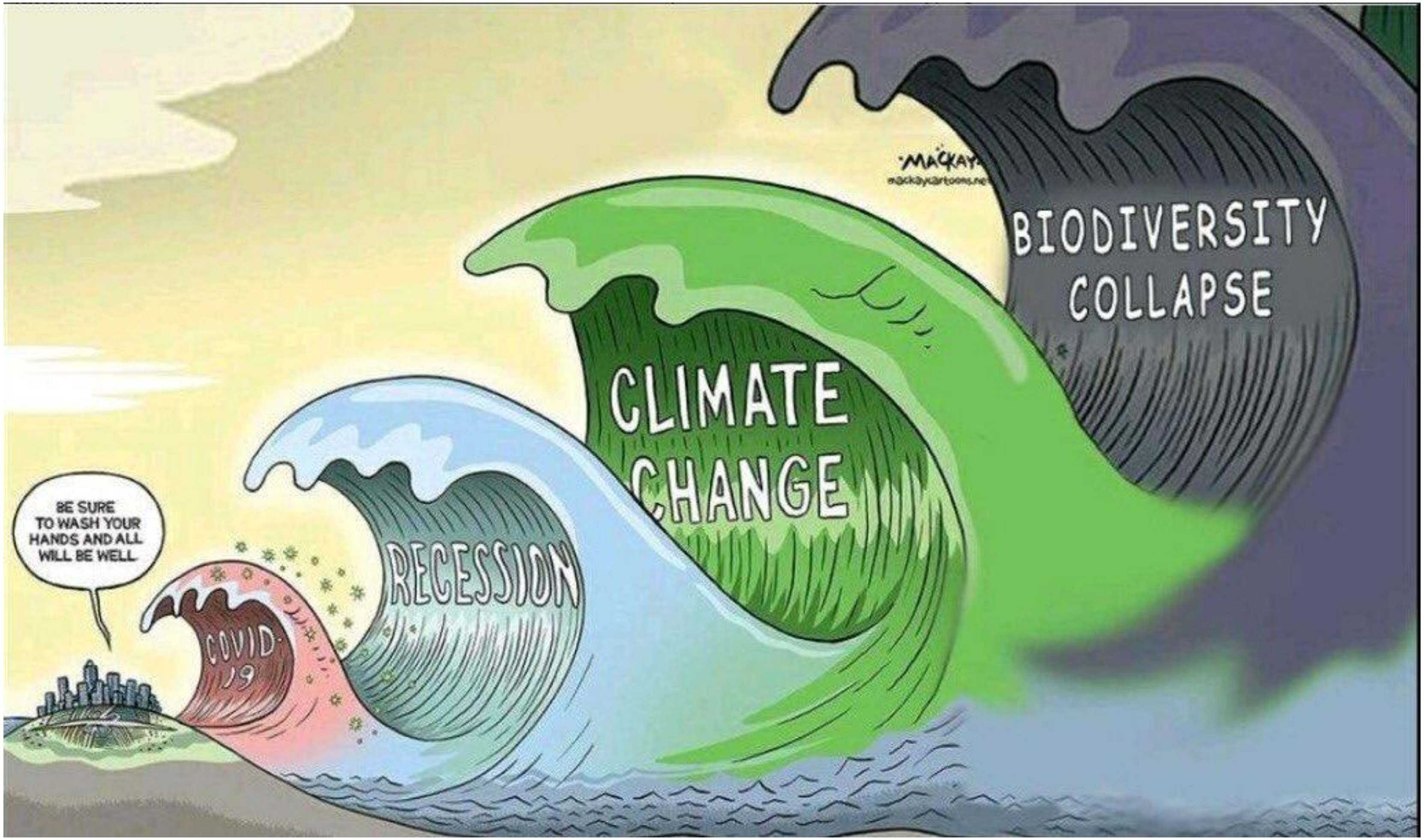
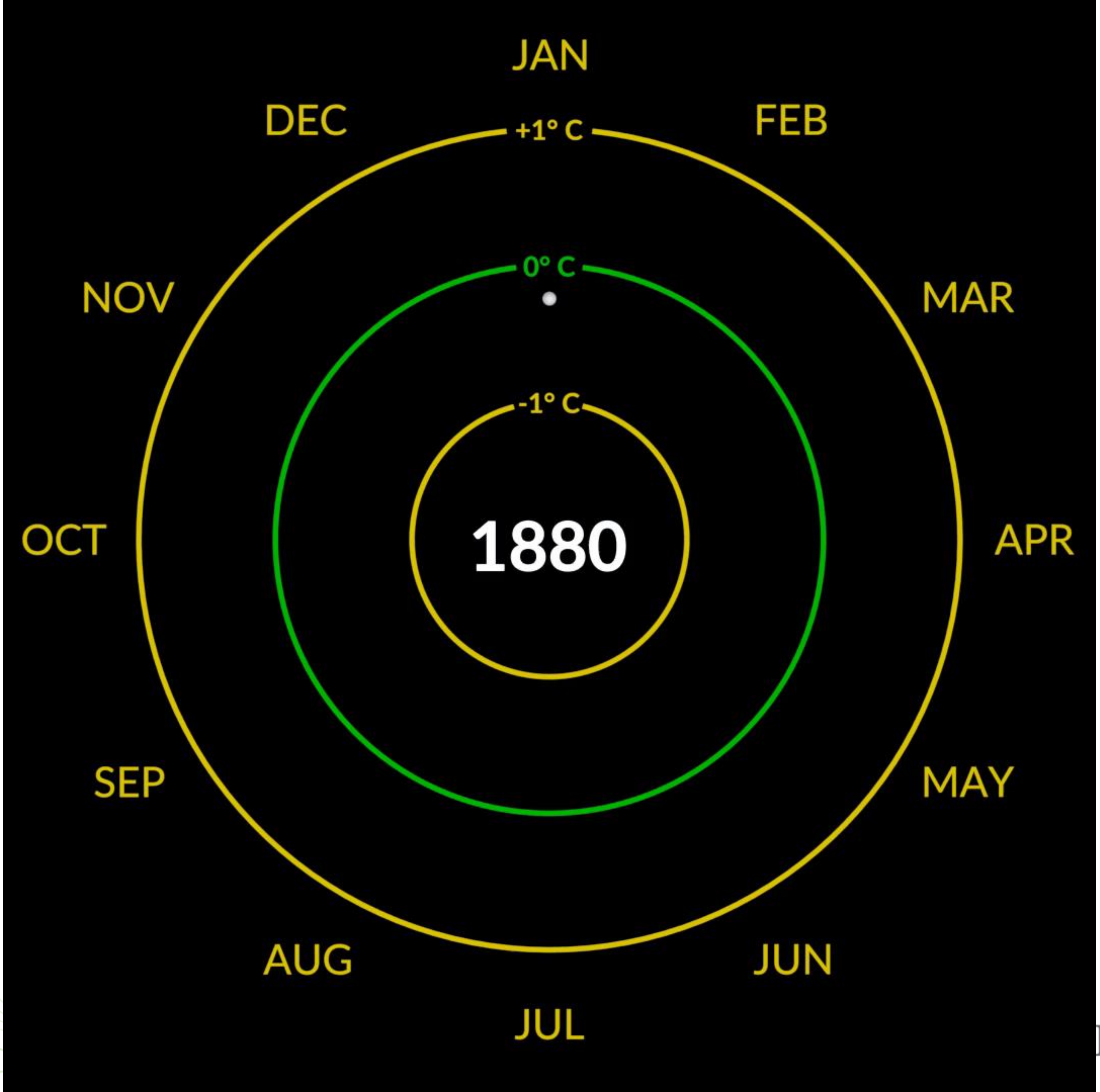
Cambio climático y producción de trigo en el Norte de México

Dr. Kai Sonder & Dr. Juan Arista
Unidad de Sistemas de Información Geográfica
Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
CIMMYT

CIMMYT

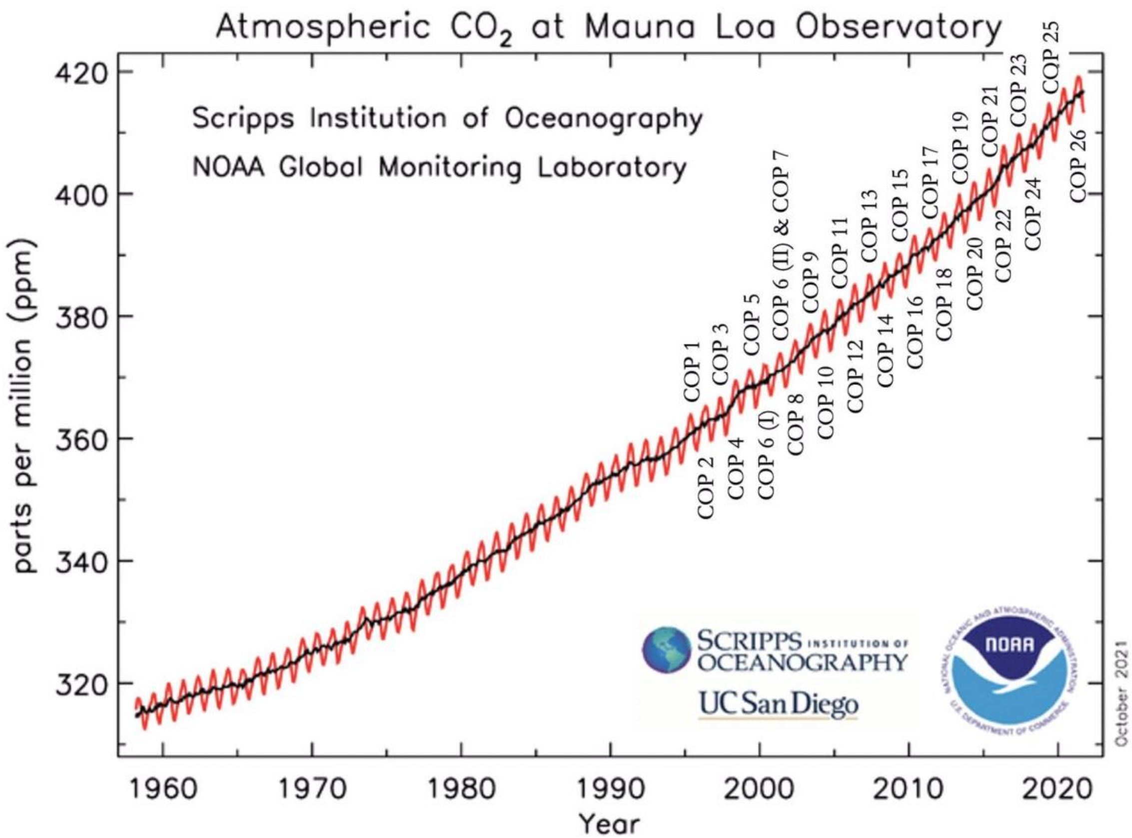

BE SURE TO WASH YOUR HANDS AND ALL WILL BE WELL
COVID-19
RECESSION
CLIMATE CHANGE
BIODIVERSITY COLLAPSE
MACKAY
mackaycartoons.net

CIMMYT

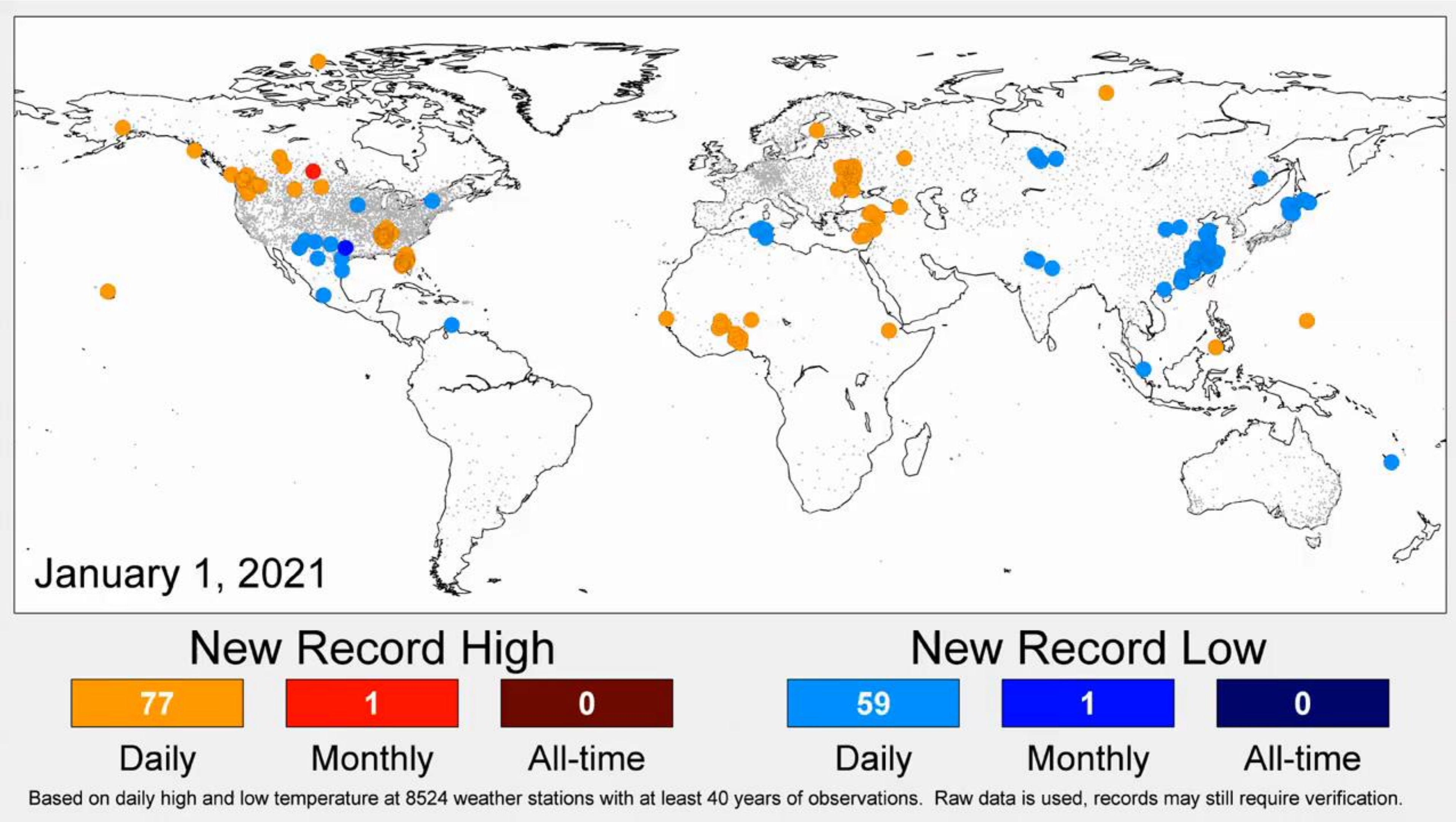


Ed Hawkins
Reading
NASA

MYT

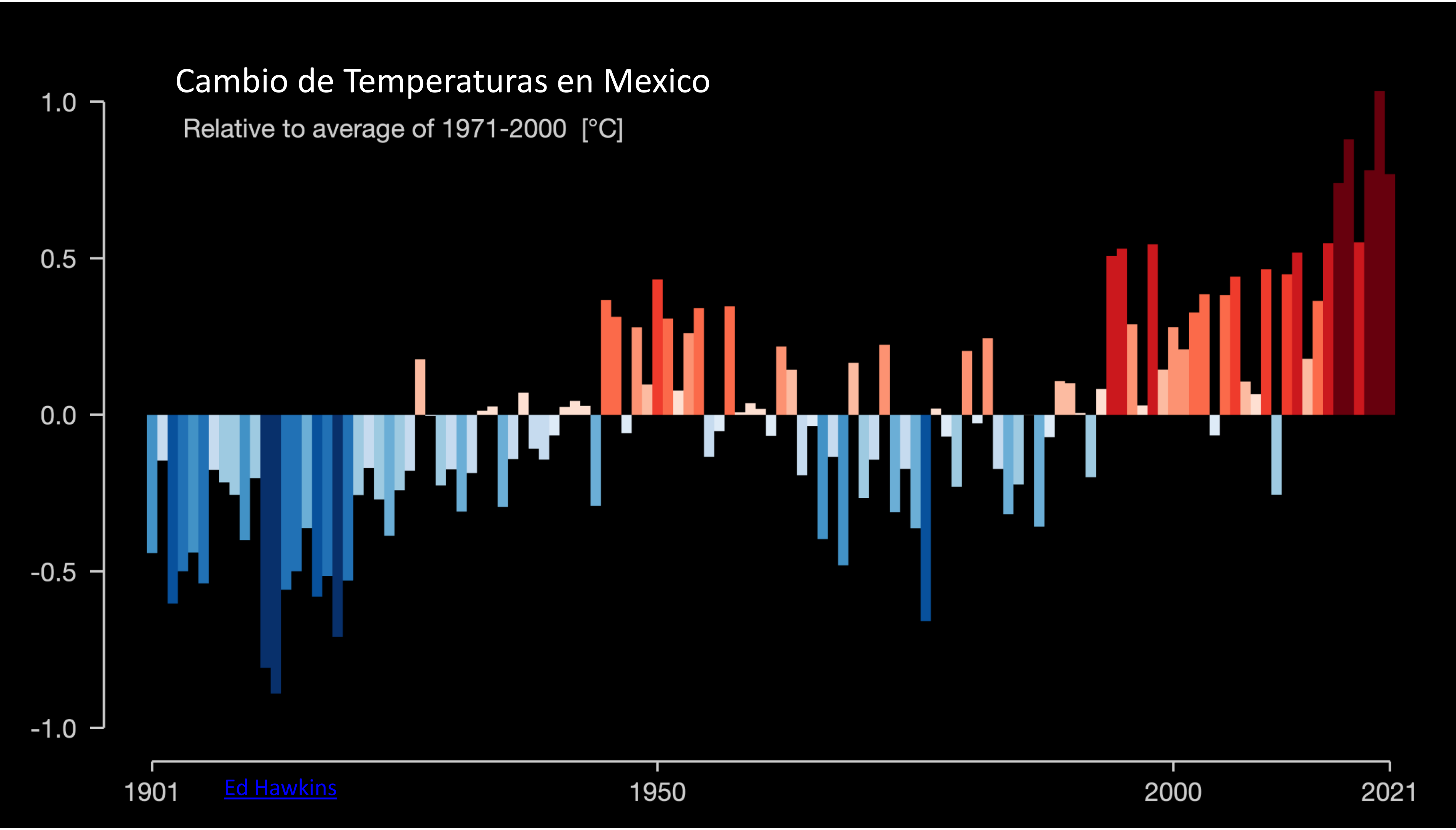


“Sigue los lideres," Berlin, Alemania, April 2011. Isaac Cordal



January 1, 2021
New Record High
77
1
0
Daily
Monthly
All-time
New Record Low
59
1
0
Daily
Monthly
All-time
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.

CIMMYT


Cambio de Temperaturas en Mexico
Relative to average of 1971-2000 [°C]
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
1901
Ed Hawkins
1950
2000
2021

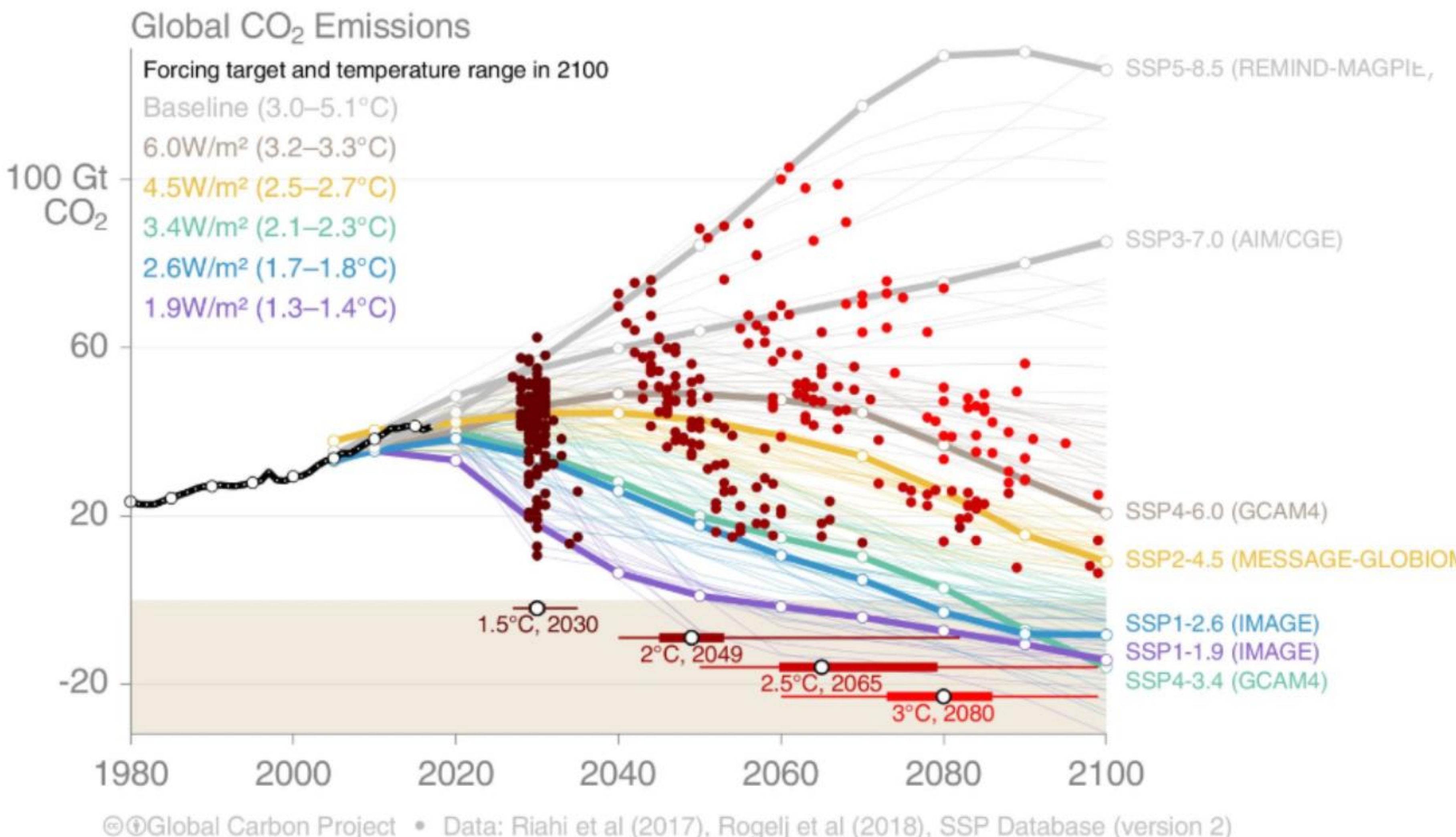
Mecanismos de *forzamiento* radiativo

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 (~1370 ppm CO_2 eq) en 2100
6	Camino de estabilización hacia 6 W/m^2 (~850 ppm CO_2 eq) en el 2100
4.5	Estabilización sin pasar hasta 4.5 W/m^2 (~650 ppm CO_2 eq) después del 2100
2.6	Máximo de forzamiento de radiación en ~3 W/m^2 (~490 CO_2 eq) antes del 2100 y después reduc (baja a 2.6 W/m^2) en 2100

Van Vuuren et al., 2011 Climatic Change

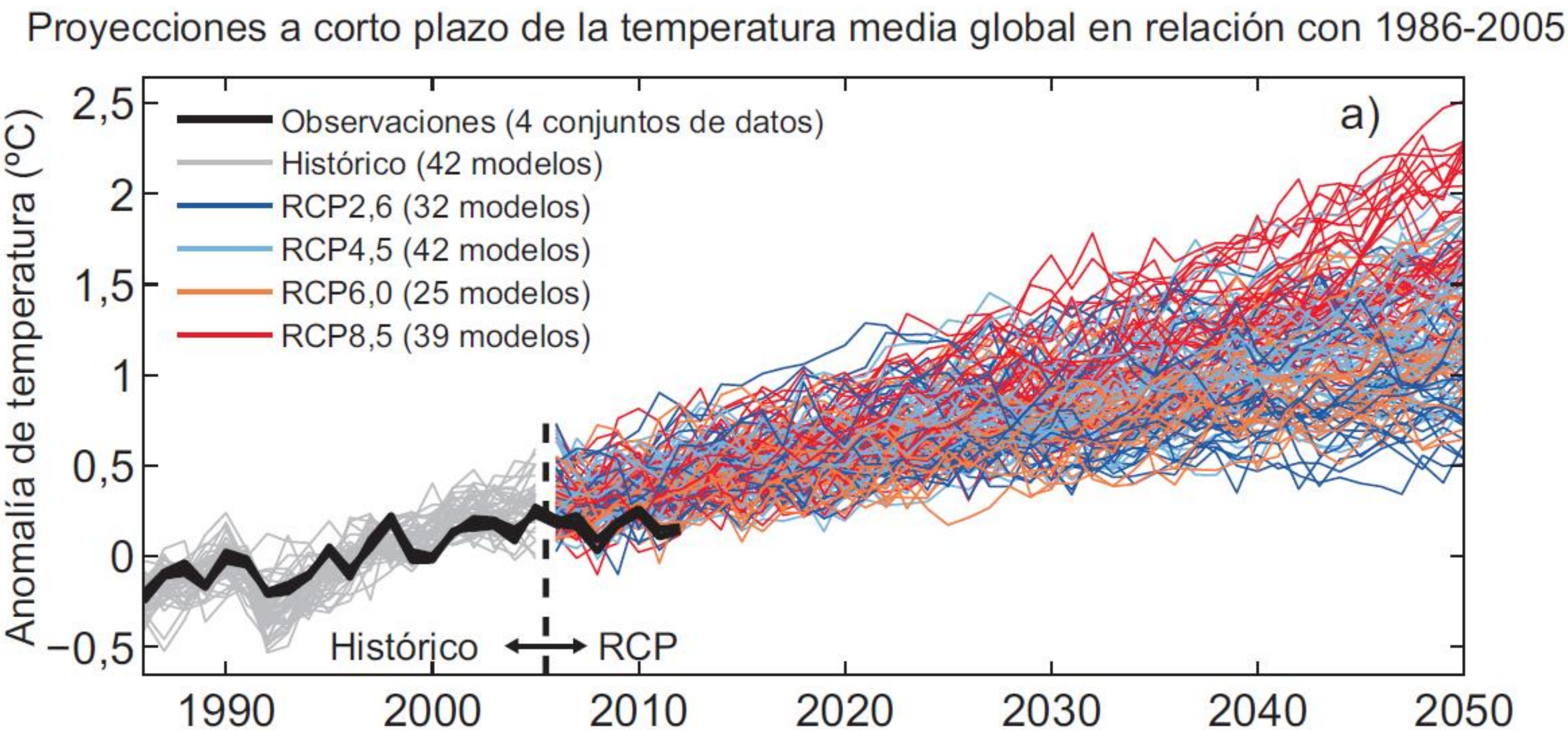
CIMMYT



Global CO_2 Emissions
Forcing target and temperature range in 2100
Baseline (3.0–5.1°C)
6.0W/m² (3.2–3.3°C)
4.5W/m² (2.5–2.7°C)
3.4W/m² (2.1–2.3°C)
2.6W/m² (1.7–1.8°C)
1.9W/m² (1.3–1.4°C)
100 Gt CO_2
60
20
-20
1.5°C, 2030
2°C, 2049
2.5°C, 2065
3°C, 2080
1980
2000
2020
2040
2060
2080
2100
SSP5-8.5 (REMIND-MAGPIE)
SSP3-7.0 (AIM/CGE)
SSP4-6.0 (GCAM4)
SSP2-4.5 (MESSAGE-GLOBIOM
SSP1-2.6 (IMAGE)
SSP1-1.9 (IMAGE)
SSP4-3.4 (GCAM4)
©ⓘGlobal Carbon Project • Data: Riahi et al (2017), Rogelj et al (2018), SSP Database (version 2)

CIMMYT

Cambios de Temperatura



CIMMYT

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

CIMMYT

Modelos de Circulación Global

LASG, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences	LASG-IAP	FGOALS-gl 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

CIMMYT

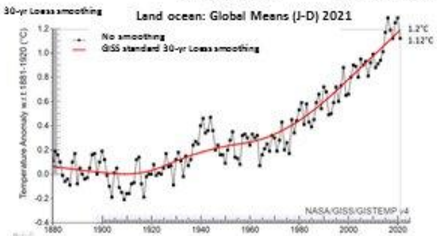
Vamos en mal camino

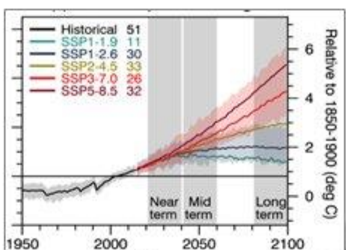
Global warming is tracking the worst-case scenario

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

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

2021 annual average 1.12°C
30-year Loess smoothing 1.2C

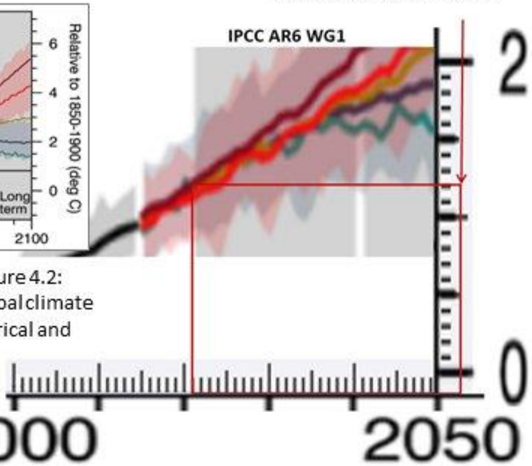




IPCC, 2021, AR6, WG1Figure 4.2: Selected indicators of global climate change from CMIP6 historical and scenario simulations

RCP 8.5 at 2021 is 1.2°C
according to IPCC AR6 WG1

2021 RCP8.5: 1.2°C

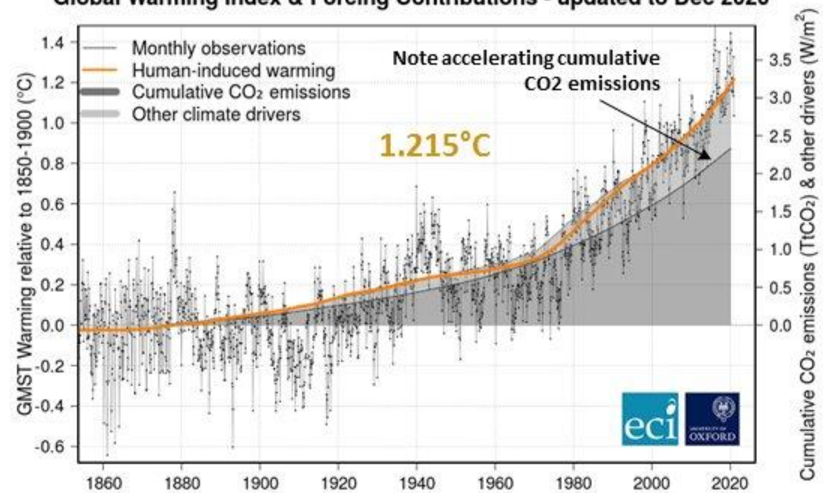


1. **The global warming index is from emissions only**
2. **Latest global warming Index 21 Feb. 2021 is 1.244°C**
3. **The December 2021 Index was 1.215°C (below)**
   2021 was under a cooling La Nina, explaining why some results were lower than the Berkeley Earth 1.2°C

Human-induced warming: +1.244581093 °C

on Mon. 21 Feb 2022 23:43:49 GMT

Global Warming Index & Forcing Contributions - updated to Dec 2020

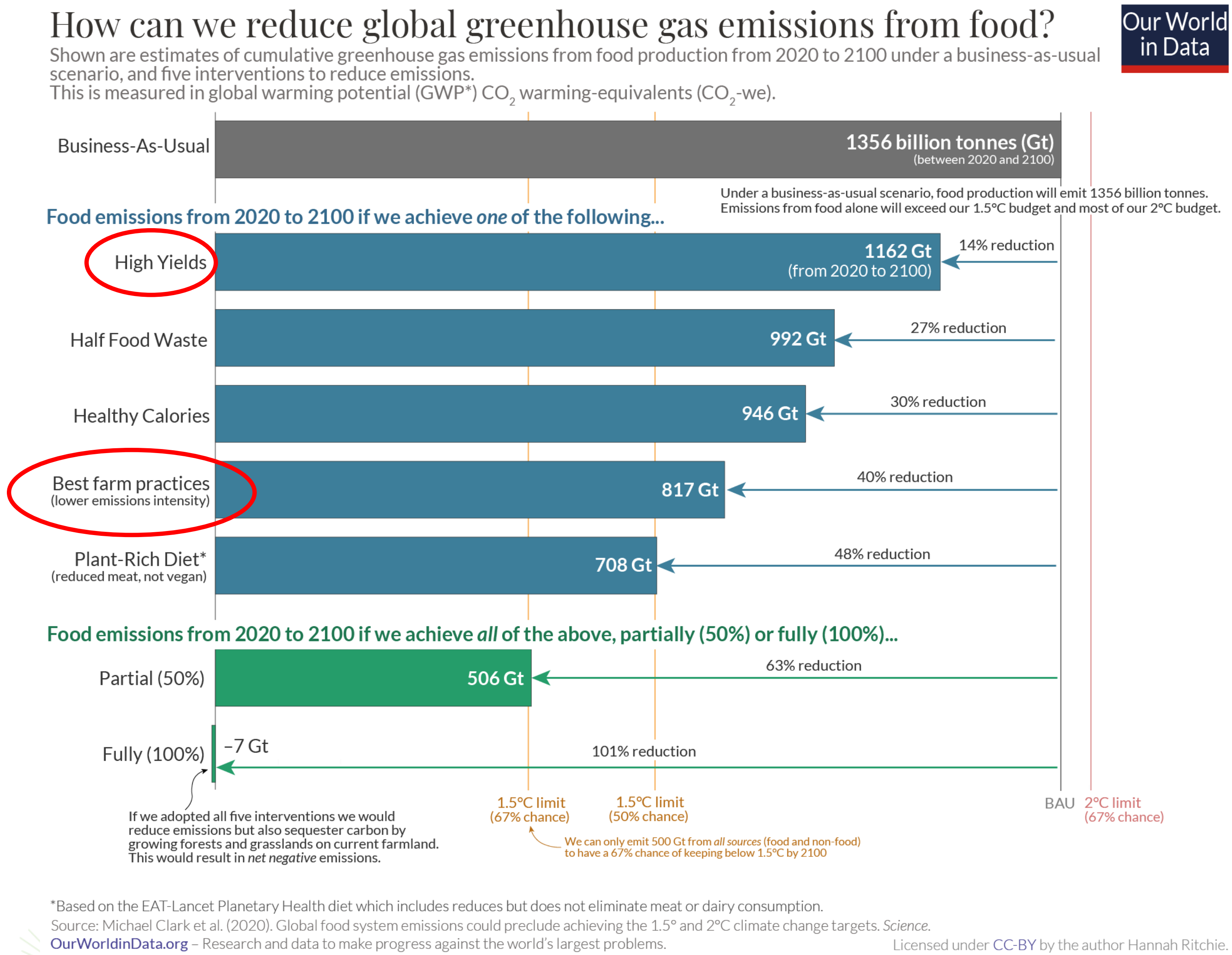


Globalwarmingindex.org is provided by the Oxford of University Environmental Change Institute and the University of Leeds Priestley International Centre for Climate.

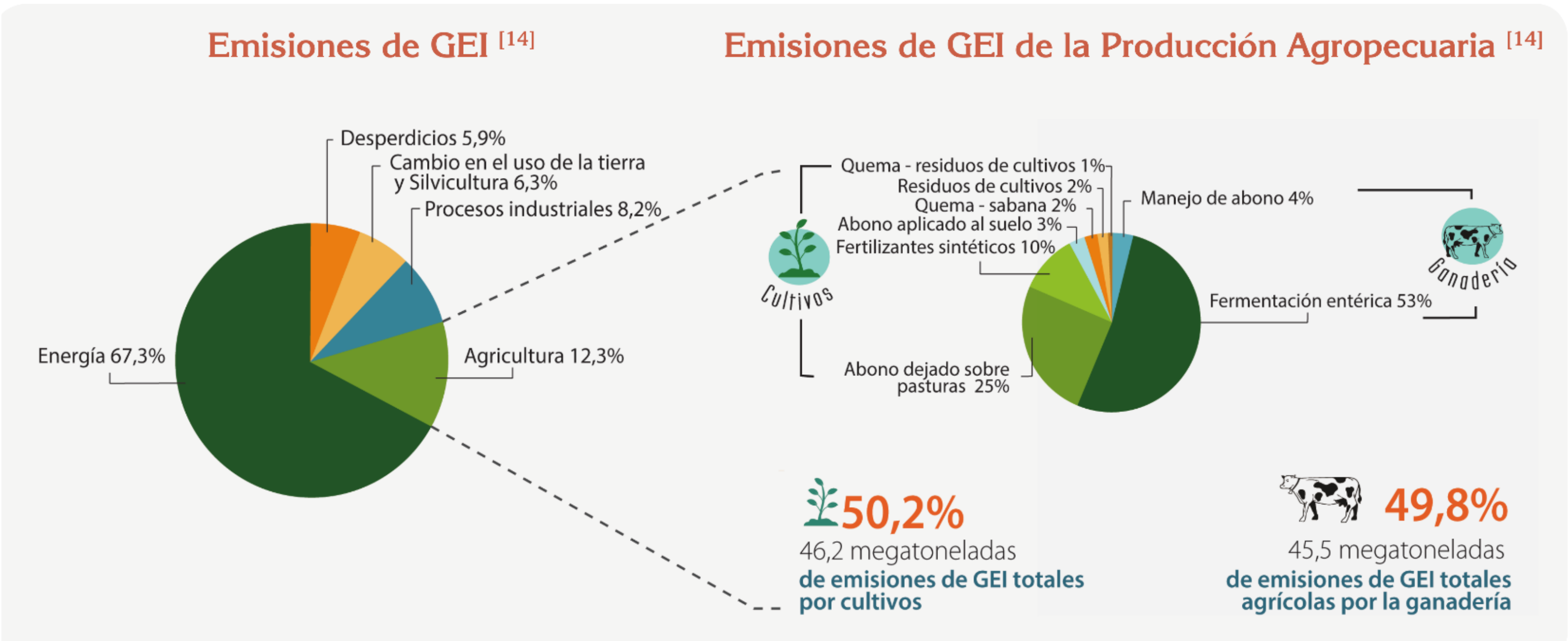
globalwarmingindex.org

Peter Carter, Climate Emergency Institute

Pero hay algunas opciones

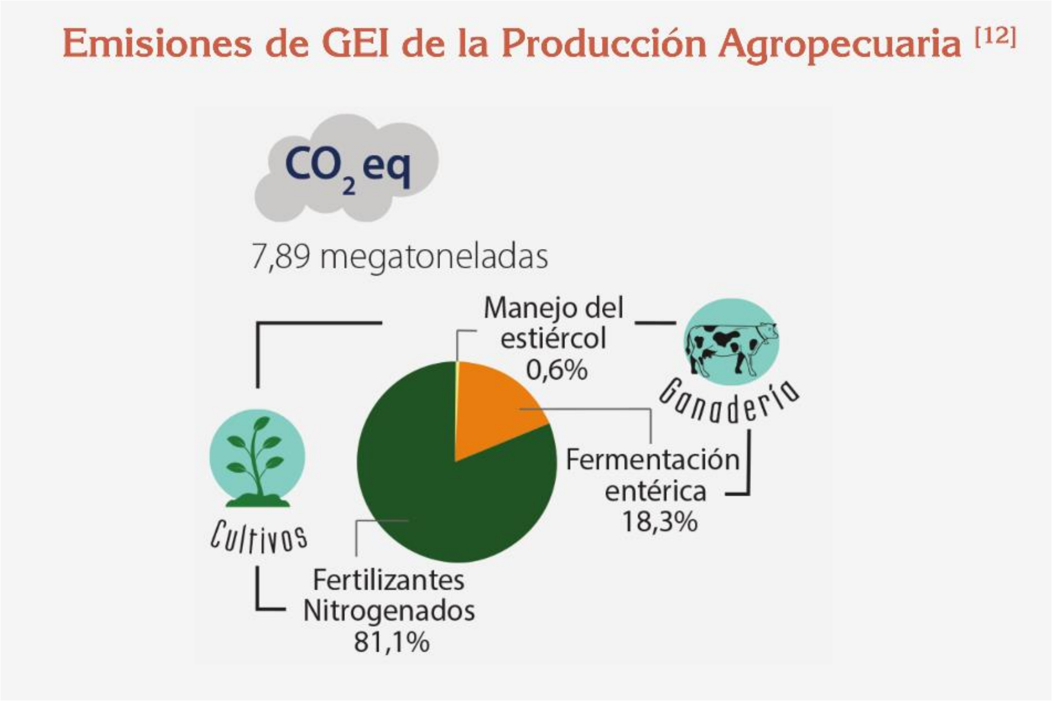


Emisiones a nivel Mexico



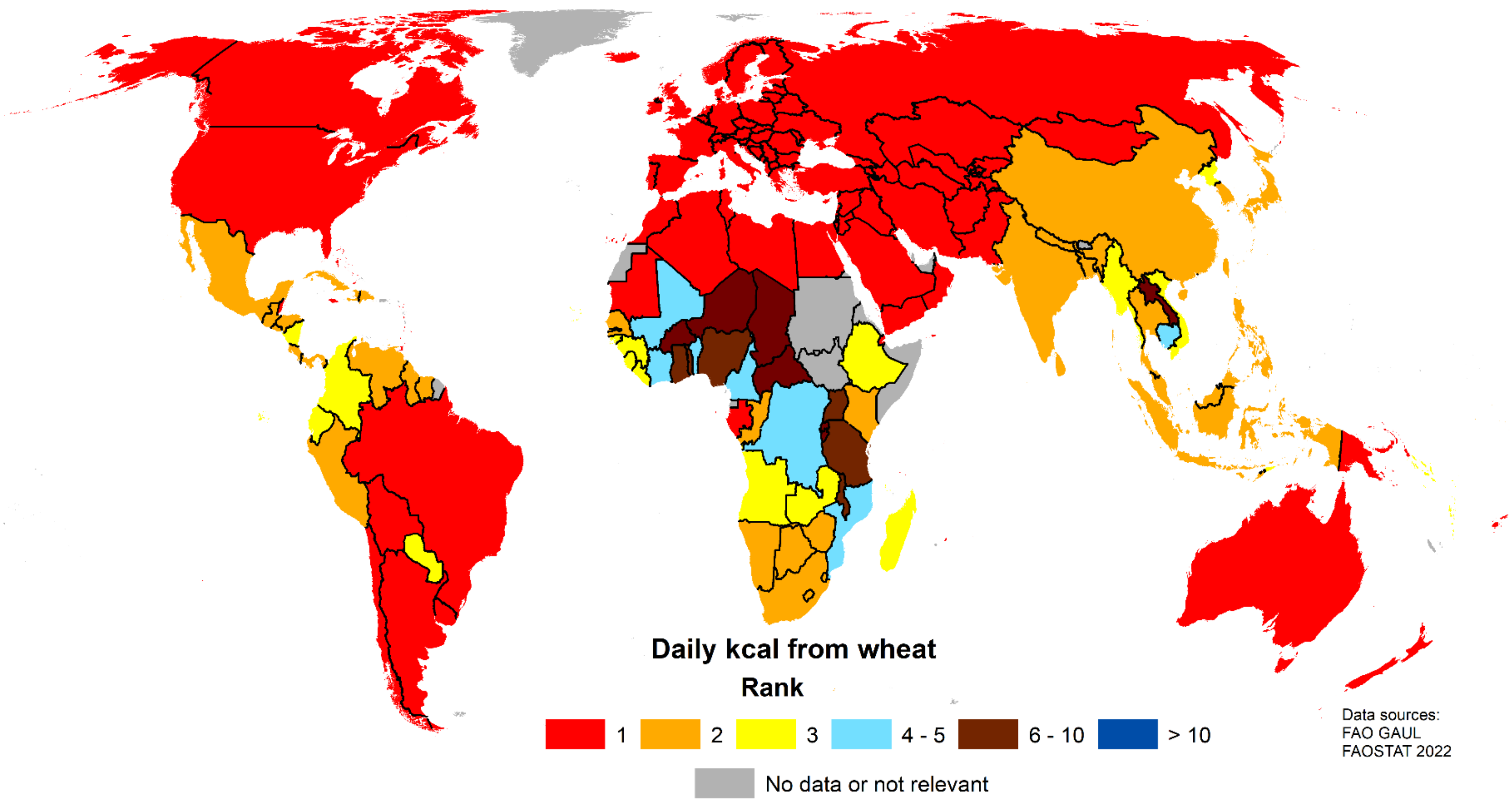
CIAT CCAFS, CATIE

Emisiones a nivel Sinaloa

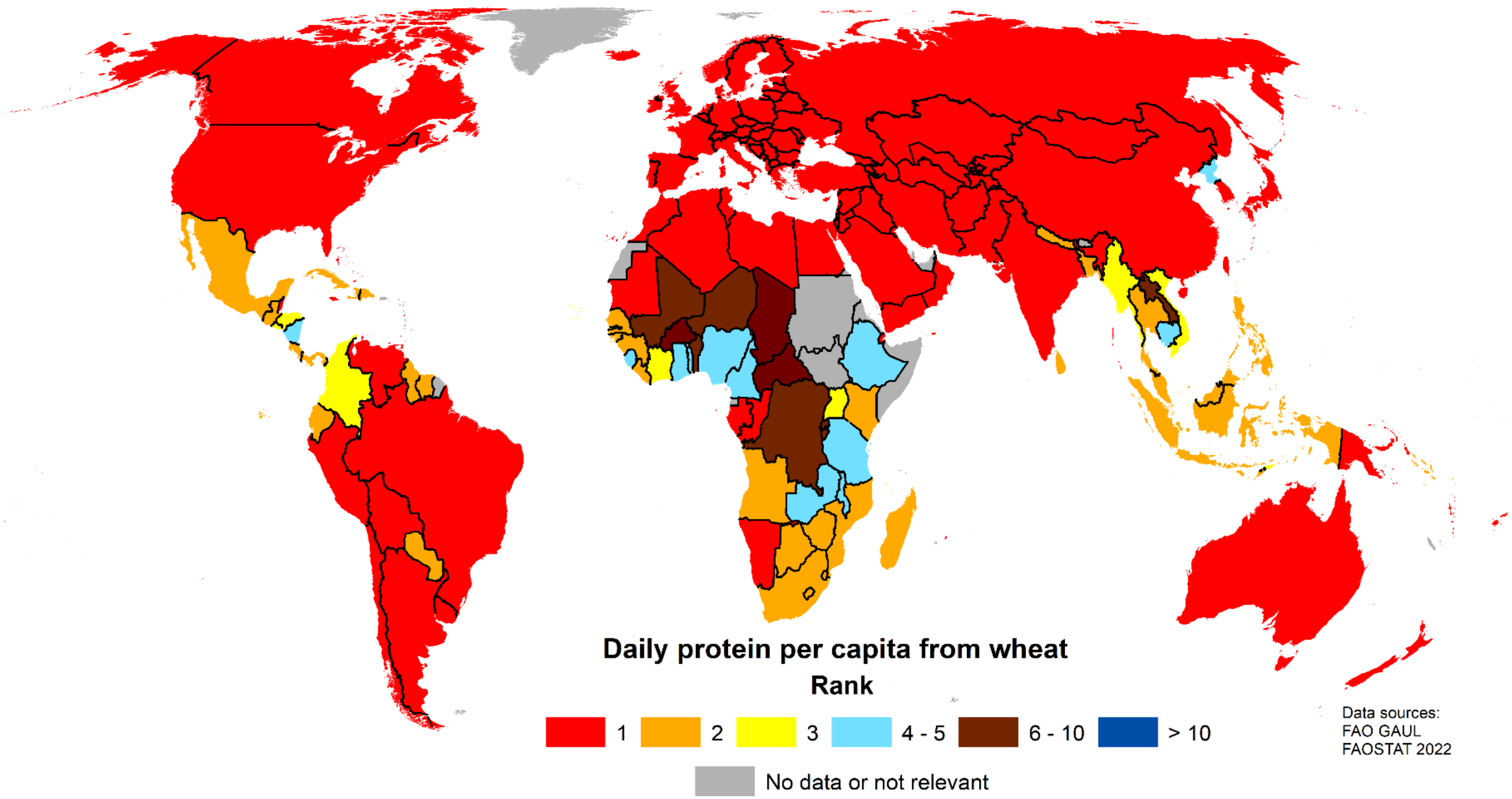


CIAT CCAFS, CATIE

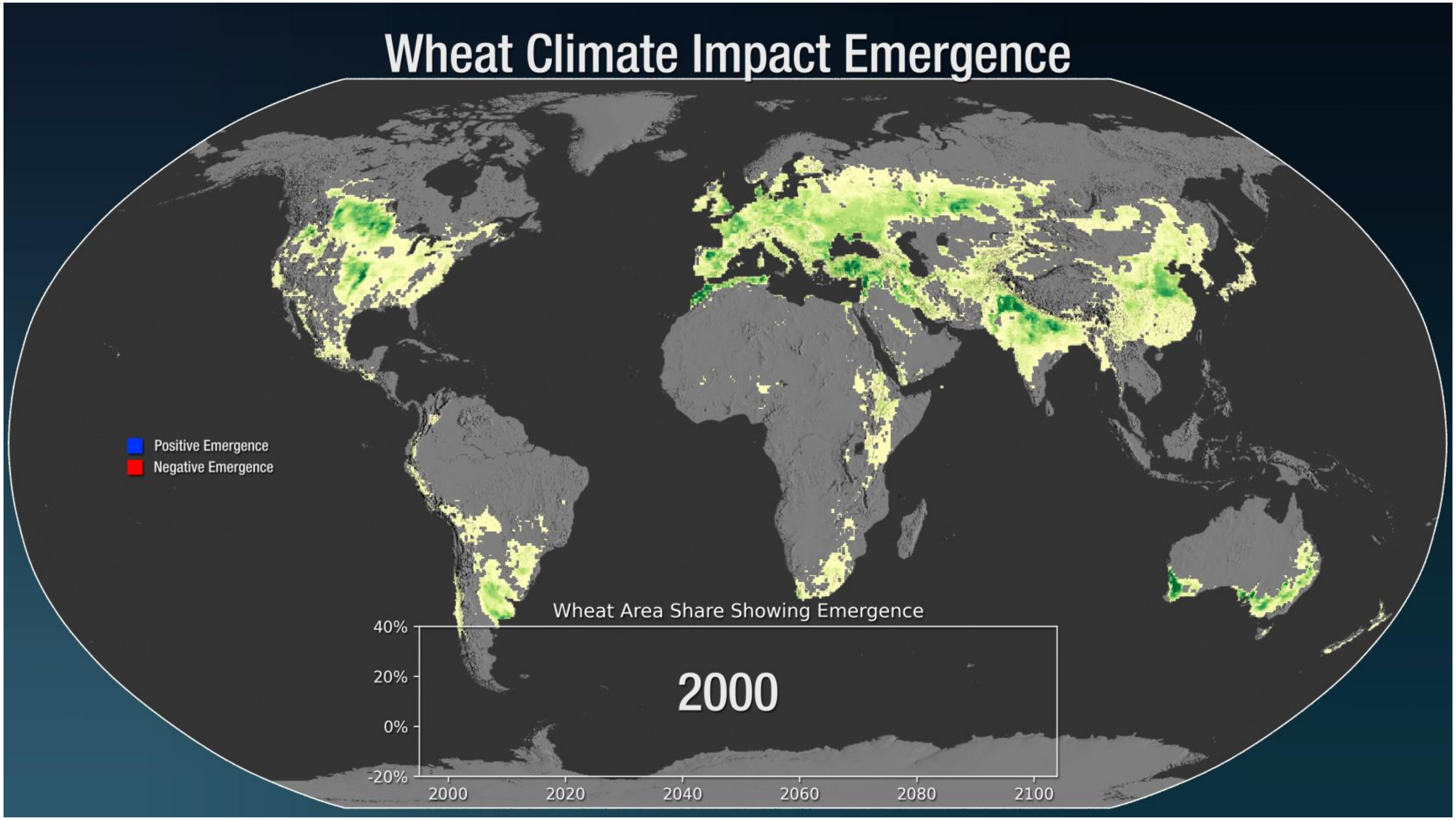
Importancia Trigo energía diaria



Importancia Trigo proteína diaria

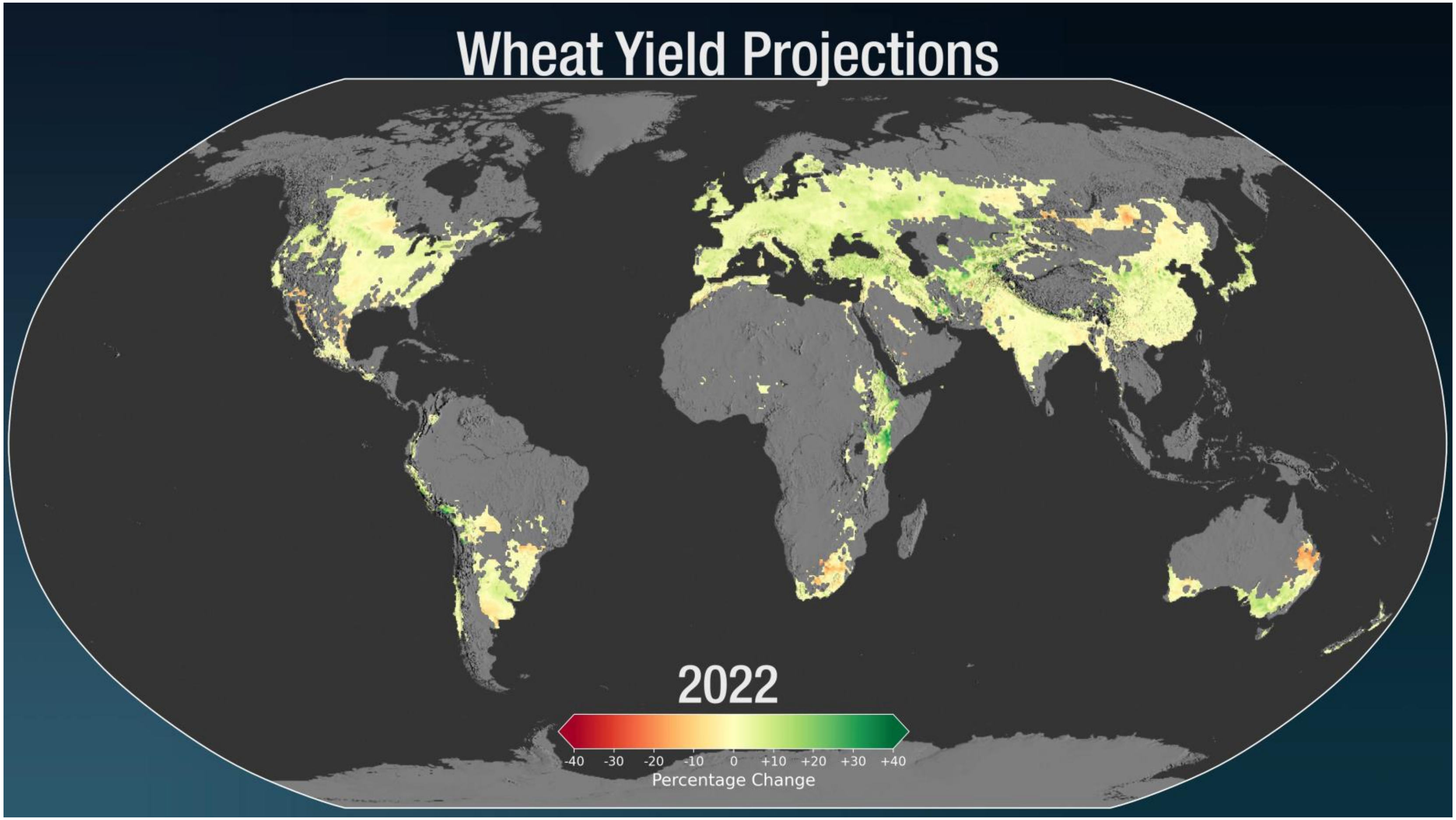


Emergencia cambios positivos o negativos para trigo



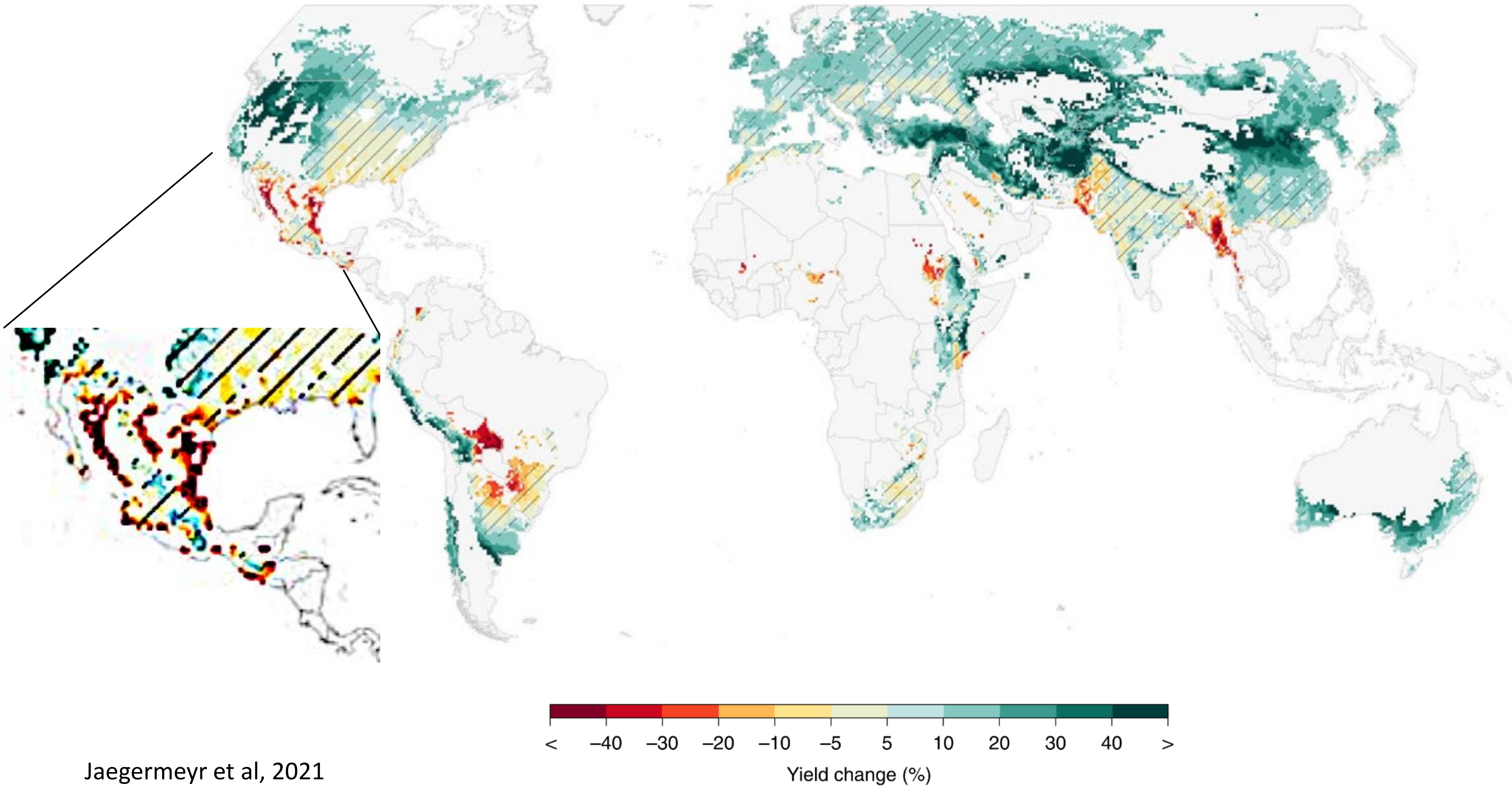
Jaegermeyr et al, 2021
Nature

Impacto de cambios positivos o negativos para rendimiento de trigo



Jaegermeyr et al, 2021
Nature

Impacto de cambios positivos o negativos para rendimiento de trigo



Jaegermeyr et al, 2021
Nature

CIMMYT

Impacto sobre producción de trigo en Jalisco, Ciénaga de Chapala

Zarazua-Villaseñor et al., 2015

Cuadro 1. Escenarios futuros estimados de algunos parámetros agroclimáticos del ciclo otoño-invierno en la región de estudio.

Parámetro agroclimático	Ciclo otoño-invierno								
	1977-2006	2019-2020	2029-2030	2039-2040	2049-2050	2059-2060	2069-2070	2079-2080	2089-2090
Evapotranspiración (mm)	613.6	658.4	666.7	683.8	698.1	715	733.5	753	771.4
Temperatura diurna (°C)	21.4	22.7	22.8	23.4	23.7	24.3	24.8	25.4	26
Temperatura nocturna (°C)	14.4	14.9	14.8	15.1	15.3	15.5	15.8	16.1	16.4
Unidades calor (UC_{Base5})	2330	2504	2502	2575	2623	2694	2767	2853	2923
Lluvia invernal (%)	3.8	3.3	3.8	3.7	2.8	3.1	4.1	3.5	3.7
Horas frío	148	16	26	0	0	0	0	0	0

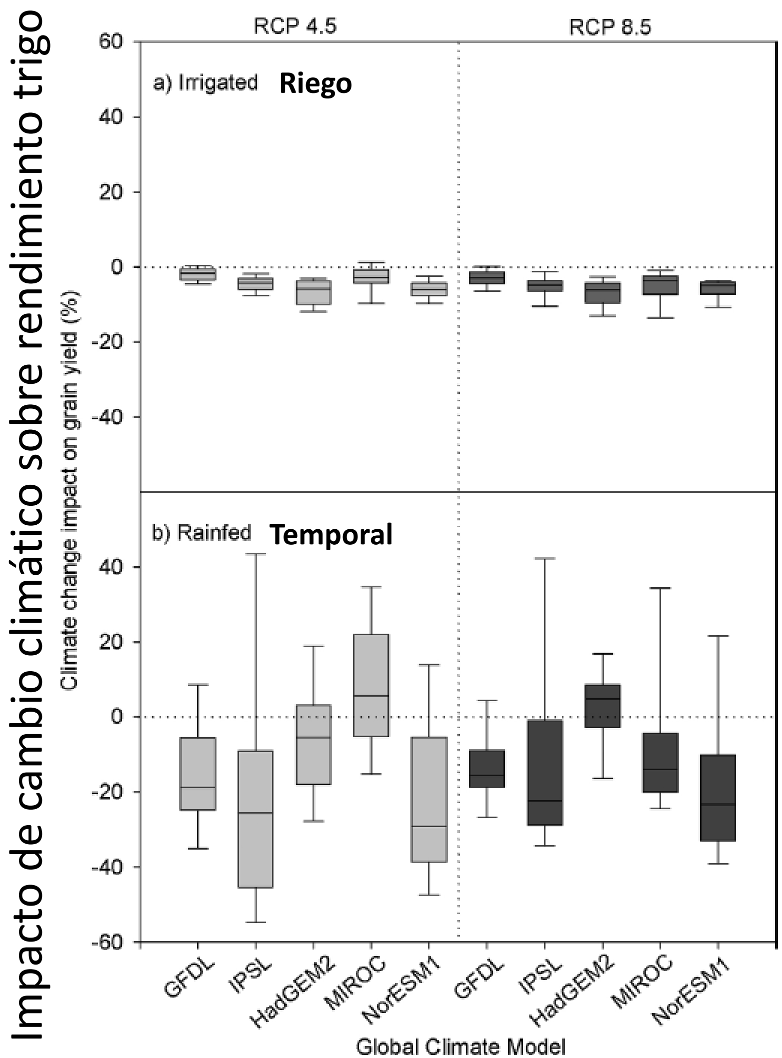
Impacto sobre producción de trigo en Jalisco, Ciénaga de Chapala

Zarazua-Villaseñor et al., 2015

Conclusiones:

- Reducción horas frio
- Aumento temperaturas diurnas y nocturnas
- Aumento de estrés de calor
- Aumento de evapotranspiración

Impacto sobre producción de trigo en México

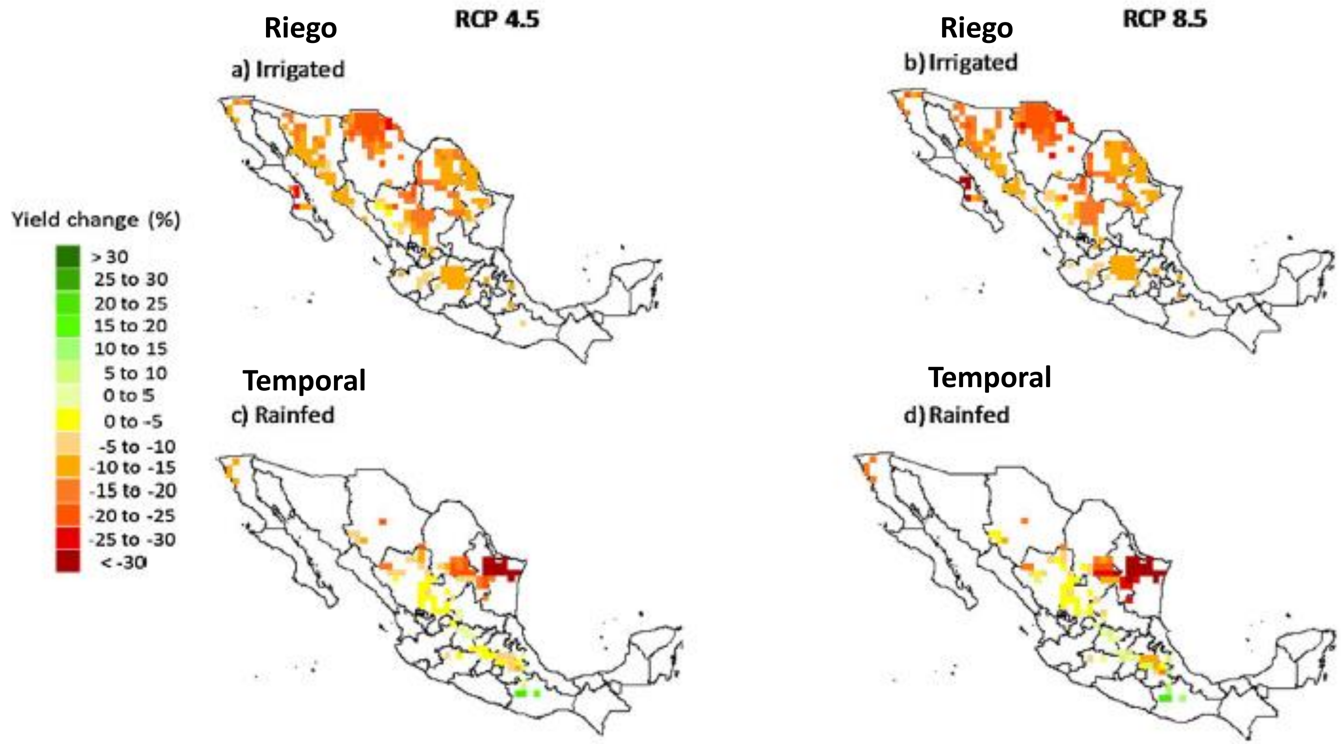


Climate change impact on Mexico wheat production
Hernandez-Ochoa et al., 2018
Agricultural and Forest Meteorology 263 (2018) 373–387

CIMMYT

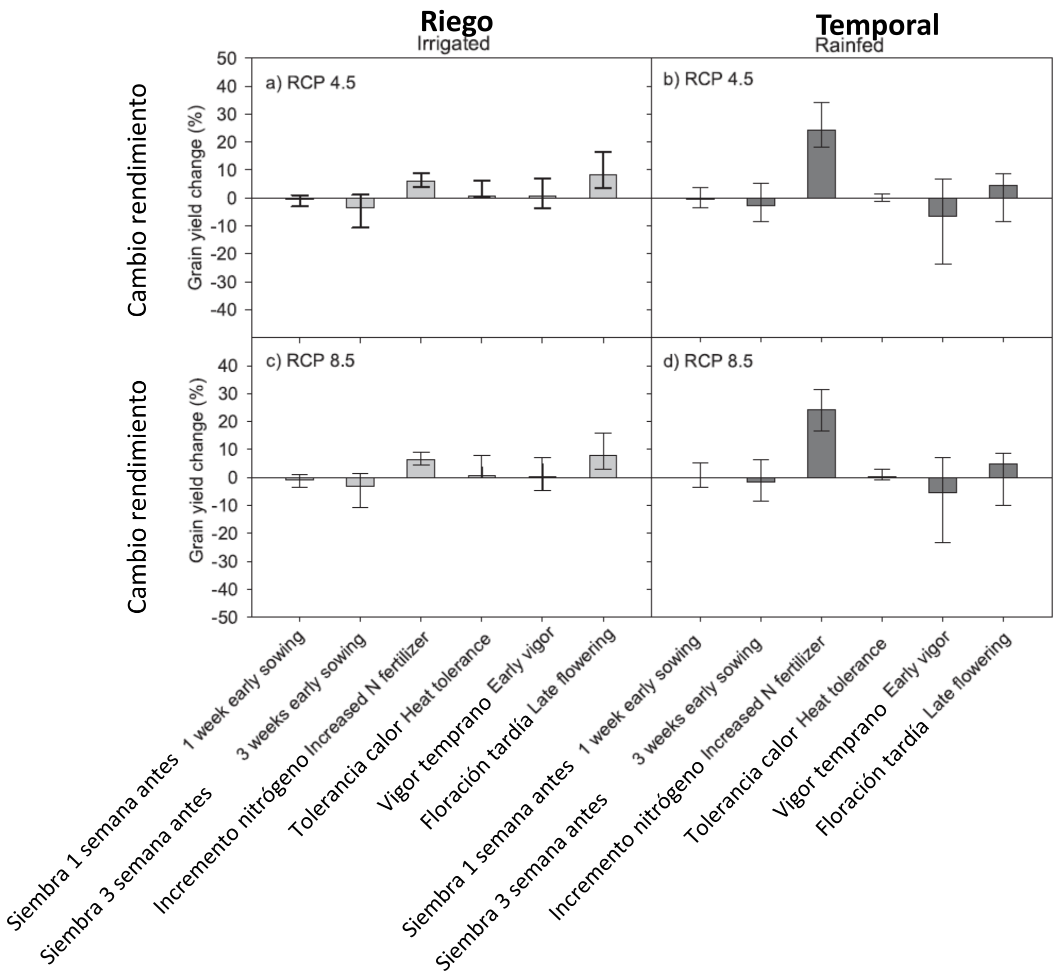
Impacto sobre producción de trigo en México

Cambio rendimiento



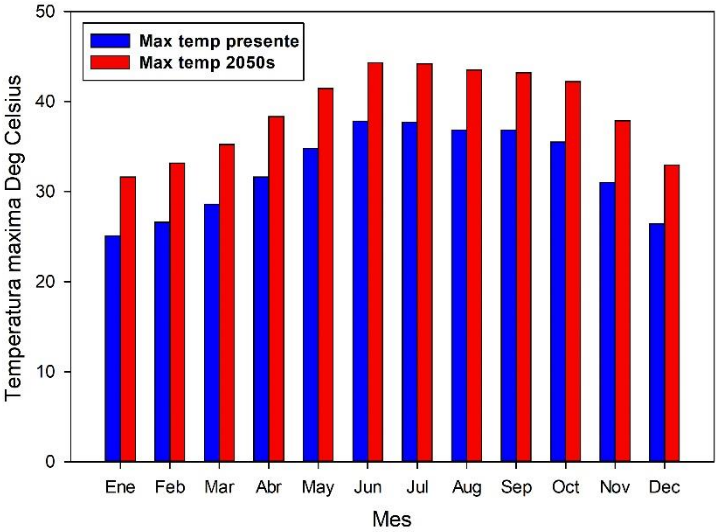
Climate change impact on Mexico wheat production
Hernandez-Ochoa et al., 2018
Agricultural and Forest Meteorology 263 (2018) 373–387

Adaptando producción de trigo en temporal y riego en condiciones semi áridas en México
Manejo y opciones para mejoramiento

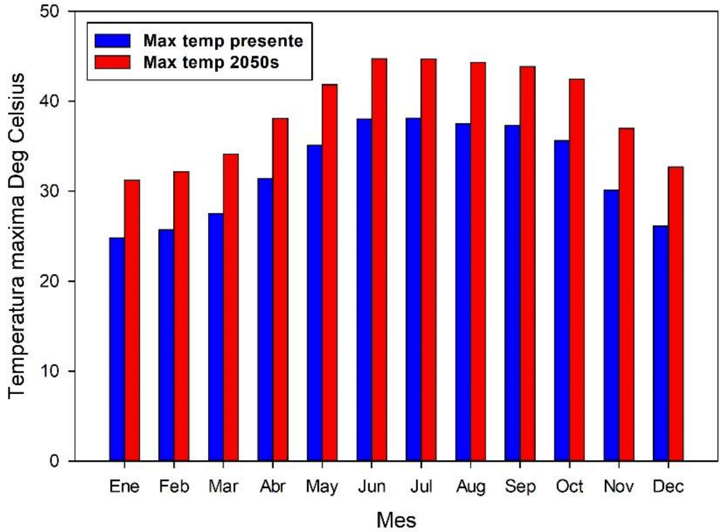


Hernandez-Ochoa et al., 2019
European Journal of Agronomy
Volume 109, September 2019, 125915

Cambios temperatura máxima

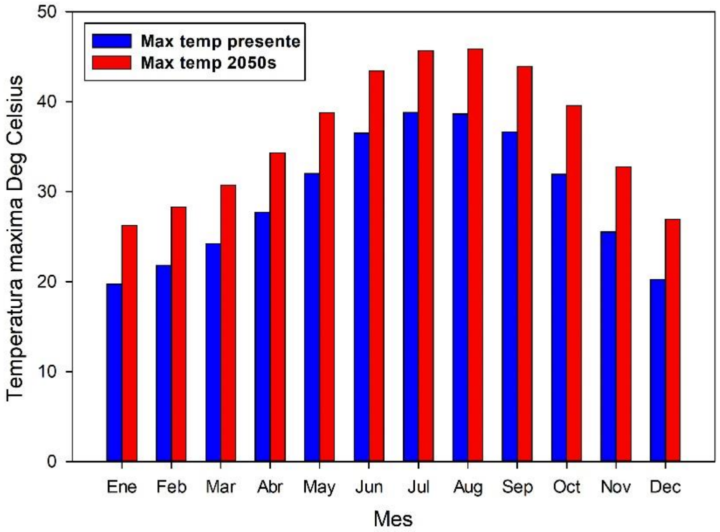


Ciudad Obregon, Sonora



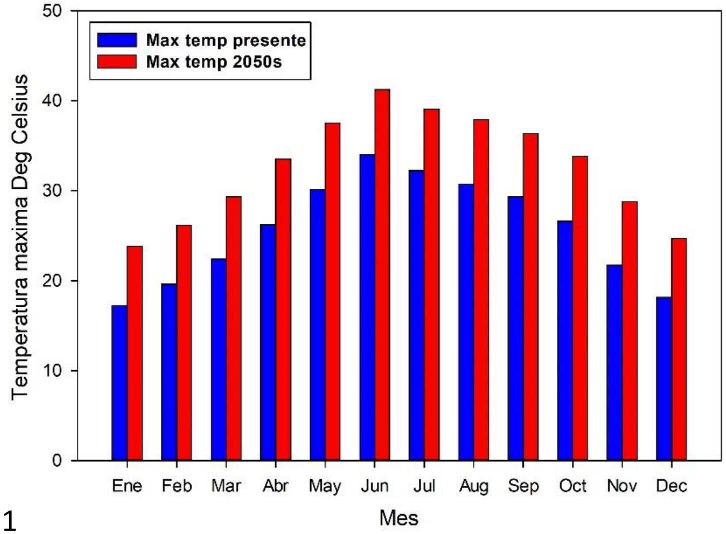
El Carrizo, Sinaloa

CMIP 6 Ensemble
RCP 8.5



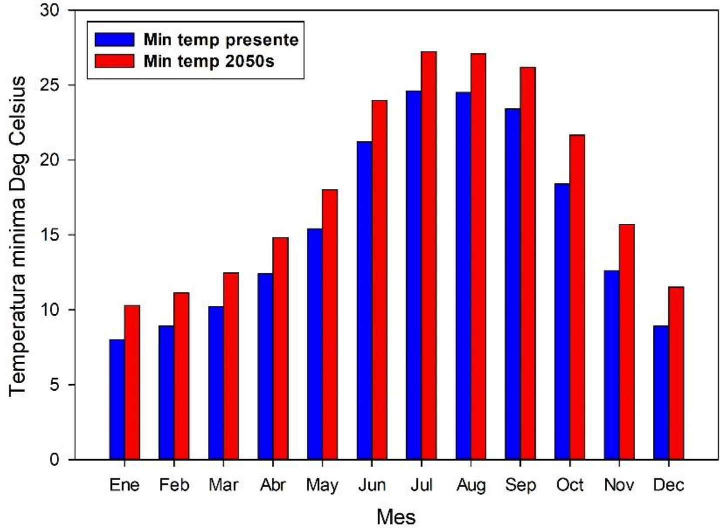
Mexicali, Baja California

Worlclim 2.1

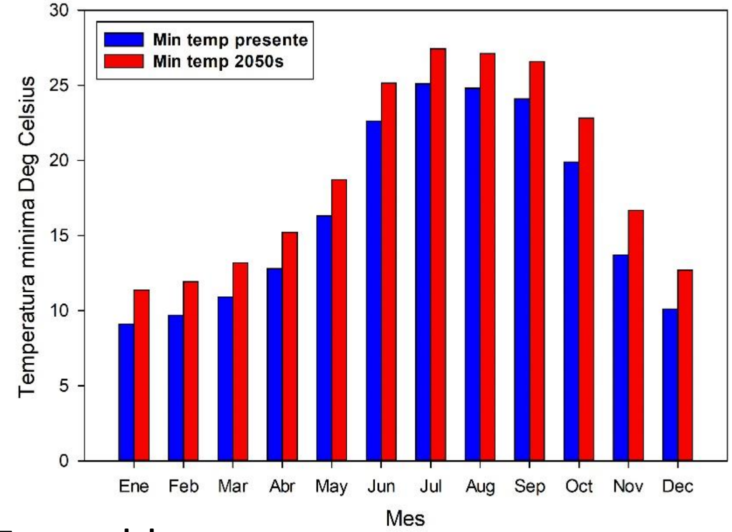


Buenaventura, Chichuahua

Cambios temperatura mínima

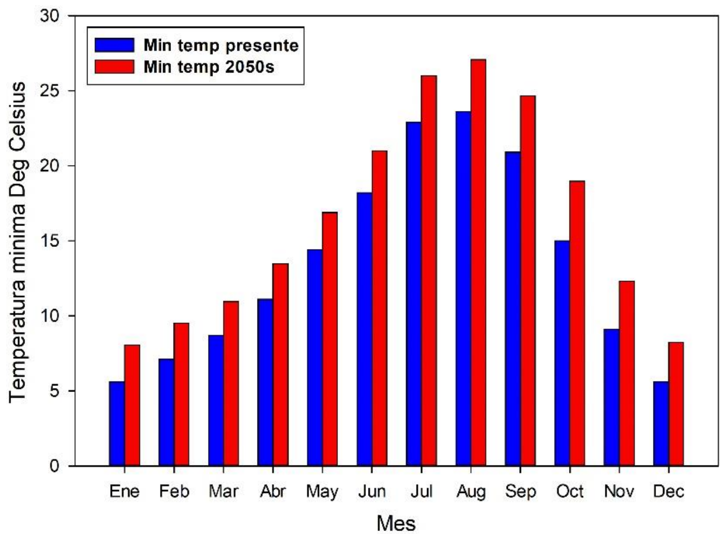


Ciudad Obregon, Sonora

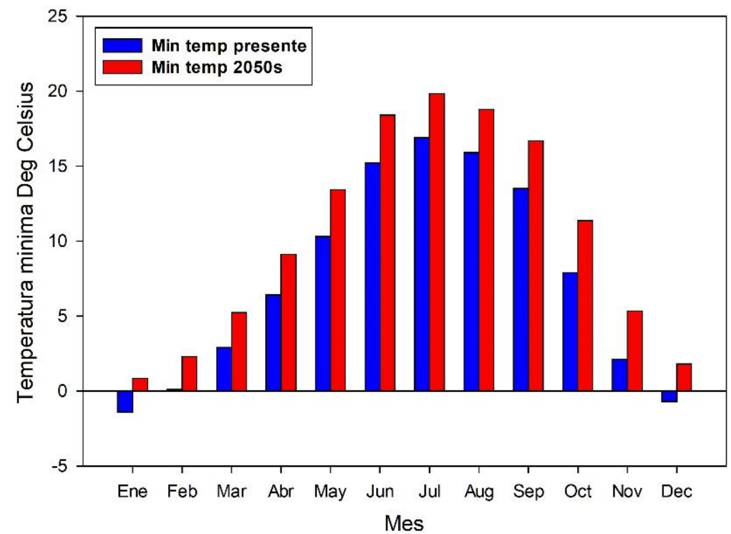


El Carrizo, Sinaloa

CMIP 6 Ensemble
RCP 8.5



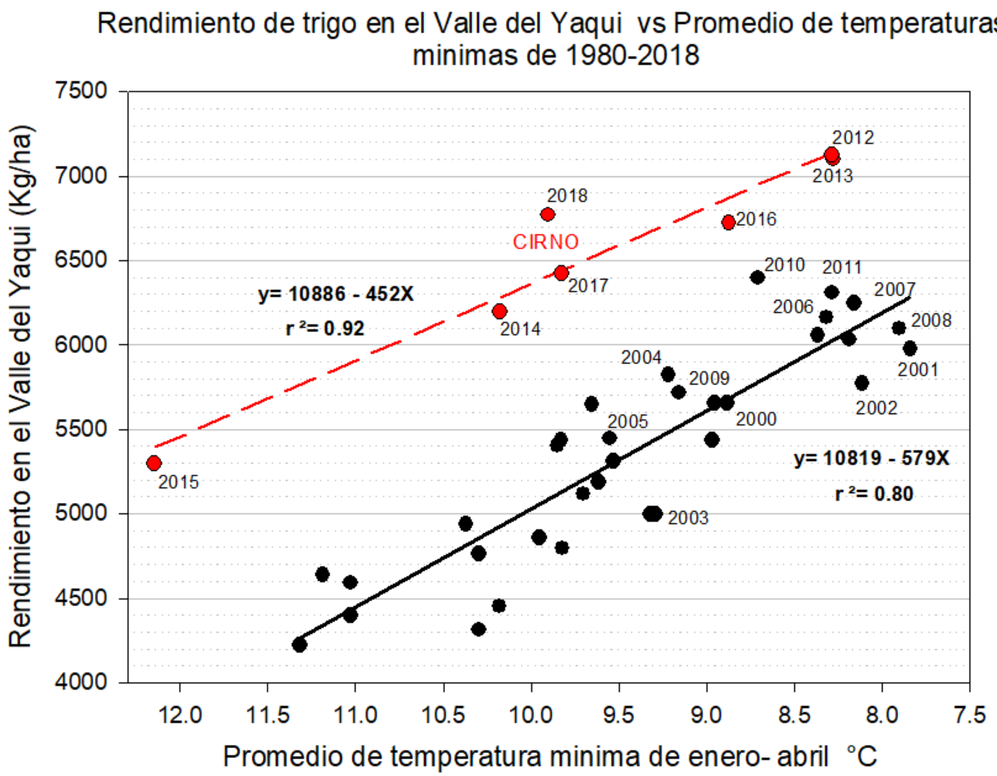
Mexicali, Baja California



Buenaventura, Chichuahua

Worlclim 2.1

Adaptando al Cambio Climático: Trigo tolerante al calor muestra su valor en campos de productores en México

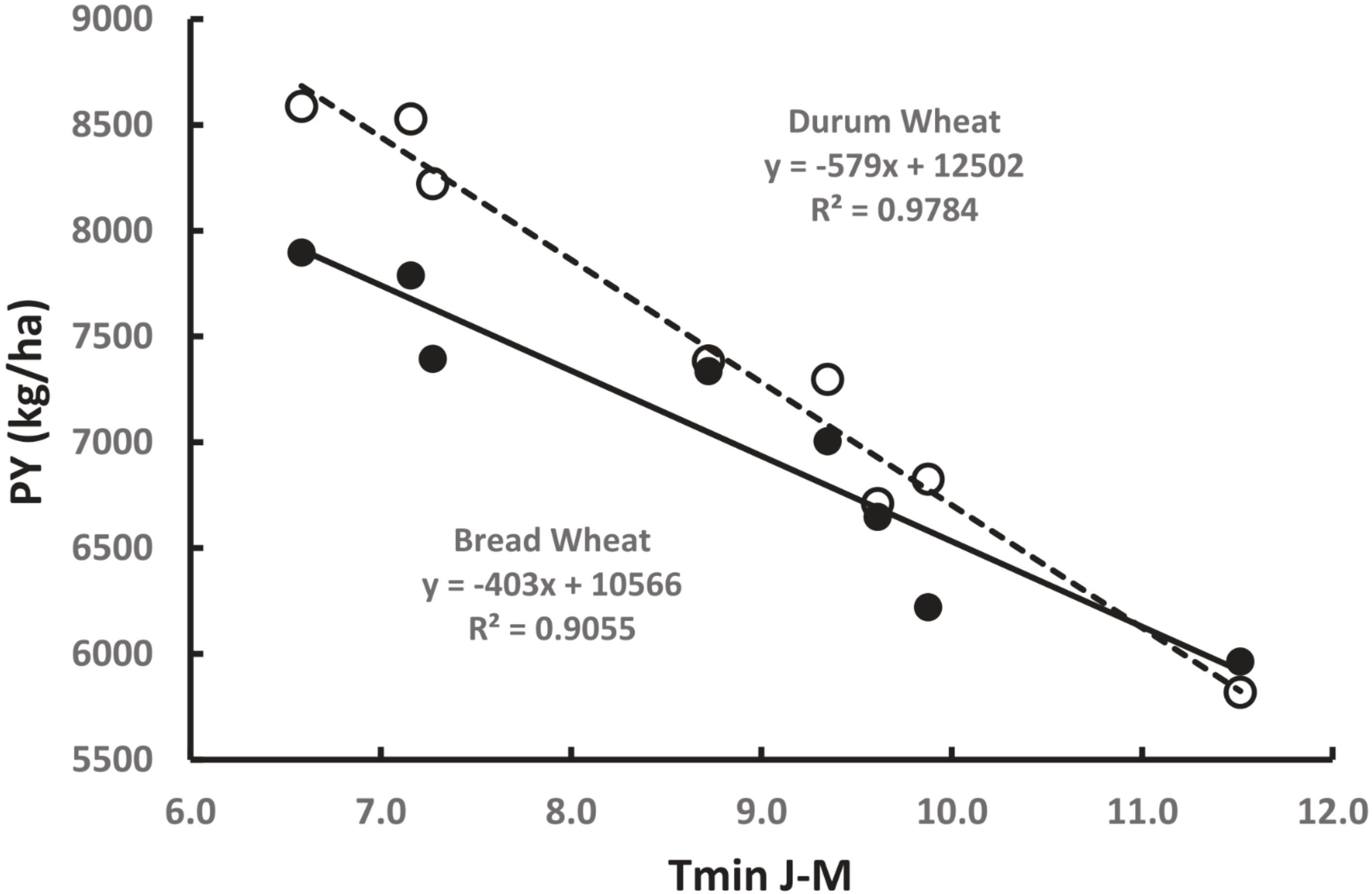


Ortíz-Monasterio, Braun y Lobell, 2018

1^0C incremento = 700 kg menos rendimiento

CIMMYT

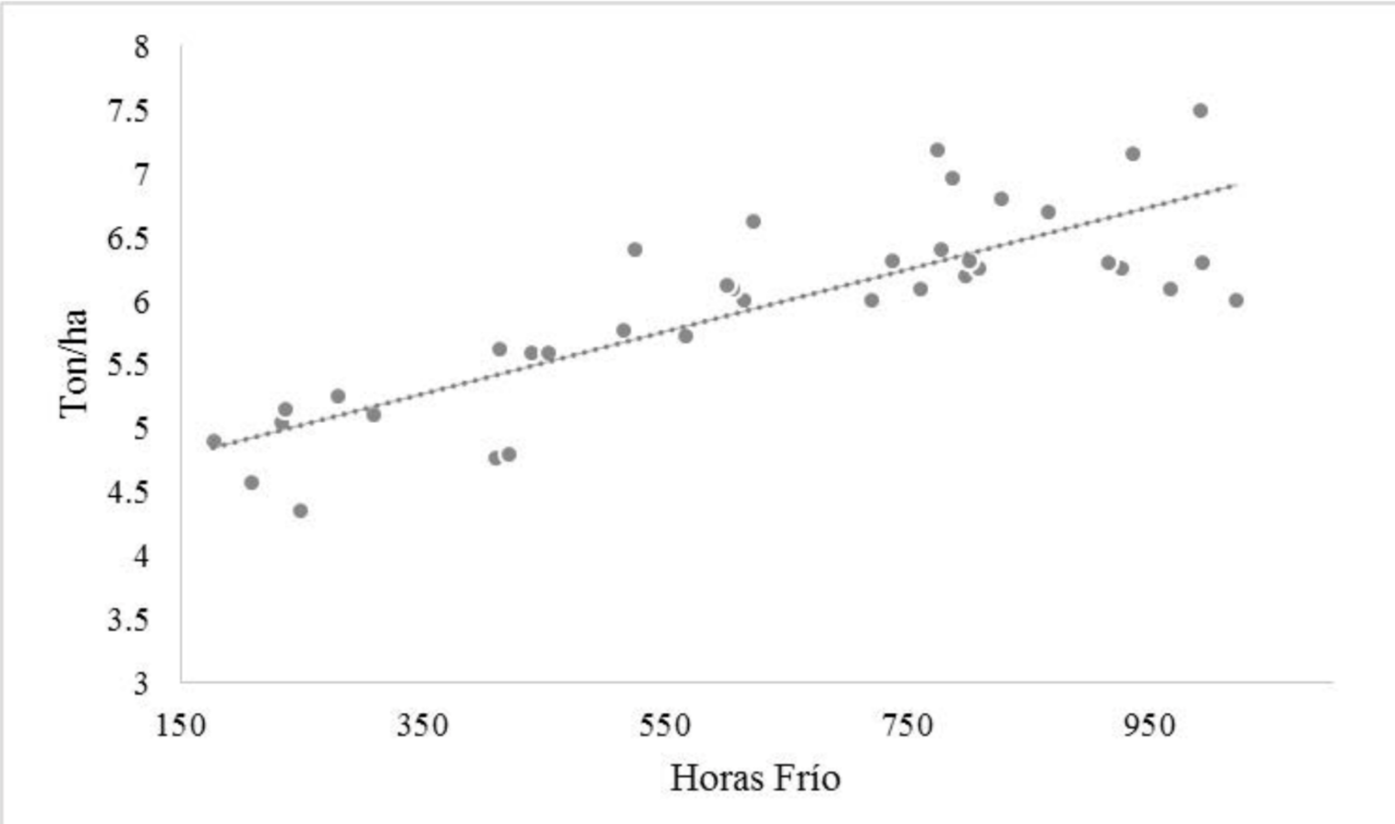
60 años de rendimientos de trigo bajo riego en el Valle del Yaqui



Fischer et al., 2022

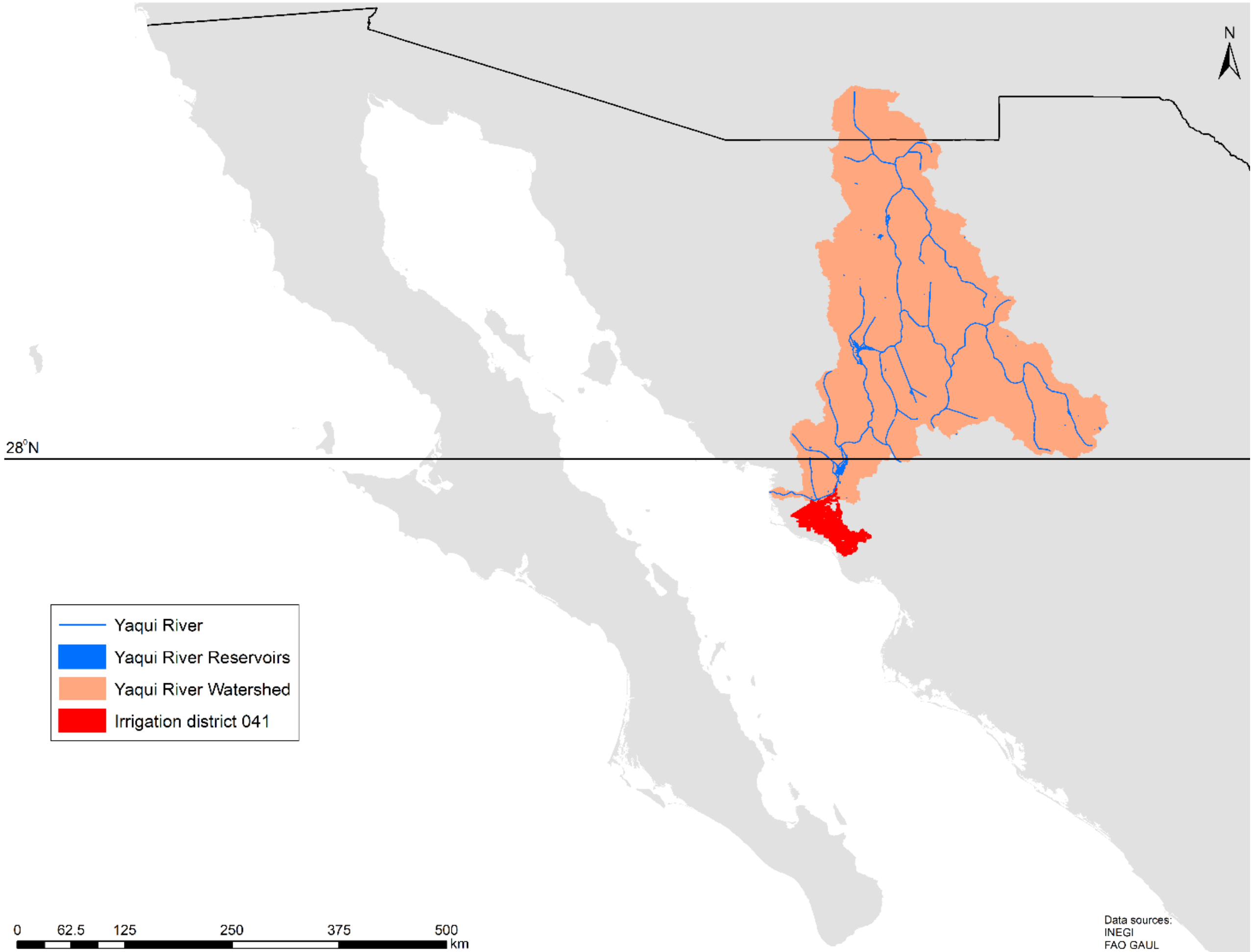
Impacto de calentamiento sobre rendimientos de trigo

Figura 4. Relación entre rendimiento productivo de trigo y horas frío registradas



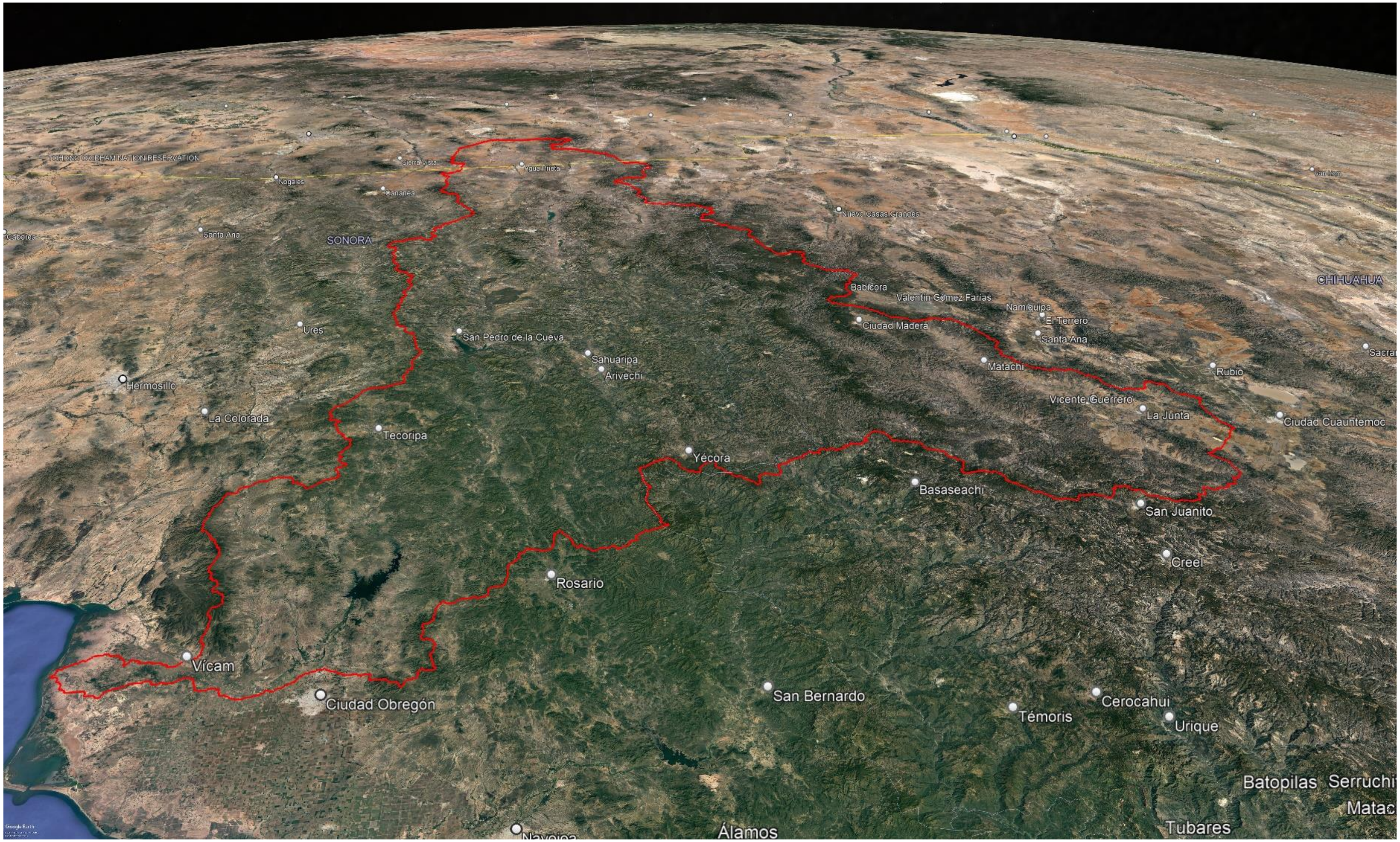
Moreno Dena et al., 2018

CIMMYT


N
28°N
Yaqui River
Yaqui River Reservoirs
Yaqui River Watershed
Irrigation district 041
0
62.5
125
250
375
500
km
Data sources:
INEGI
FAO GAUL

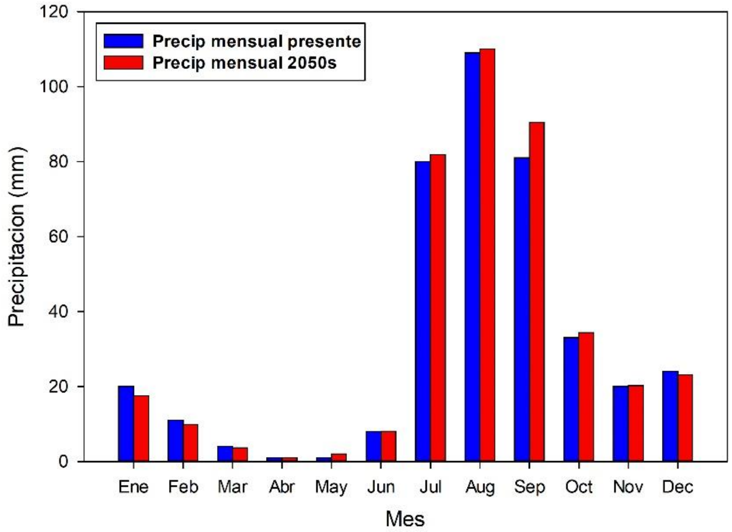
CIMMYT

Rio Yaqui

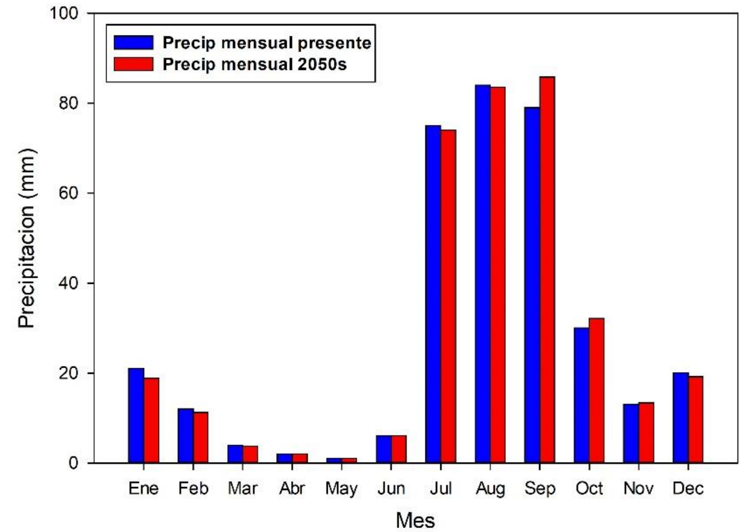


CIMMYT

Cambios precipitación

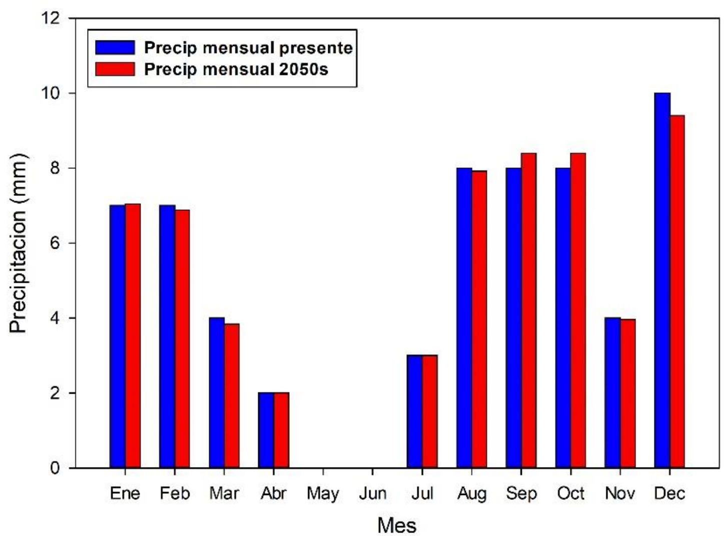


Ciudad Obregon, Sonora

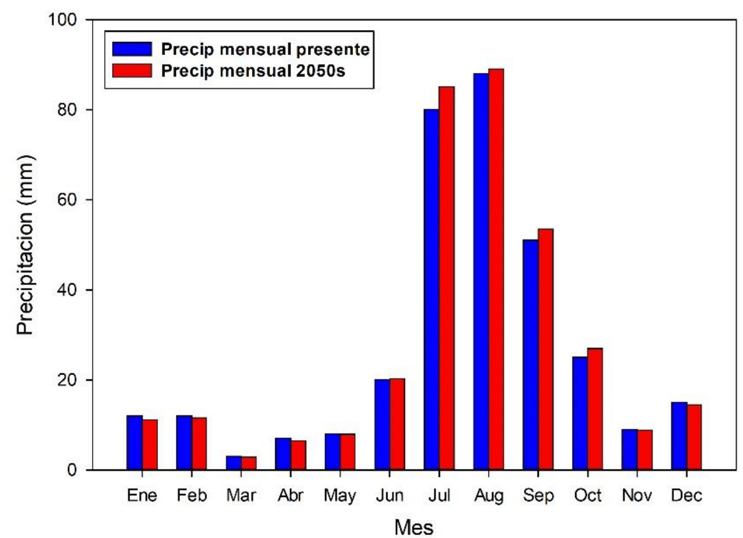


El Carrizo, Sinaloa

CMIP 6 Ensemble
RCP 8.5



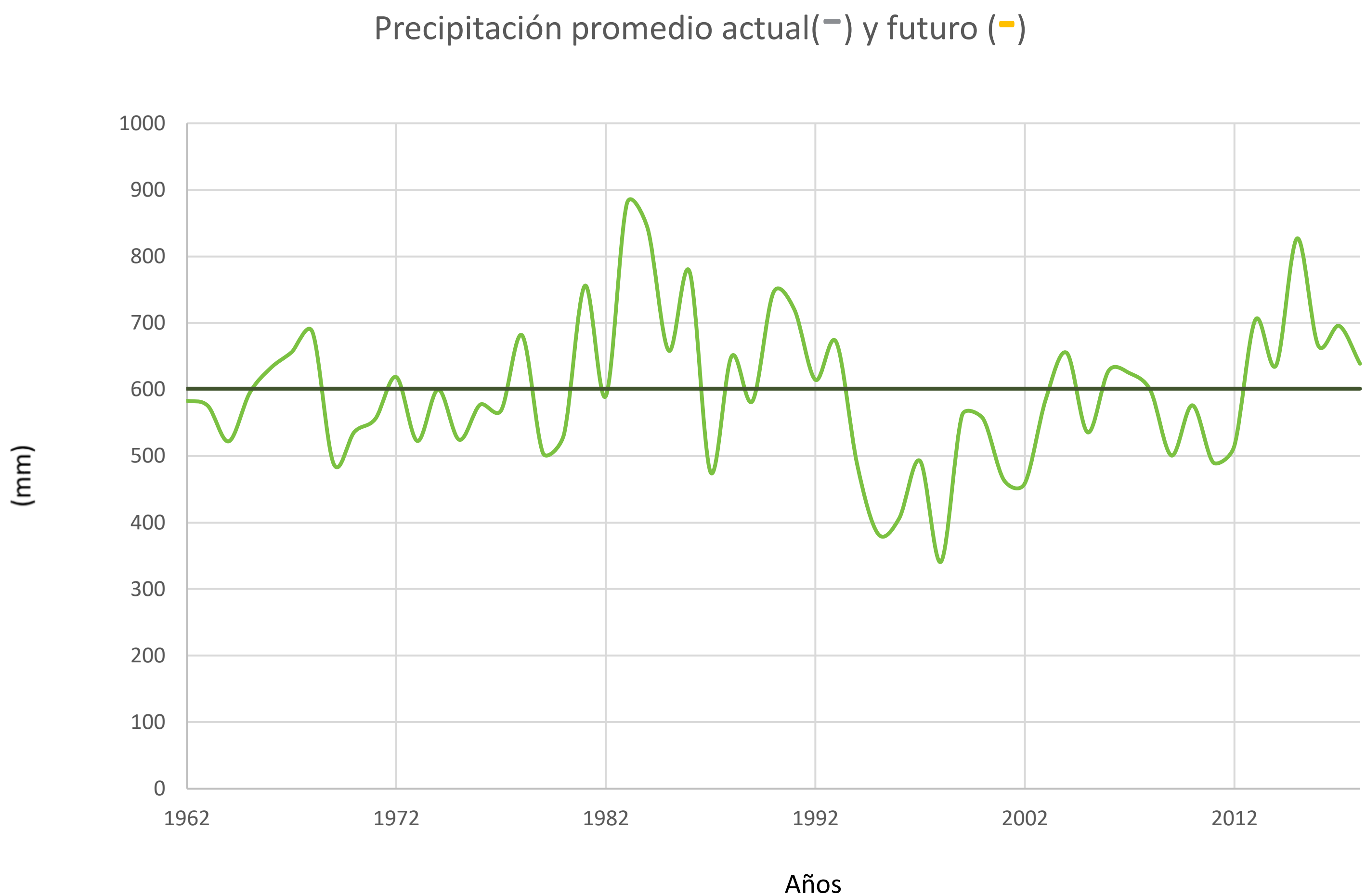
Mexicali, Baja California



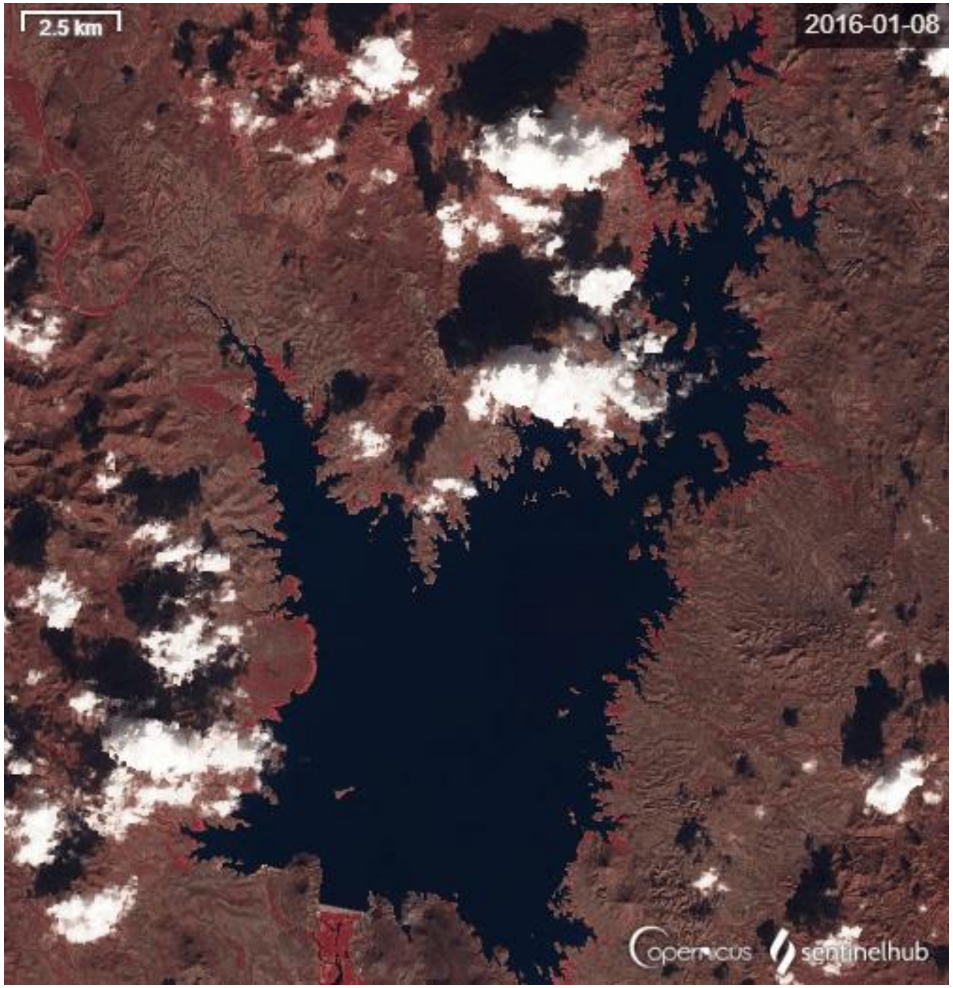
Buenaventura, Chichuahua

Worlclim 2.1

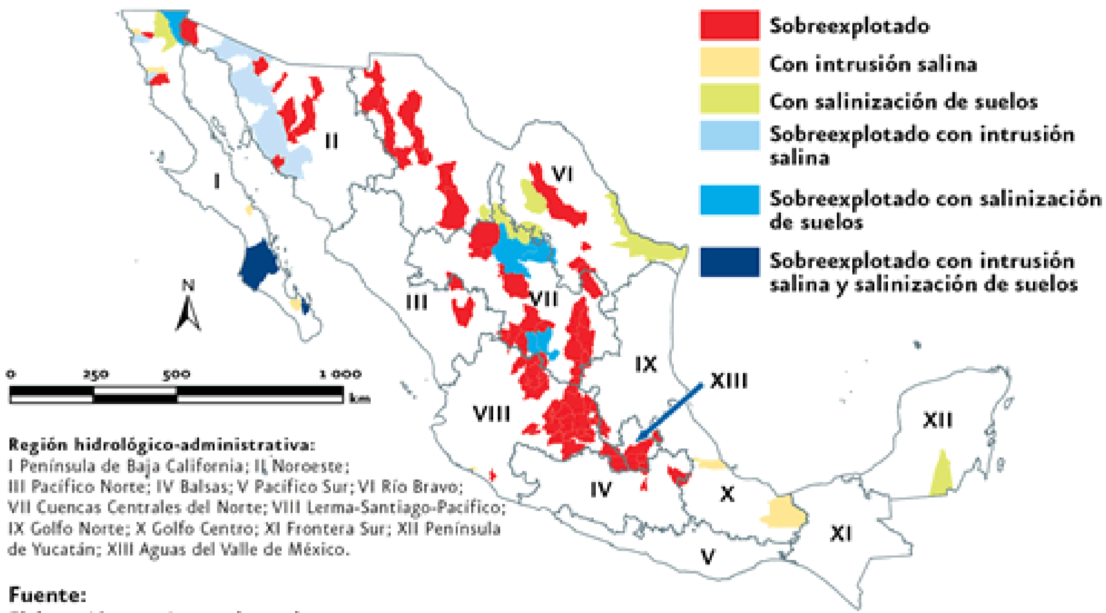
Cambios precipitación largo plazo



El Oviachic



Sobre Explotación de Acuíferos



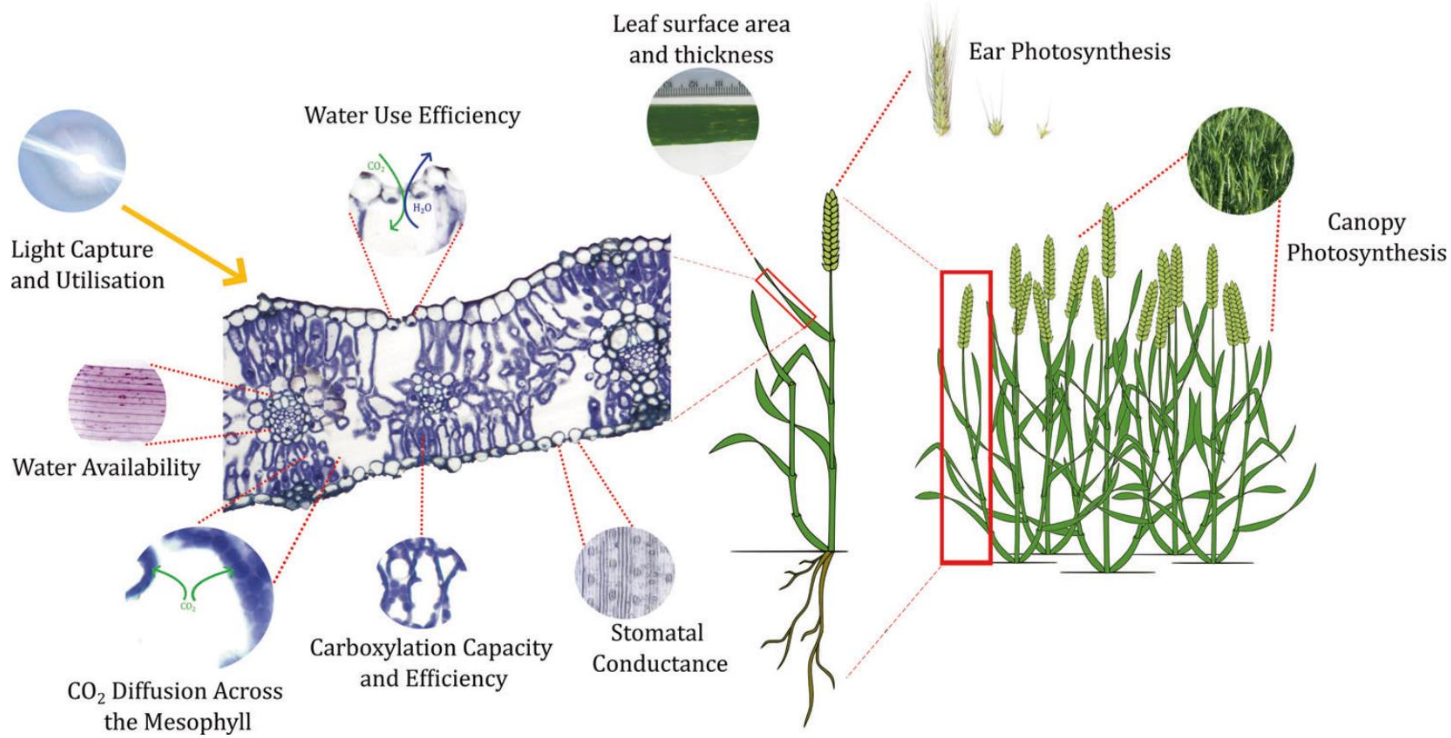
Región hidrológico-administrativa:
I Península de Baja California; II Noroeste; III Pacífico Norte; IV Balsas; V Pacífico Sur; VI Río Bravo; VII Cuencas Centrales del Norte; VIII Lerma-Santiago-Pacífico; IX Golfo Norte; X Golfo Centro; XI Frontera Sur; XII Península de Yucatán; XIII Aguas del Valle de México.

Fuente:
Elaboración propia con datos de:
Conagua. *Estadísticas del Agua en México, 2008*. México. 2008.

Número de RHA	Número de acuíferos				Recarga media (hm³)
	Total	Sobreexplotado	Con intrusión marina	Bajo el fenómeno de salinización de suelos y aguas subterráneas salobres	
I	88	14	11	5	1 658
II	62	10	5		3 207
III	24	2			3 076
IV	45	1			4 873
V	36				1 936
VI	102	18		8	5 935
VII	65	23		18	2 376
VIII	128	32			9 656
IX	40	1			4 108
X	22				4 599
XI	23				22 718
XII	4		2	1	25 316
XIII	14	4			2 330
Total	**653**	**105**	**18**	**32**	**91 788**

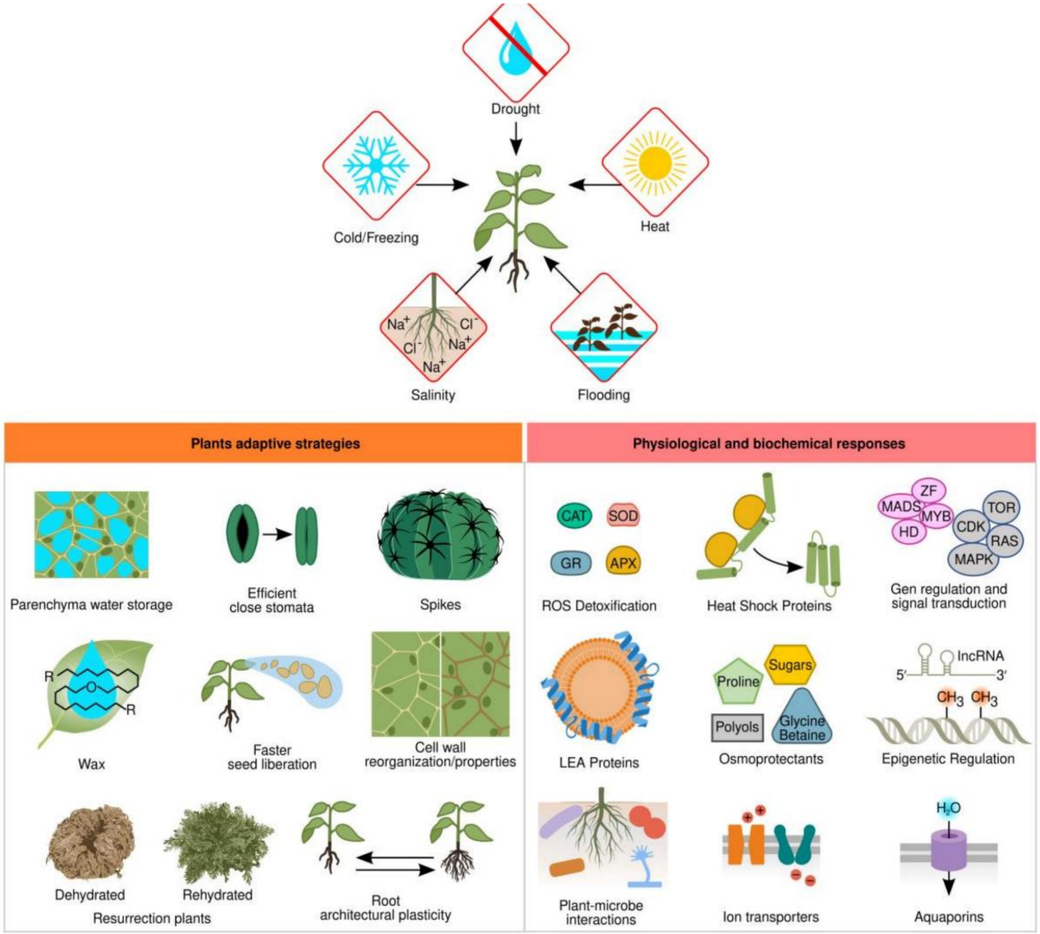
Fuente: Conagua (2016b).

Usar la variación de adaptación a estrés abiótico de especies progenitoras de trigo en el mejoramiento



Leigh et al., 2022

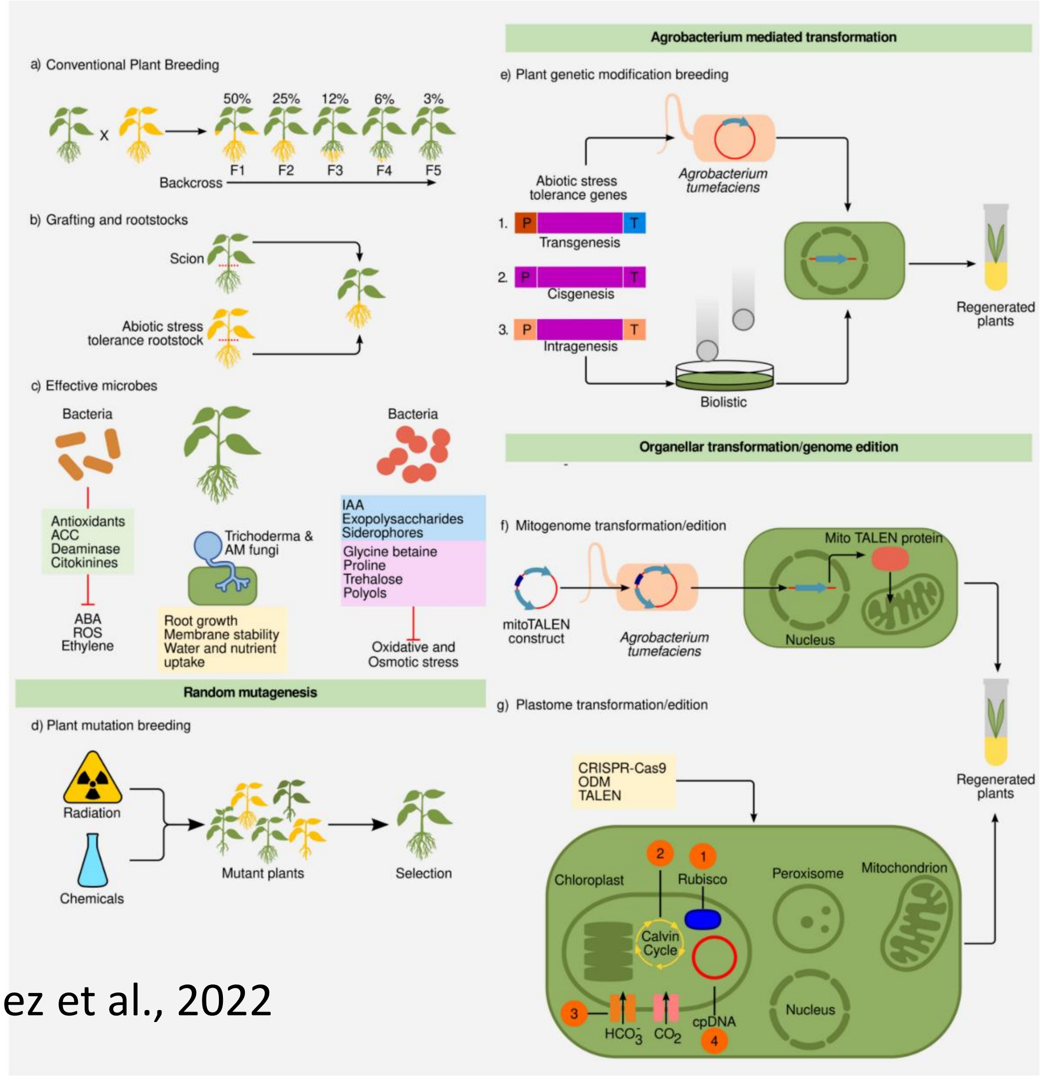
Adaptación a estrés abiótico de trigo



Villalobos-Lopez et al., 2022

CIMMYT

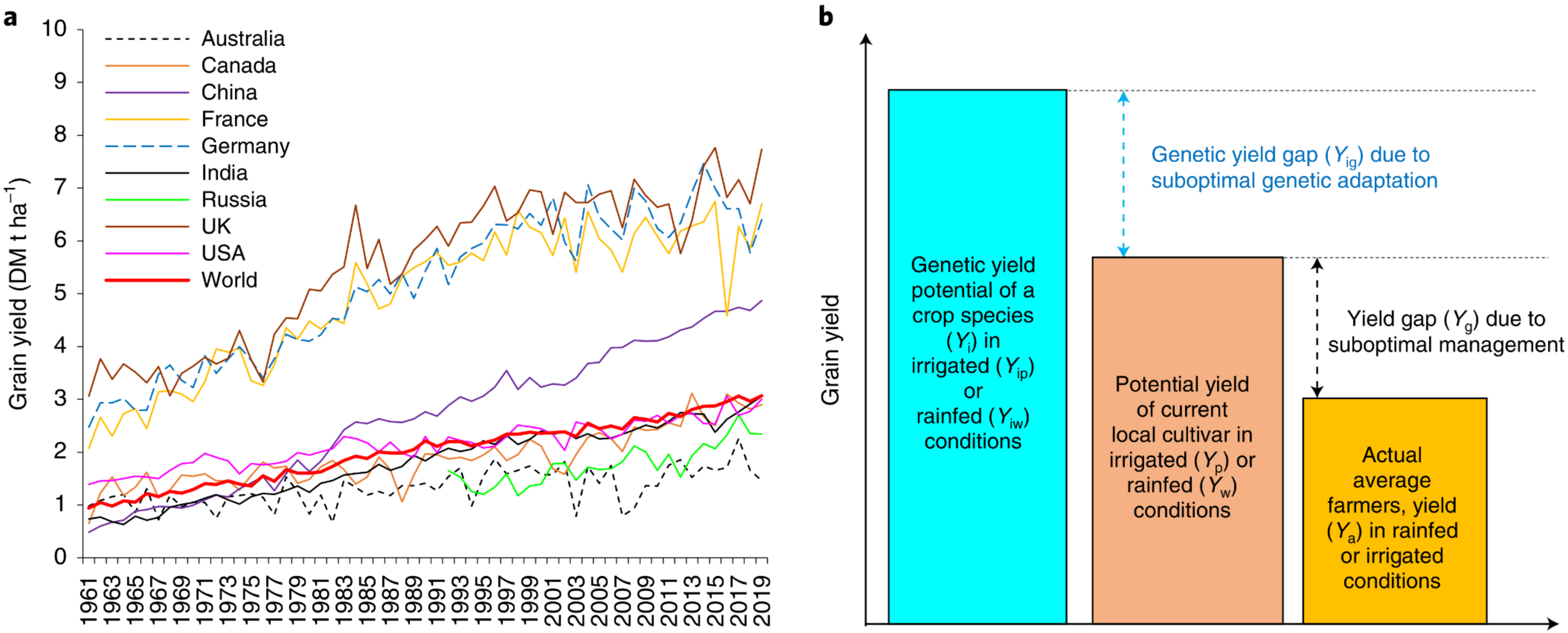
Usar diferentes metodos de mejoramiento para la adaptación a estrés abiótico de trigo en el mejoramiento



Villalobos-Lopez et al., 2022

CIMMYT

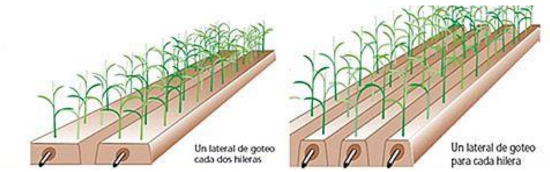
Cerrar la brecha de rendimiento

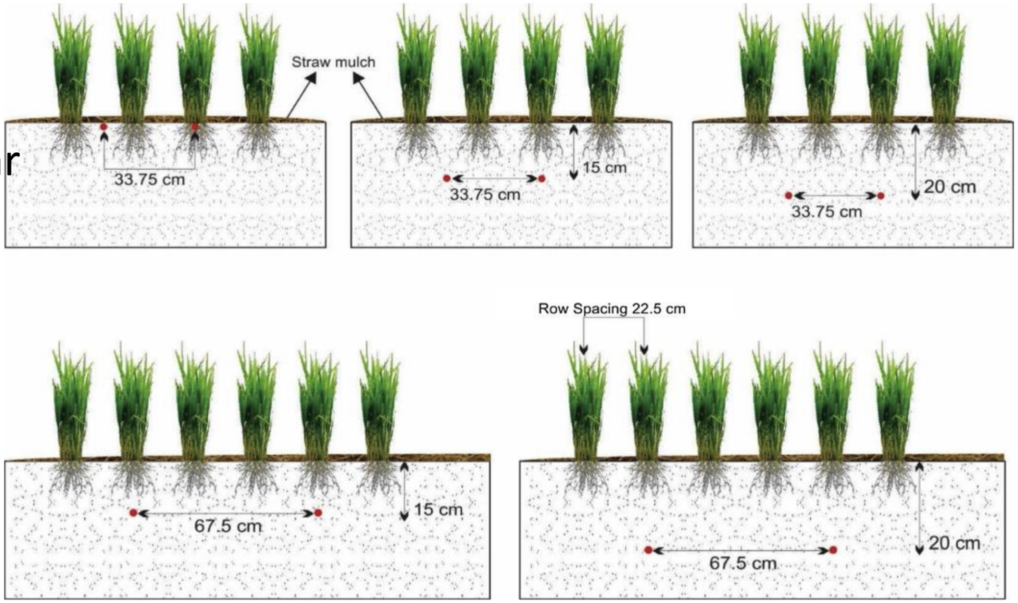


Senapati et al. 2022

Ferti-Irrigación de goteo sub suelo en sistemas de arroz-trigo en la India

- 20% menos uso de nitrogeno
- 50% menos energia para bombear
- 50% menos consume de agua



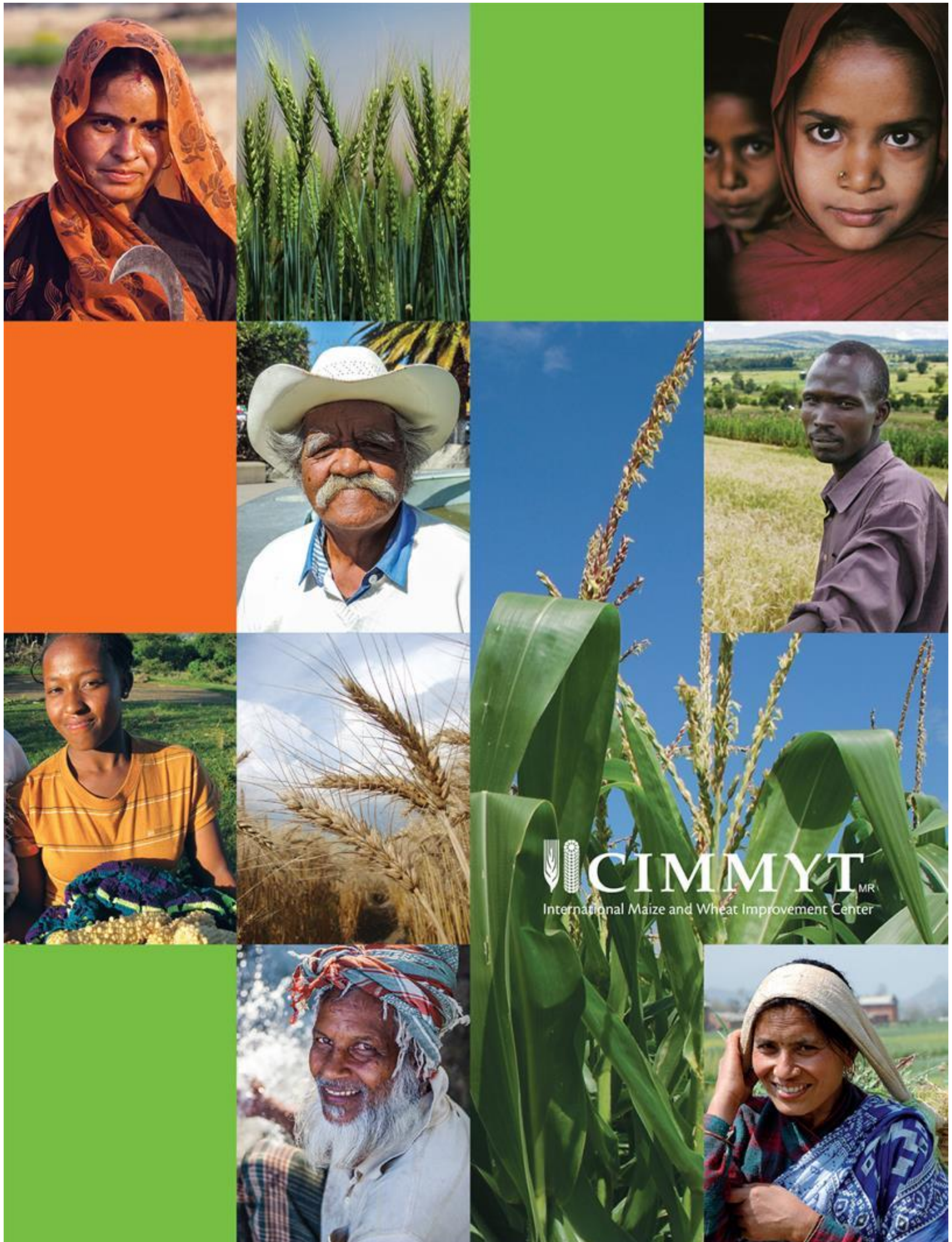


H.S. Sidhu, et al.2019

Medidas para mitigar impacto de cambio climático sobre trigo:

• Nuevas variedades mas tolerantes a sequia, calor y/o inundaciones (Inversión publica y privada)
• Incrementar velocidad de Genetic Gains con fenotipeo de alto rendimiento, modelos de cultivos y otras herramientas
• Explotar variabilidad de trigo guardada en bancos de germoplasma
• Aumentar velocidad de programas de mejoramiento y liberación de variedades
• Agricultura de conservación (mejor retención de agua en el suelo, menos evapotranspiración, mejor infiltración de escorrentía, menos vulnerabilidad a la erosión)
• Agricultura de precisión y agricultura climáticamente inteligente
• Sistemas de riego de precisión y goteo
•Planeación a largo plazo de sistemas de cultivo y programas de mejoramiento

CIMMYT[MR]



Muchas gracias