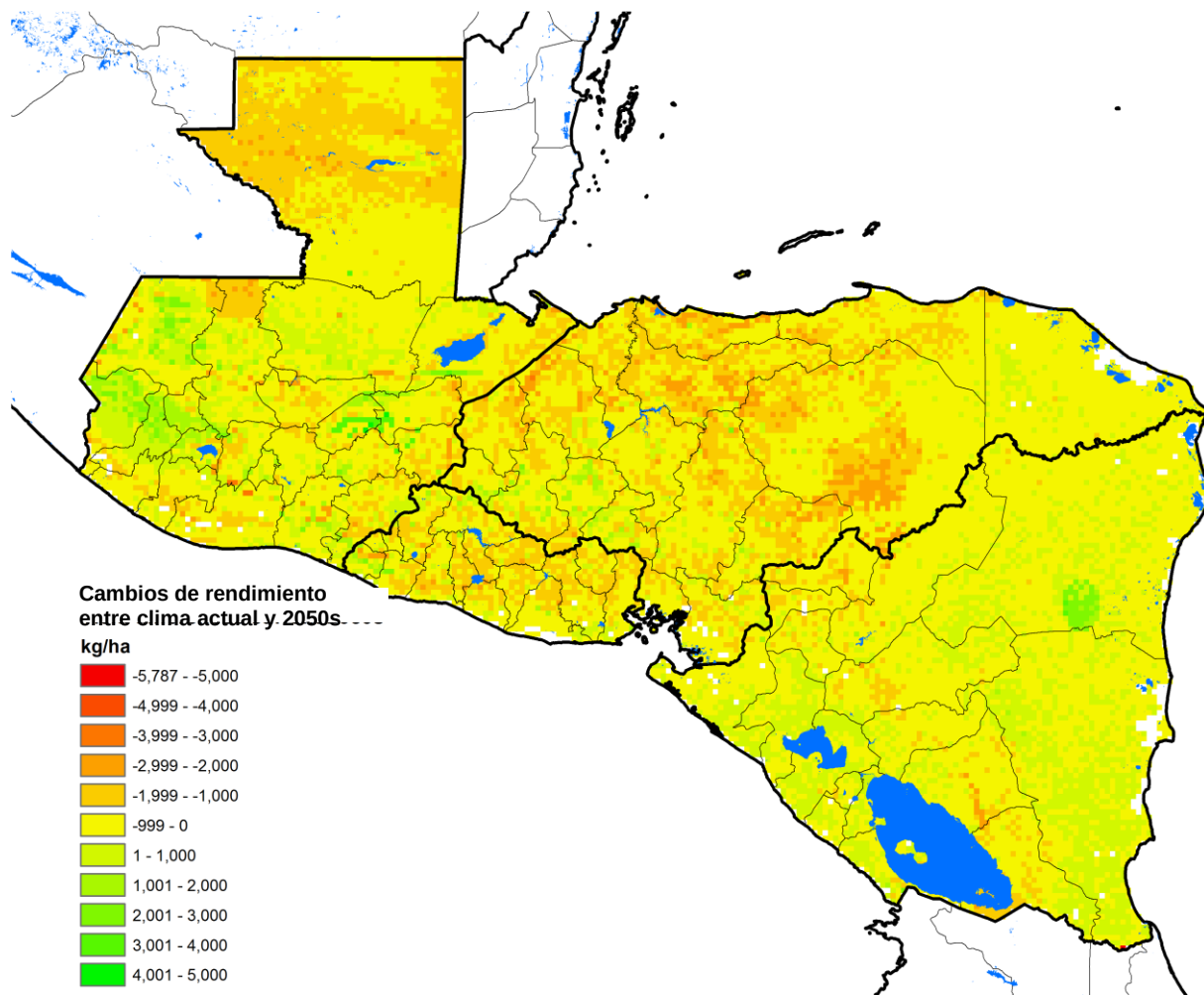


Contexto del Sistema de Producción en el Hub

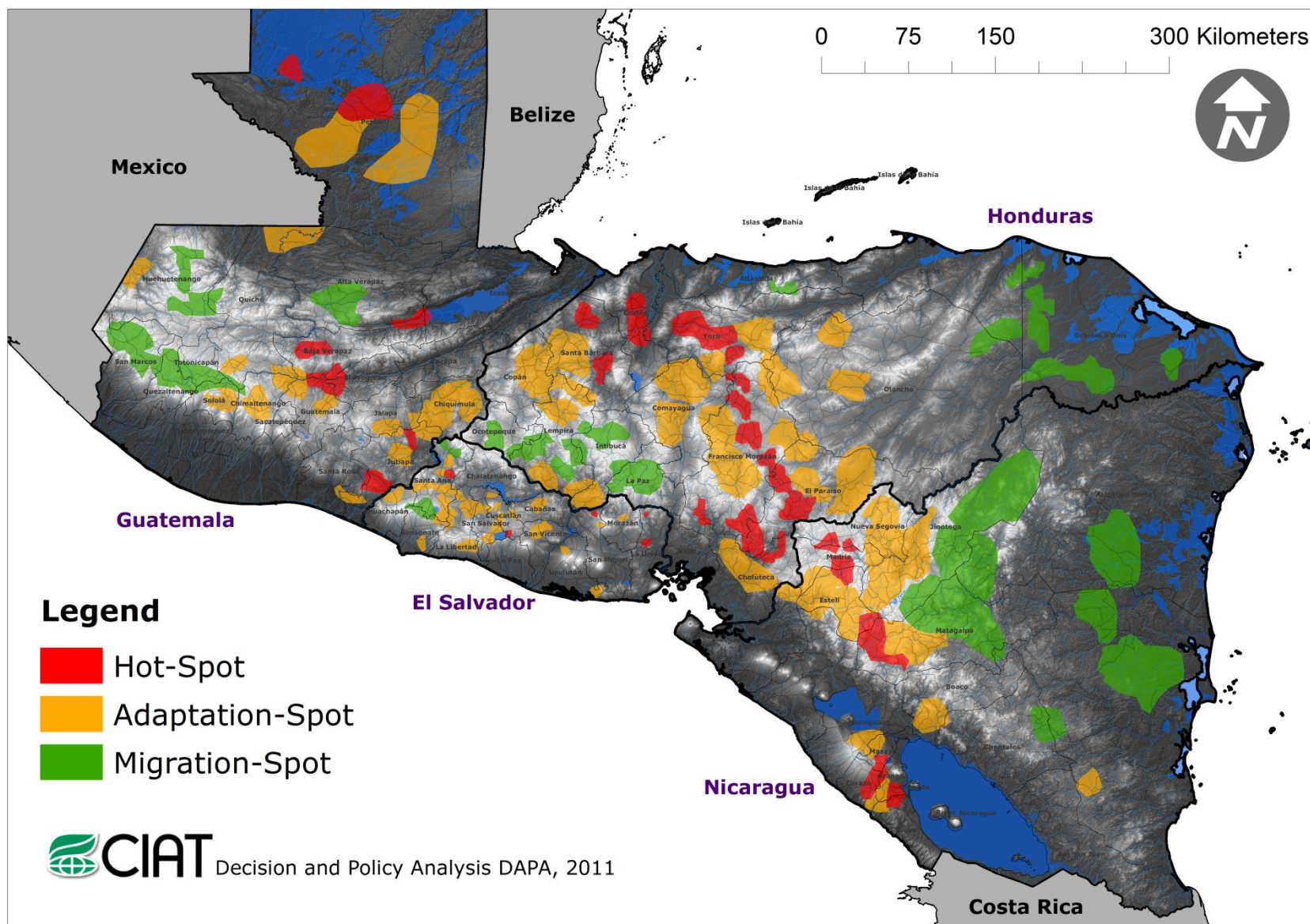


Impacto cambio climático maíz 2050s temporal en México

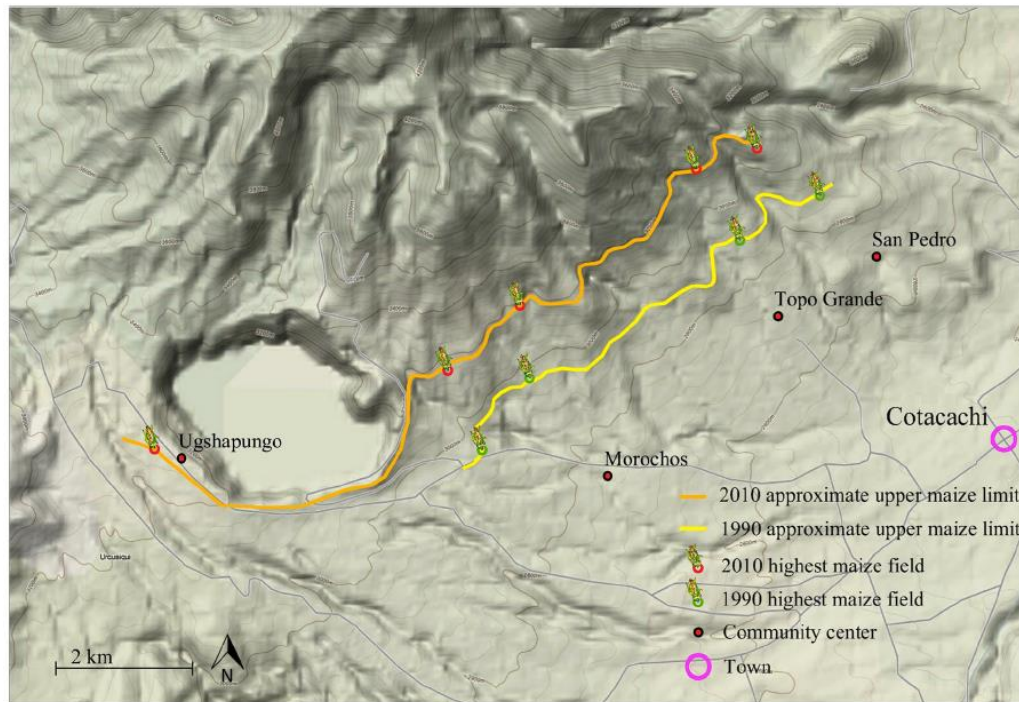
Posible impacto del cambio climático sobre los rendimientos del maíz en América Central



Cambio climatico sistemas de maiz y frijol 2050s



Migración vertical de maíz en Ecuador



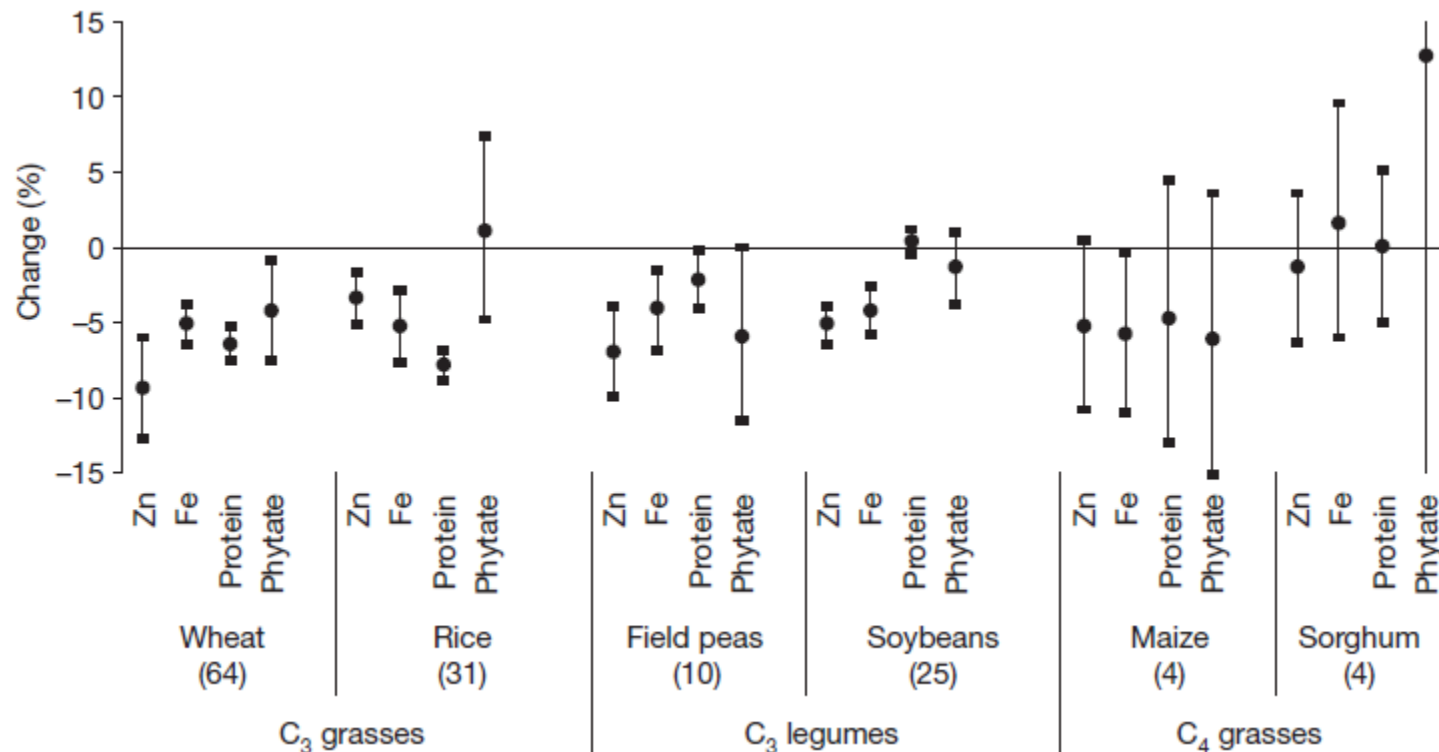
Mapa mostrando los límites de cultivación de maíz 1990 y 2010, Cotacachi, Ecuador

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 ^a between limits (km)
Ugshapungo	NA ^b	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

Implicaciones para calidad de maíz

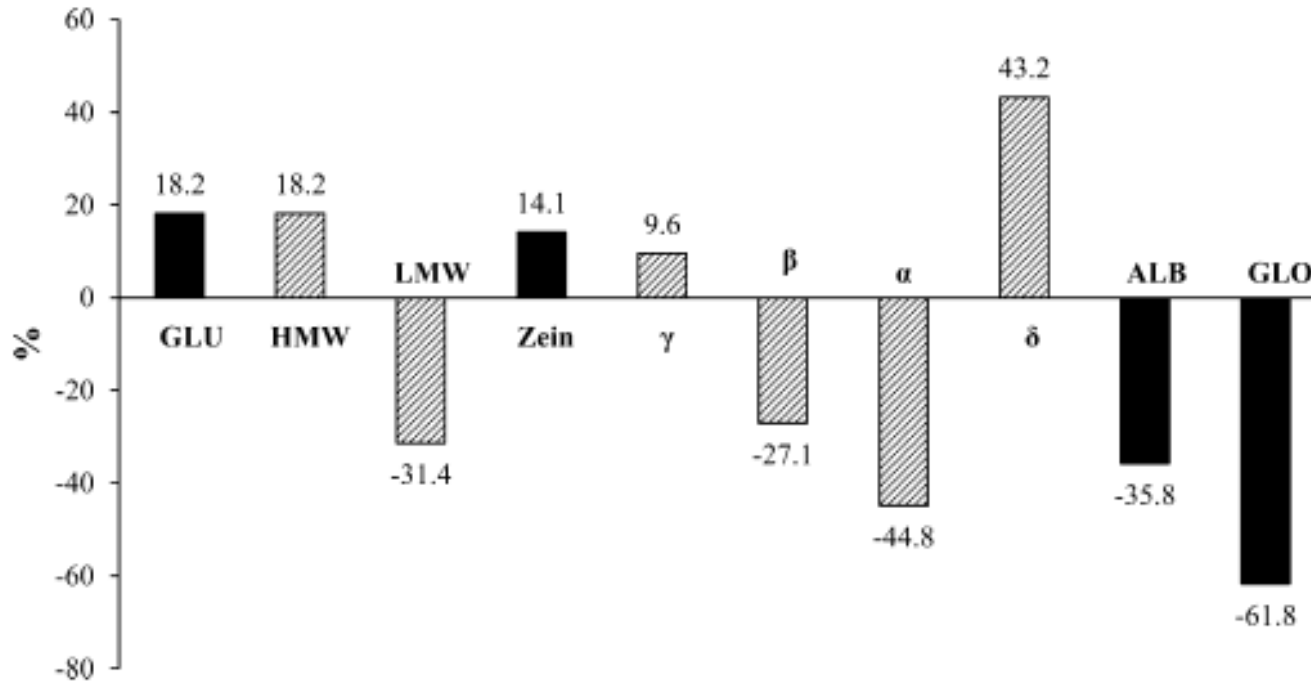
Cambio climático y nutrientes



Cambios de contenido de nutrientes bajo CO₂ elevado

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

Cambio climático y nutrientes



Cambios de fracciones y sub fracciones de proteína bajo CO₂ elevado

“El contenido de globulina, α -zein y LMW polímeros se redujo, mientras que glutelin total, zein, δ -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 possible“

Cambios en calidad de trigo

- Niveles elevados de CO₂ pueden bajar la calidad de la proteína del grano y del pan
- Reducción de contenido de minerales y de calidad del pan observado con incremento de CO₂
- Respuesta de diferentes variedades indica opciones para mejoramiento para mitigación
- Aumento de CO₂ incremento el rendimiento pero redujo contenido de minerales N, Fe, S, Zn, y Mg
- Reducción de Hierro y Zinc con niveles elevados de CO₂
- Aumento de rendimiento pero reducción de Zinc y proteína

Cambios en calidad de maíz

- Reducciones en contenido de minerales bajo sequia pero parcialmente balanceados por CO₂ elevado
- Contenido de hierro disminuyo con CO₂ elevado

Cambio climático y enfermedades

<i>Aspergillus flavus, A. parasiticus</i>	<i>Latino América</i>	<i>Aumento</i>
<i>Fusarium verticillioides</i>	<i>Latino América</i>	<i>Aumento</i>
<i>Fusarium graminearum</i>	<i>Latino América</i>	<i>Decremento</i>
<i>Maize streak virus MSV</i>	<i>África</i>	<i>Aumento</i>

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

Medidas de adaptación

Posibles consecuencias del cambio climático en Sud América:

- Temperaturas elevadas en todas las regiones de producción de maíz
- Mas estrés de calor en áreas tropicales y subtropicales
- Menos lluvias en muchas áreas
- Mas lluvias en algunas áreas
- Lluvias mas intensas
- Mejores condiciones para maíz en las áreas elevadas
- Mas presión de plagas y enfermedades en algunas áreas
- Mas problemas con aflatoxinas y otras micotoxinas
- Nuevas plagas pueden surgir

Medidas para adaptación al cambio climático:

- Nuevas variedades mas tolerantes a sequia, calor y/o inundaciones (Inversión publica)
- Agricultura climáticamente inteligente
- 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
- Sistemas de riego mas eficientes
- Riego de goteo (mas cultivo por gota)
- Riego de precisión
- Agricultura de precisión (mas cultivo por insumos)



T-L's exterior control box

Irrigación de precisión



Muchas gracias