

## La Roya y el Cambio Climático

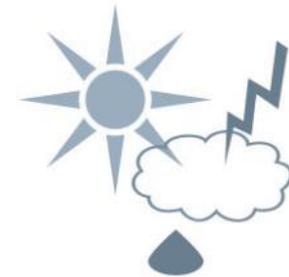


**Dr. Gabriel Díaz Padilla**

Red de Modelaje - INIFAP

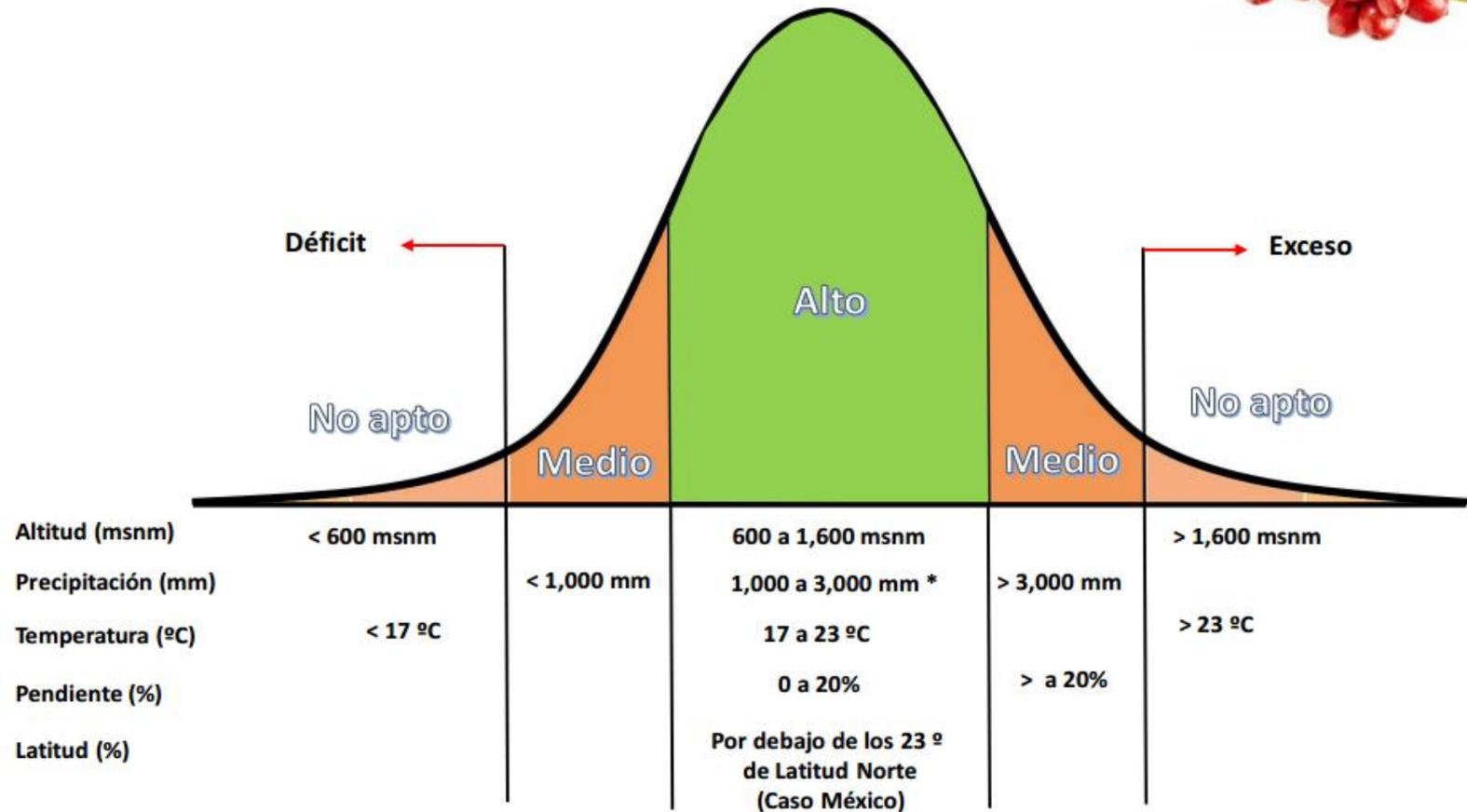
# Potencial Productivo

Es el lugar más idóneo que por condiciones climáticas, edáficas y topográficas permite el buen desarrollo de la planta.



		Frutales	Industriales	Hortalizas
Precipitación				
Radiación				
Temperatura				
Altitud (msnm)				
Suelos				
		Bioenergéticos	Básicos	Ornamentales

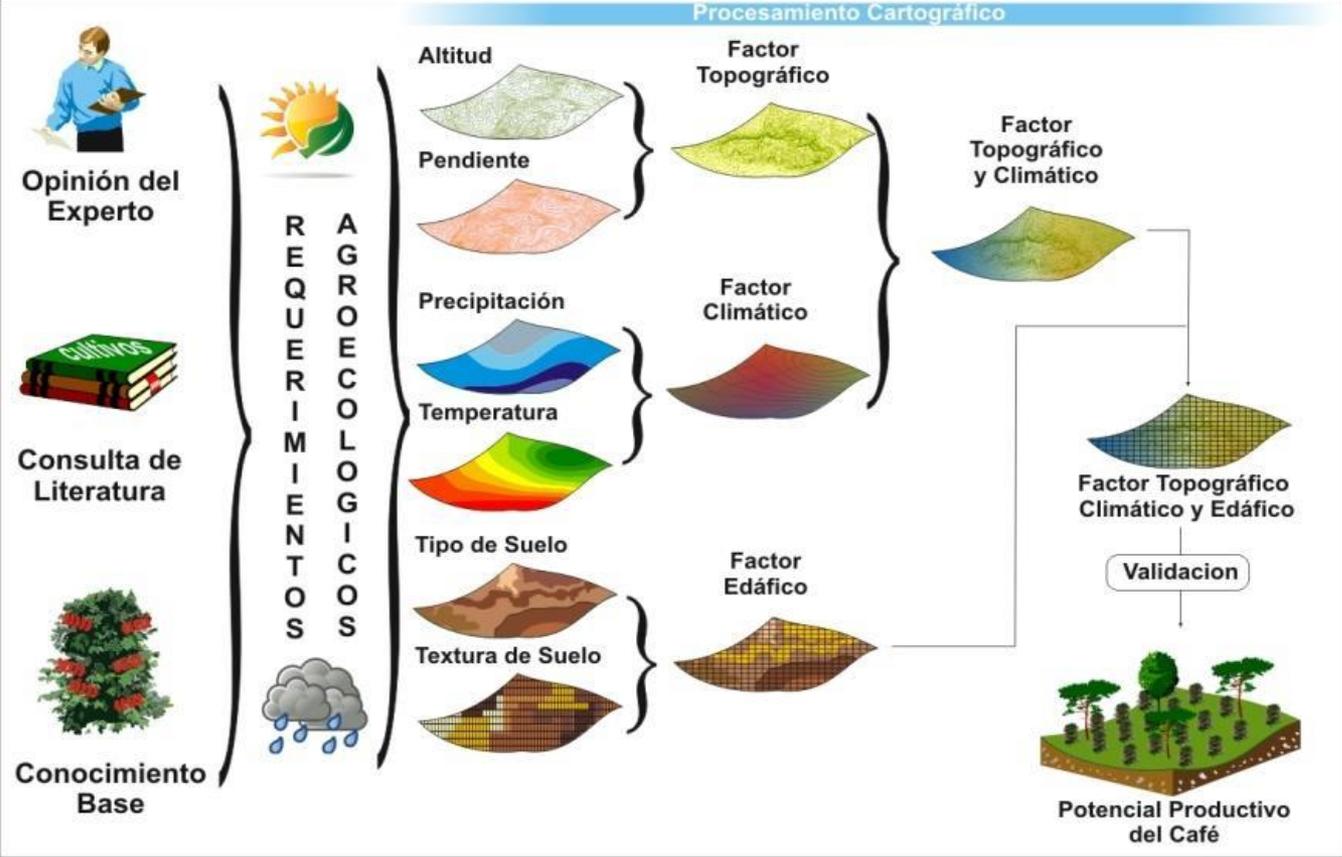
## Curva de Adaptación Agroecológica del café



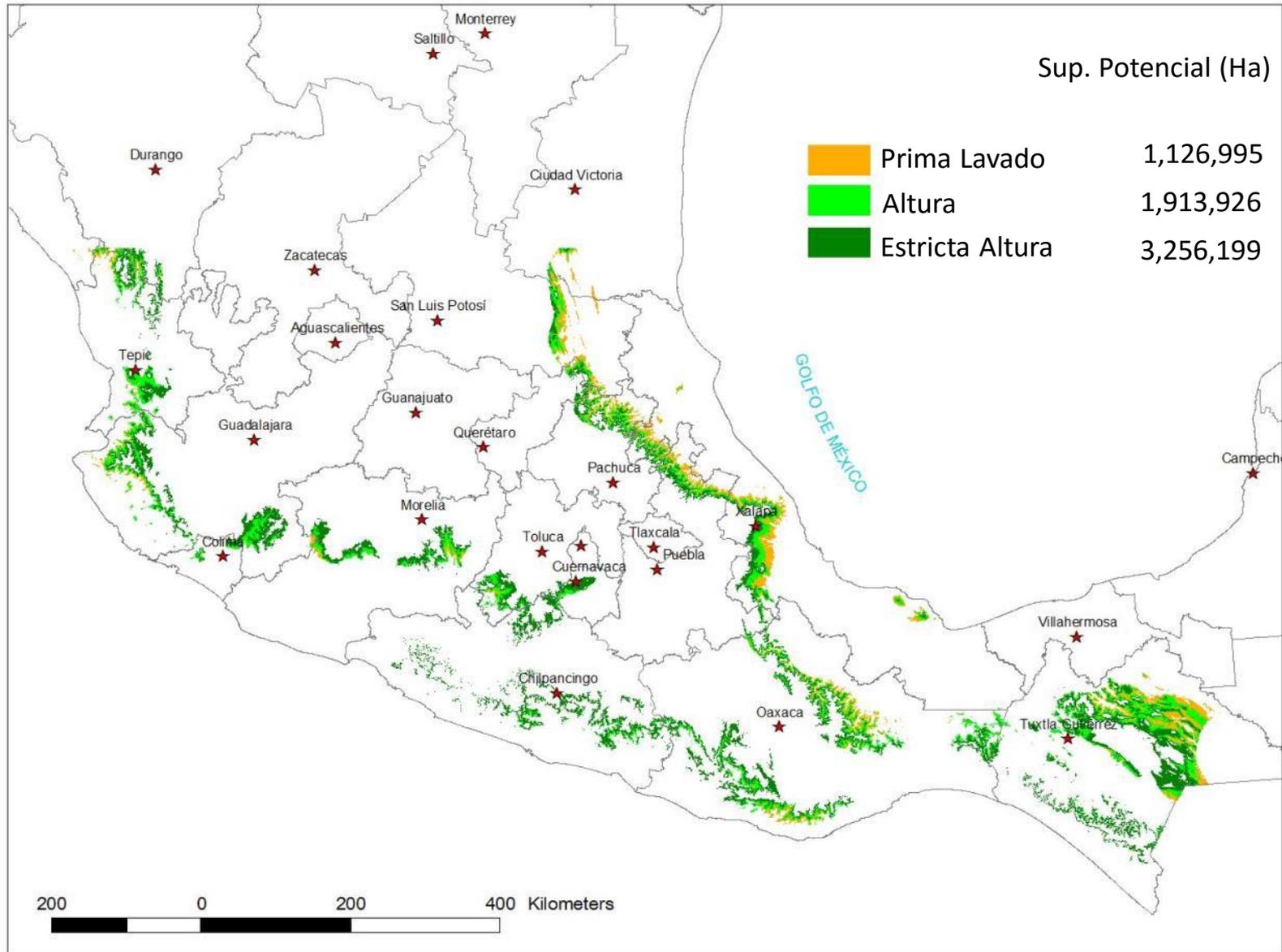
\* Algunas regiones cafetaleras, son consideradas con potencial alto teniendo una precipitación mayor a 3,000 mm.

# Proceso cartográfico

Tomando como base la opinión de un experto, bibliografía y aplicando un conocimiento conocido o base referente a un cultivo, se realizan intersecciones cartográficas para poder llevar a cabo un análisis espacial, de esta manera se obtienen zonas con adaptabilidad agroecológica.



# Potencial Productivo de Café Arábica

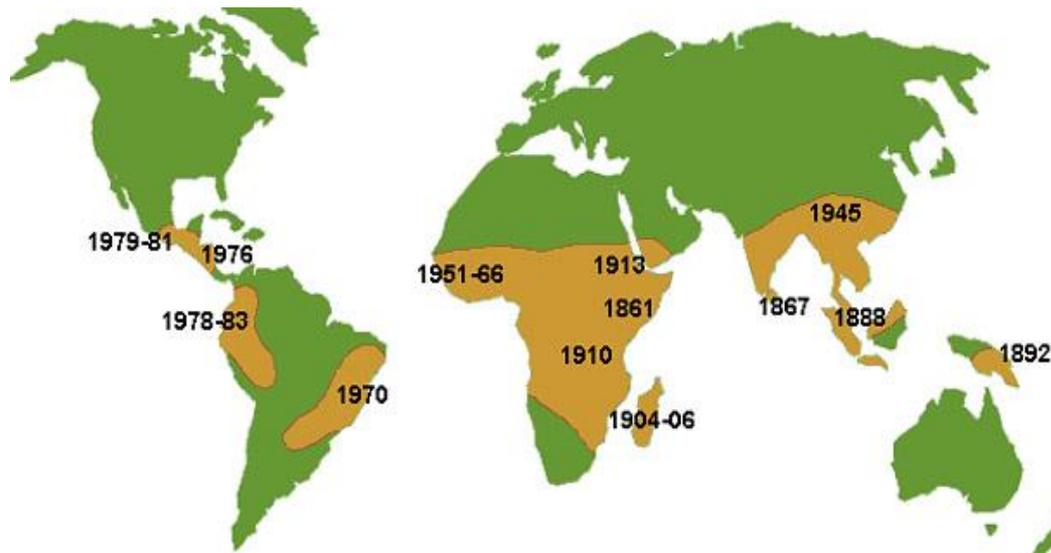


## Reaparición de la Roya en México

A 31 años de haberse detectado la roya en México, reaparece un brote con características agresivas detectado en este ciclo productivo del café (2012-2013), y posiblemente con consecuencias de graves daños a la producción del ciclo siguiente.

El brote actual de la roya del café es el peor de los casos vistos en Centroamérica y México, desde que llegó la enfermedad a la región hace más de 40 años.

(Castillo, 2013)\*



\* Gladis Castillo Ponce  
Fitopatóloga especialista en café

# Que ocasiona la roya en la planta del café

La roya es la enfermedad mas destructiva del cafeto y la de mayor importancia económica a nivel mundial

Provoca la caída prematura de las hojas

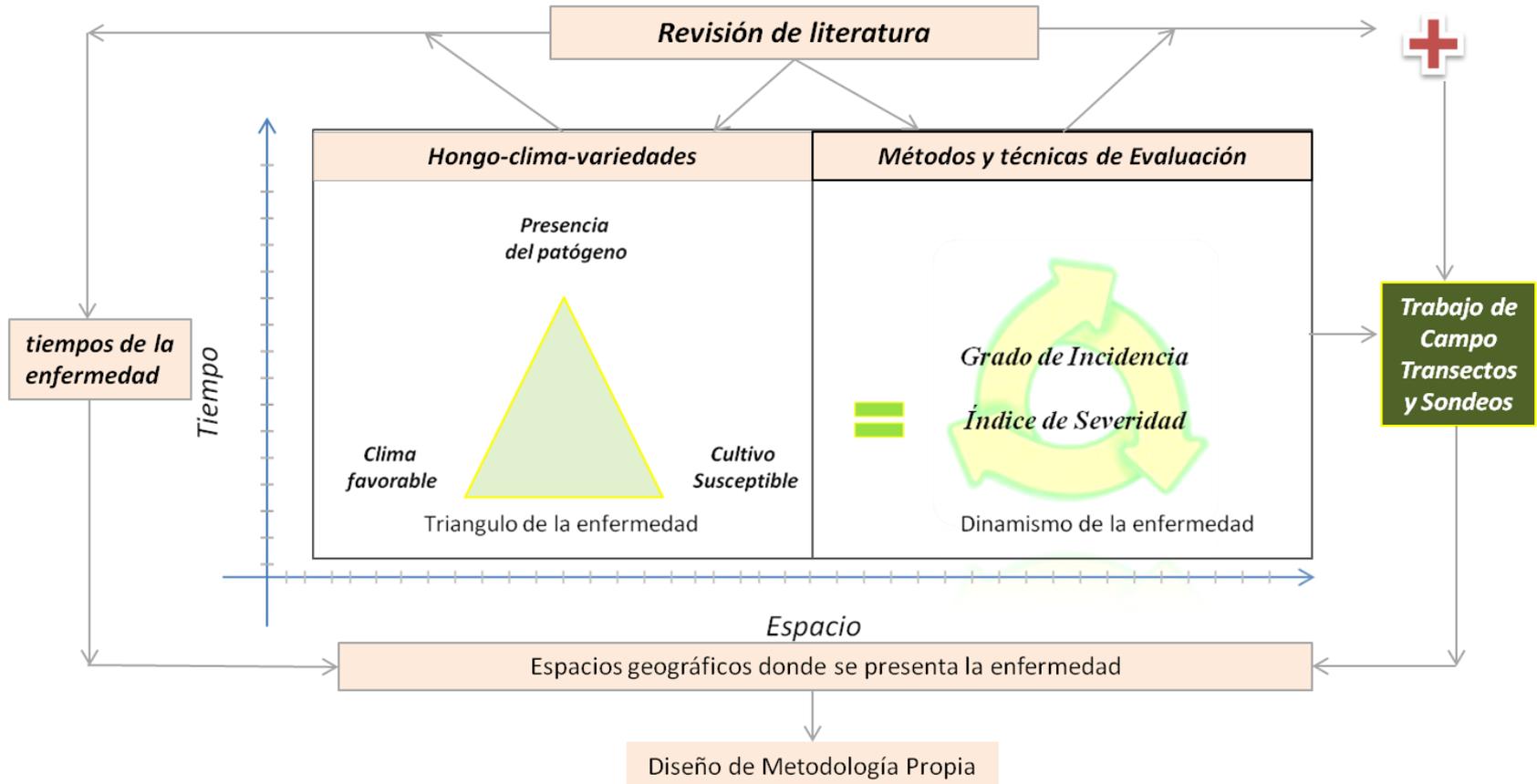
Propicia la reducción de la capacidad fotosintética de la planta

El debilitamiento de plantas enfermas

En infecciones severas puede ocasionar muerte regresiva en ramas e incluso la muerte de las plantas



# Guía Metodológica General



## Fase I

### Climatología – fenología del hongo

- Climatología favorable para el hongo

## Fase II

### Generación de Índices Puntuales

- Días Favorables [IDF]
- Periodos Potenciales [IPP]
- Superficie Sembrada [ISS]
- Índice de Riesgo de Roya del Café [IR]

## Fase III

### Analisis Espacial

Incorporación de índices a un Sistema de Información Geográfica (SIG).

# CONDICIONES FAVORABLES PARA EL DESARROLLO DE LA ROYA

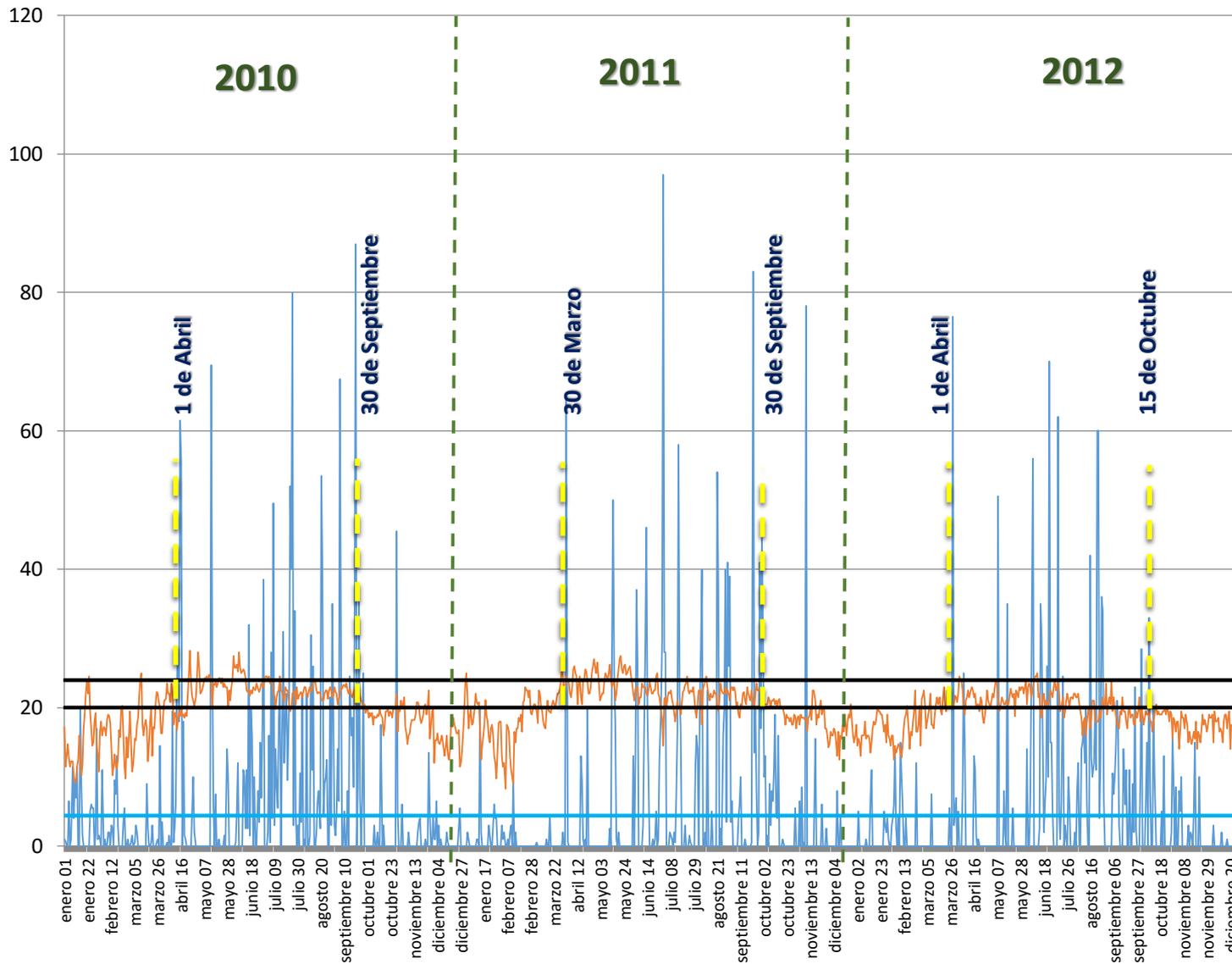
## FAVORABILIDAD TÉRMICA E HÍDRICA PARA QUE OCURRA LA ROYA DEL CAFÉ

FAVORABILIDAD	TEMPERATURA MEDIA (C)	PRECIPITACIÓN MEDIA ( mm/día)
<b>ALTA</b>	Entre 20 y 24	Mayor que 3
<b>MEDIA</b>	Entre 15 y 18 y entre 26 y 28	Mayor que 2 y o igual a 3
<b>BAJA</b>	Menor que 15 y mayor que 28	Menor o igual a 2



# ANÁLISIS GRÁFICO – VISUAL DE LA INFORMACIÓN

Resultados: Estación climática de Teocelo 30179 (2010 ,2011 y 2012)



Precipitación mm

Temperatura media

## CLIMA CONFORT

Temperatura

24 °C

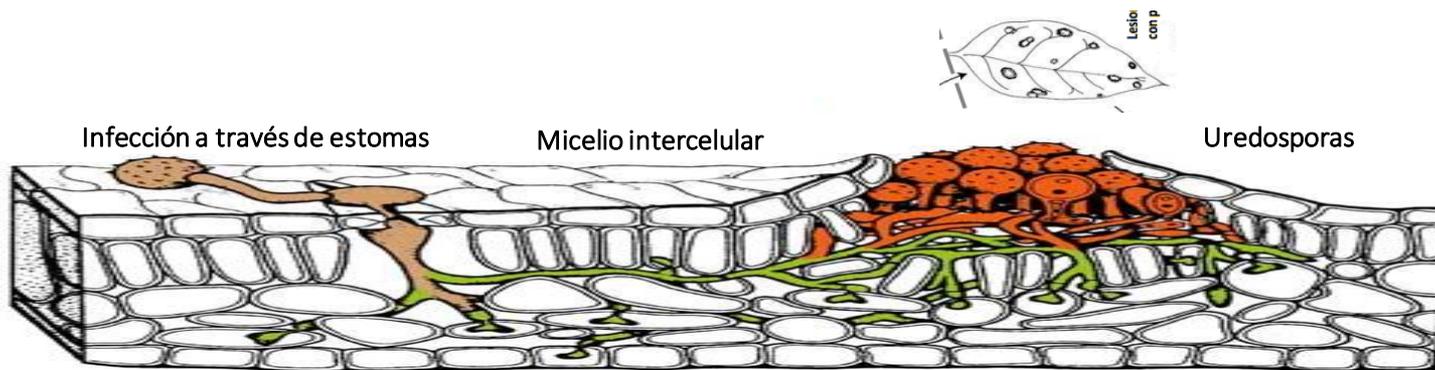
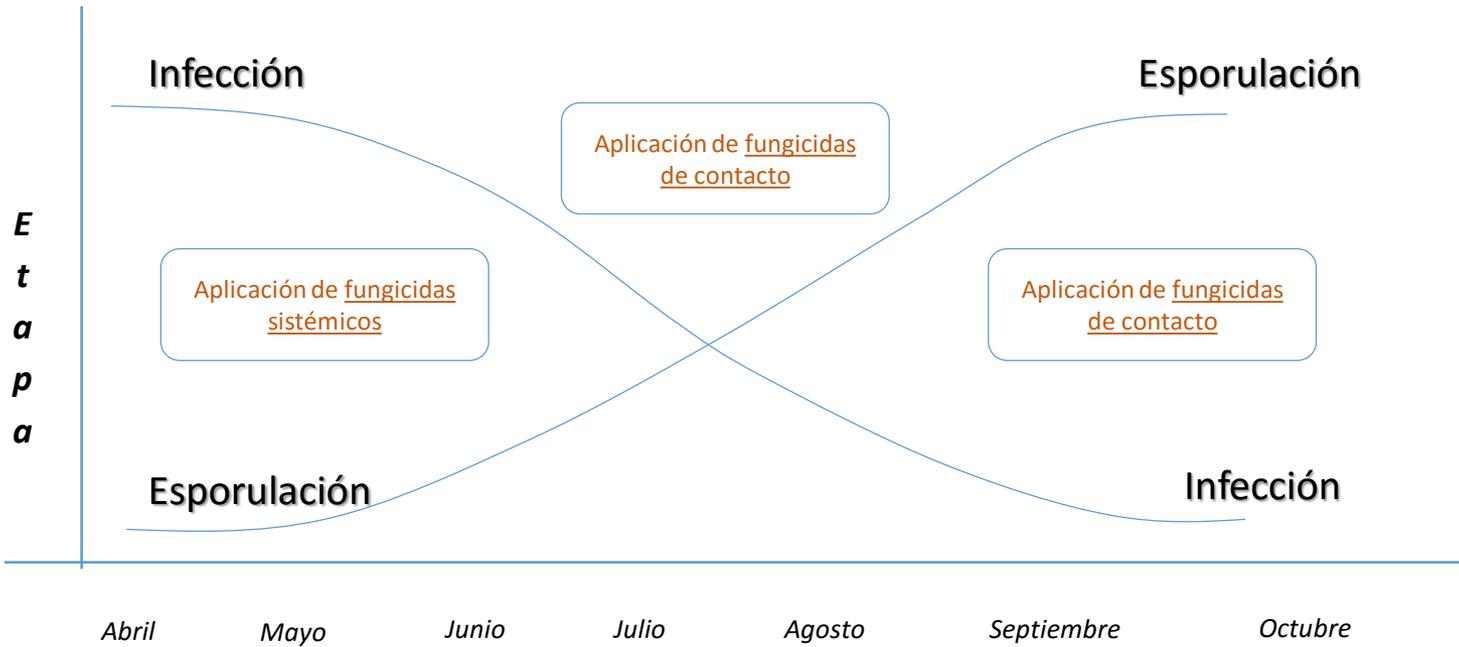
20°C

Precipitación

> 3 mm

Ventanas de inducción

# Etapas infectivas



Síntomas difíciles de observar

Presencia de síntomas

## INDICE DE RIESGO DE INFECCIÓN DE ROYA [IR]

Se integró una base de datos con los tres índices generados:

- *Índice de Días Favorables [IDF]*
- *Índice de Periodos Potenciales [IPP]*
- *Índice de Superficie Sembrada [ISS]*

Se calculó el **Índice de Riesgo de Infección de Roya del Cafeto [IR]** para todas las estaciones de México con la siguiente fórmula:

$$\text{ÍNDICE DE RIESGO DE INFECCIÓN DE ROYA DEL CAFETO [IR]} = \frac{\text{ÍNDICE DE DÍAS FAVORABLES [IDF]} + \text{ÍNDICE DE PERIODOS POTENCIALES [IPP]} + \text{ÍNDICE DE SUPERFICIE SEMBRADA [ISS]}}{3}$$

# INDICE DE RIESGO DE INFECCIÓN DE ROYA [IR]

## VALORES MÁXIMOS DE REFERENCIA A NIVEL NACIONAL

133.6 (días favorables)

29.35 (periodos potenciales)

32,037 ha (sup. sembrada)

## CONCENTRATO NACIONAL DEL ÍNDICE DE RIESGO DE INFECCIÓN DE ROYA DEL CAFETO [IR]

$$[IDF] = C / 133.6$$

$$[IPP] = D / 29.35$$

$$[ISS] = E / 32,037$$

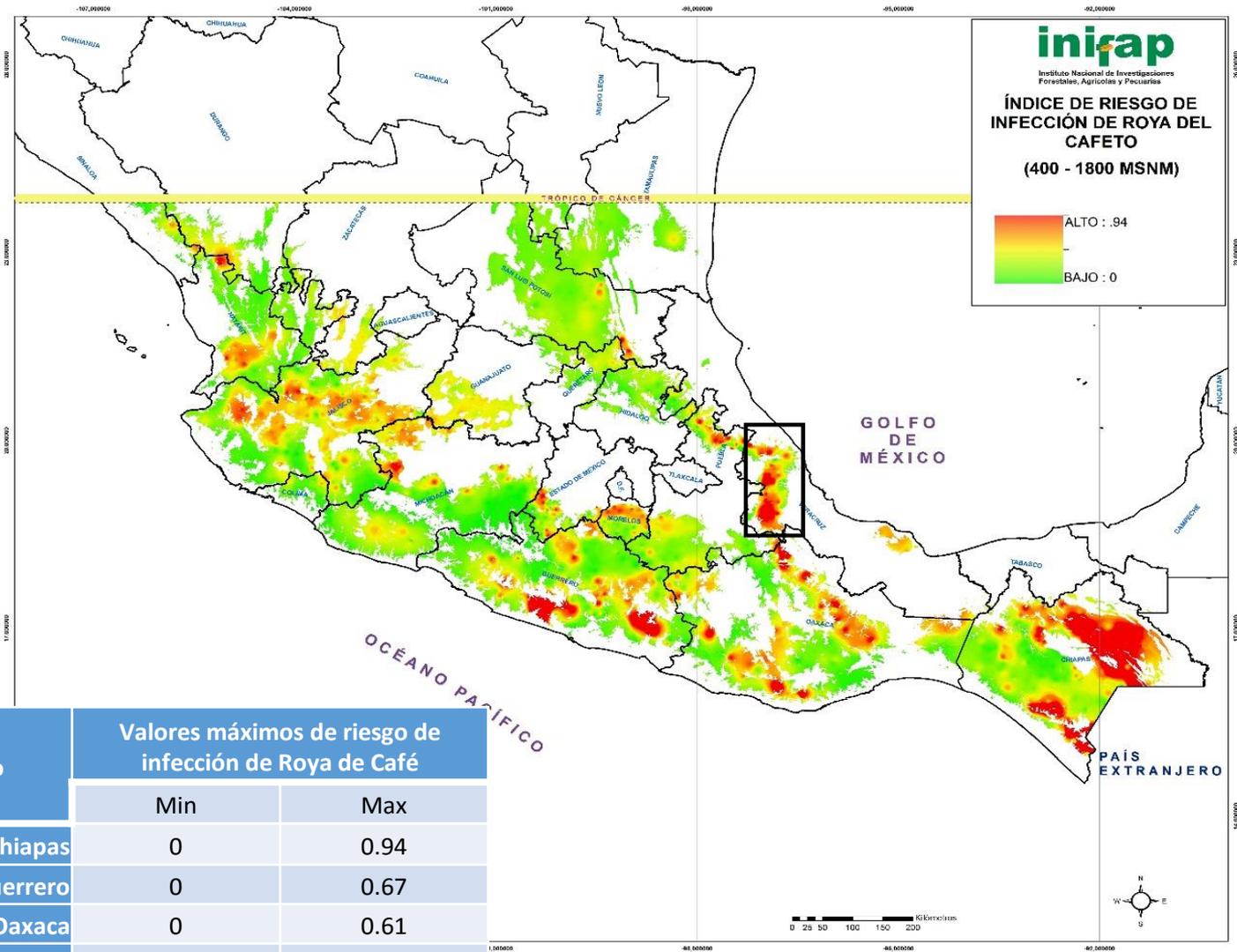
**A**                      **B**                      **C**                      **D**                      **E**                      **[IR] = ([IDF] + [IPP] + [ISS]) / 3**

CLAVE	ESTACIÓN	DIAS FAVORABLES PROMEDIO * (1961 - 2010)	PERIODOS POTENCIALES PROMEDIO (2010 - 2061)	SUPERFICIE SEMBRADA PROMEDIO (2001 - 2010)	INDICE DE DIAS FAVORABLES [IDF]	INDICE DE PERIODOS POTENCIALES [IPP]	INDICE DE SUPERFICIE SEMBRADA [ISS]	INDICE DE RIESGO DE INFECCIÓN DE ROYA DEL CAFETO [IR]
7057	FINCA CHICHARRAS	133.6	29.4	26,665	1.000	1.000	0.832	0.944
7056	FINCA CHIRIPA	123.6	25.8	26,665	0.925	0.877	0.832	0.878
7058	EL PERU	103.8	18.5	26,665	0.777	0.629	0.832	0.746
7092	LA ESPERANZA (CFE)	101.4	22.7	12,591	0.759	0.774	0.393	0.642
20021	COPALITA (CFE)	99.0	27.0	5,736	0.741	0.920	0.179	0.613
7157	SANTO DOMINGO	97.0	20.5	4,011	0.726	0.699	0.125	0.517
7096	LA PIMIENTA (CFE)	96.7	21.0	10,666	0.724	0.716	0.333	0.591
7154	SANTA ELENA (CFE)	91.8	21.8	903	0.687	0.742	0.028	0.486

\* Ordenado de manera descendente sobre el campo **Días Favorables Promedio**

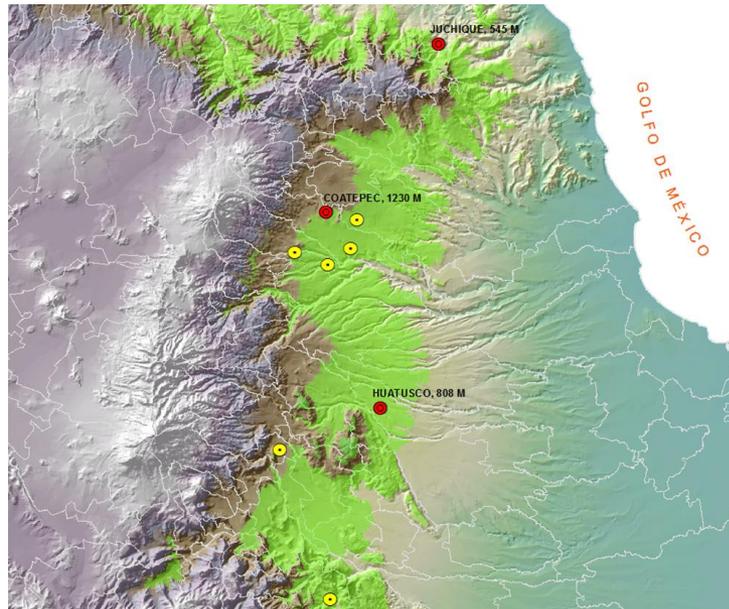
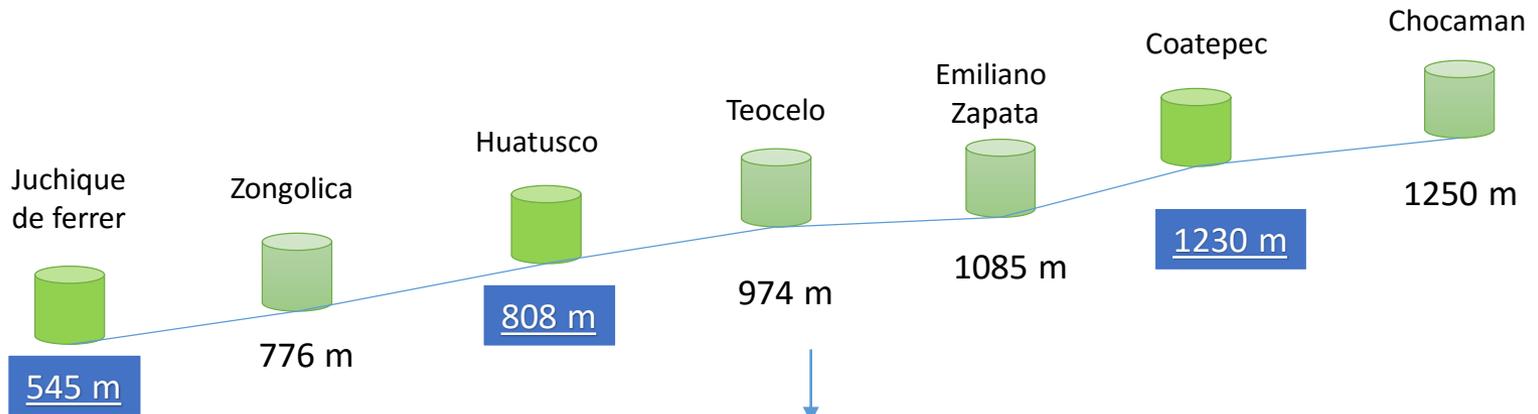
5,343  
estaciones

# INDICE DE RIESGO DE INFECCIÓN DE ROYA [IR]



Estado	Valores máximos de riesgo de infección de Roya de Café	
	Min	Max
Chiapas	0	0.94
Guerrero	0	0.67
Oaxaca	0	0.61
Veracruz	0	0.4
Puebla	0	0.38

## Material digital (CD) de Cédulas de información de roya del café



Extracción de información de Severidad en planta y severidad en hoja

Automatización de macros En Excel

Integración de datos depurados y reestructurados en una base de datos

Análisis visual de la información

# SEVERIDAD EN HOJA

Coatepec  
Parcela con altitud de 1230 m

ESTRATO BAJO

ESTRATO MEDIO

ESTRATO ALTO

Planta 1    Planta 2  
Hojas    Hojas  
1 2 3    1 2 3

.....

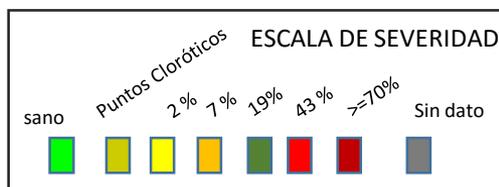
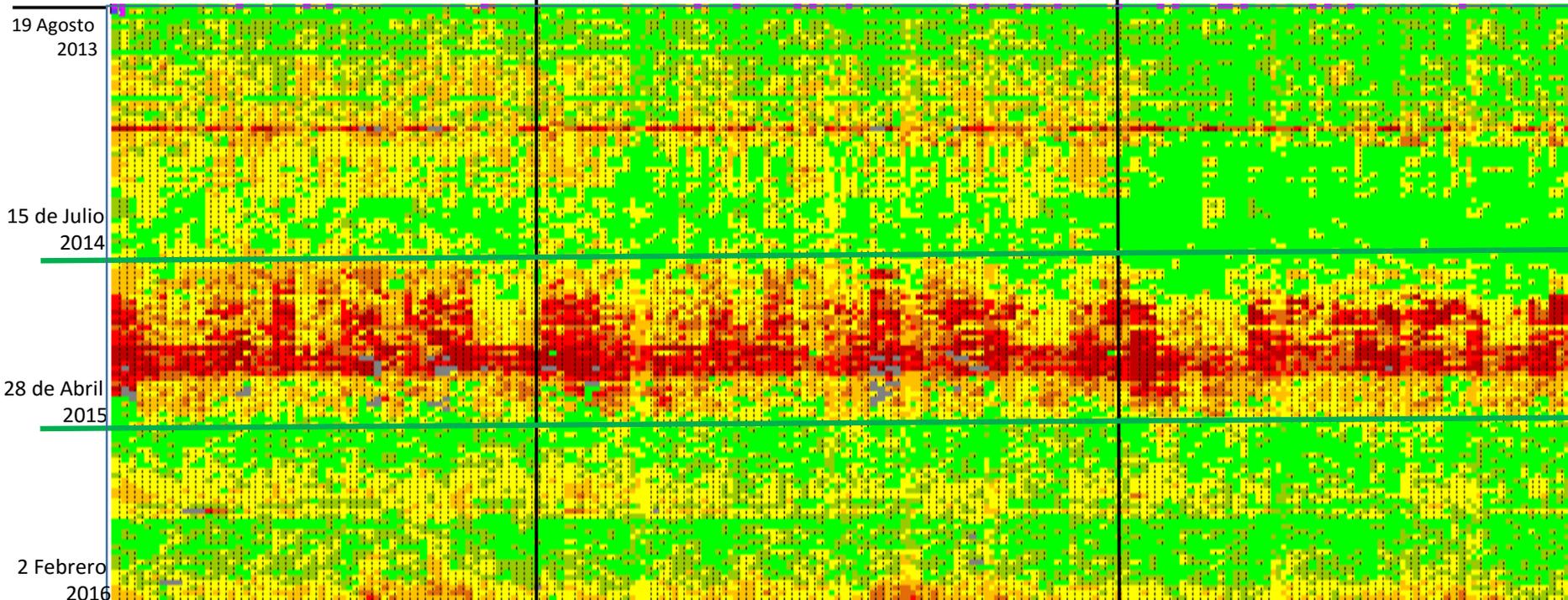
Planta 20    Planta 1    Planta 2  
Hojas    Hojas    Hojas  
1 2 3    4 5 6 7    4 5 6 7

.....

Planta 20    Planta 1    Planta 2  
Hojas    Hojas    Hojas  
4 5 6 7    8 9 10    8 9 10

.....

Planta 20  
Hojas  
8 9 10



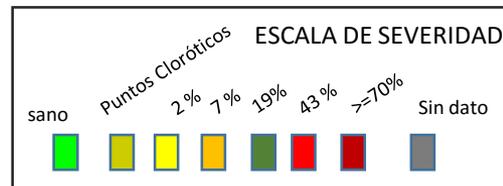
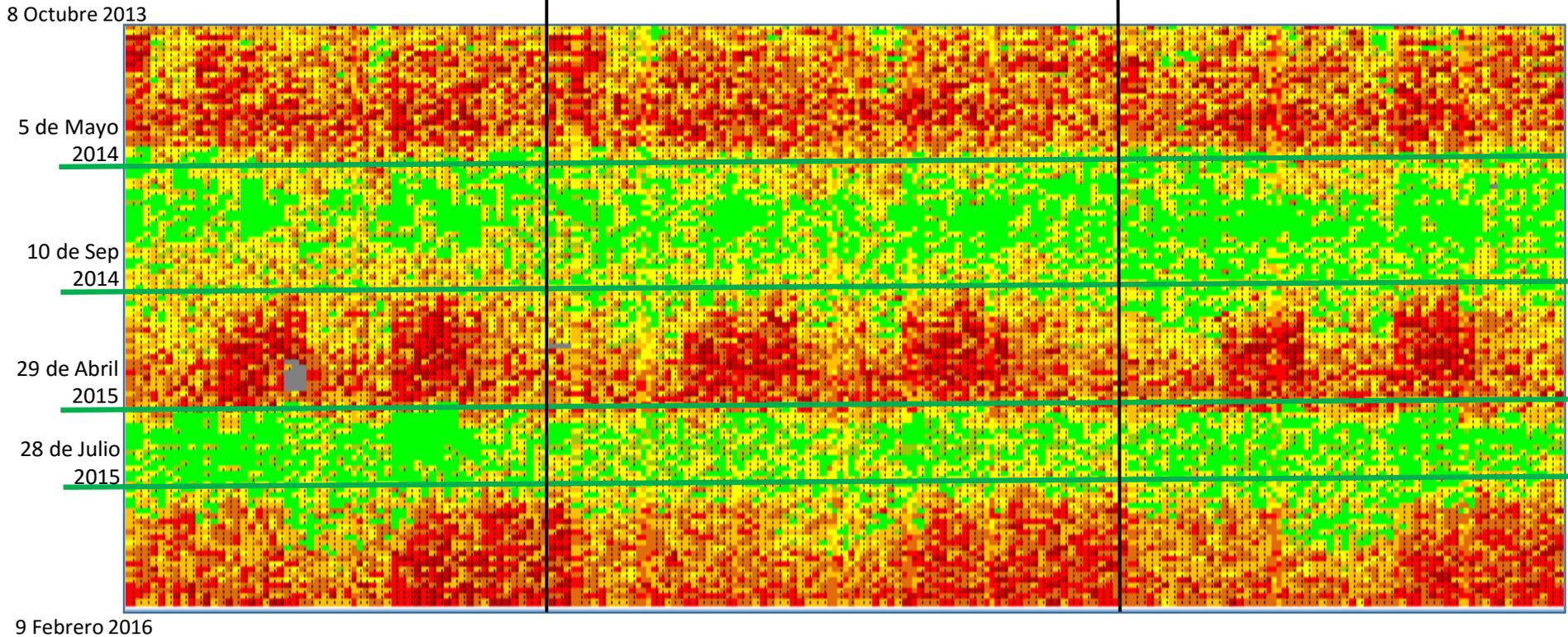
# SEVERIDAD EN HOJA

Juchique de Ferrer  
Parcela con altitud de 545 m

ESTRATO BAJO

ESTRATO MEDIO

ESTRATO ALTO



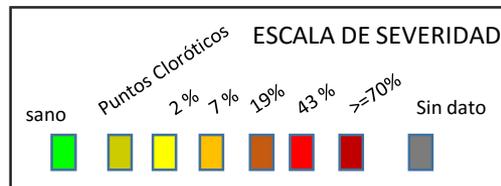
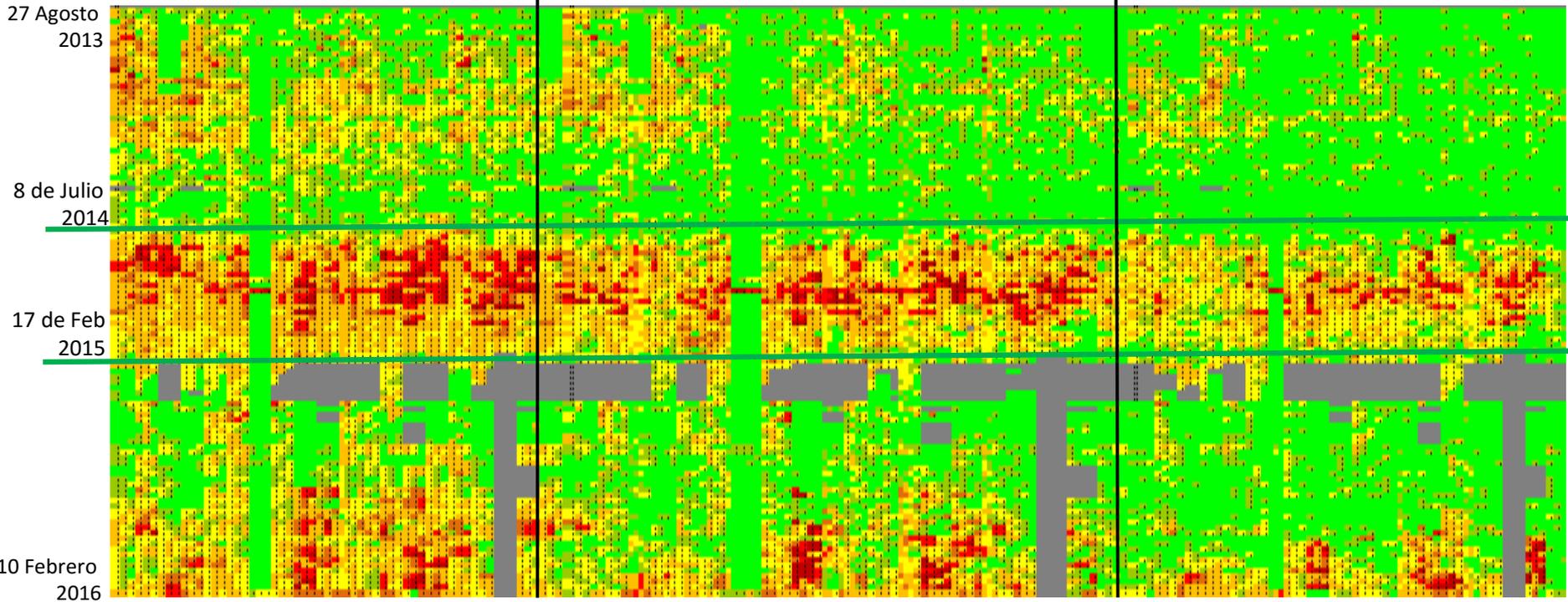
# SEVERIDAD EN HOJA

Huatusco  
Parcela con altitud de 808 m

ESTRATO BAJO

ESTRATO MEDIO

ESTRATO ALTO



El clima del mundo está cambiando y seguirá cambiando, en el próximo siglo, a tasas proyectadas sin precedentes en la historia reciente de la humanidad.

Los riesgos son evidentes en la agricultura, la pesca y muchos otros componentes que constituyen el sustento de las poblaciones rurales de los países en desarrollo. ([Adger et al., 2003](#))



México, por su ubicación geográfica y por su característica **de país en desarrollo** es altamente vulnerable a los impactos del cambio climático

La agricultura es una de sus actividades más vulnerable, ya que solo el 20 % de su agricultura es de riego.

Es decir, el 80 % de la Agricultura depende de las condiciones climáticas de temporal, lo que tendría un gran impacto en la economía del país.

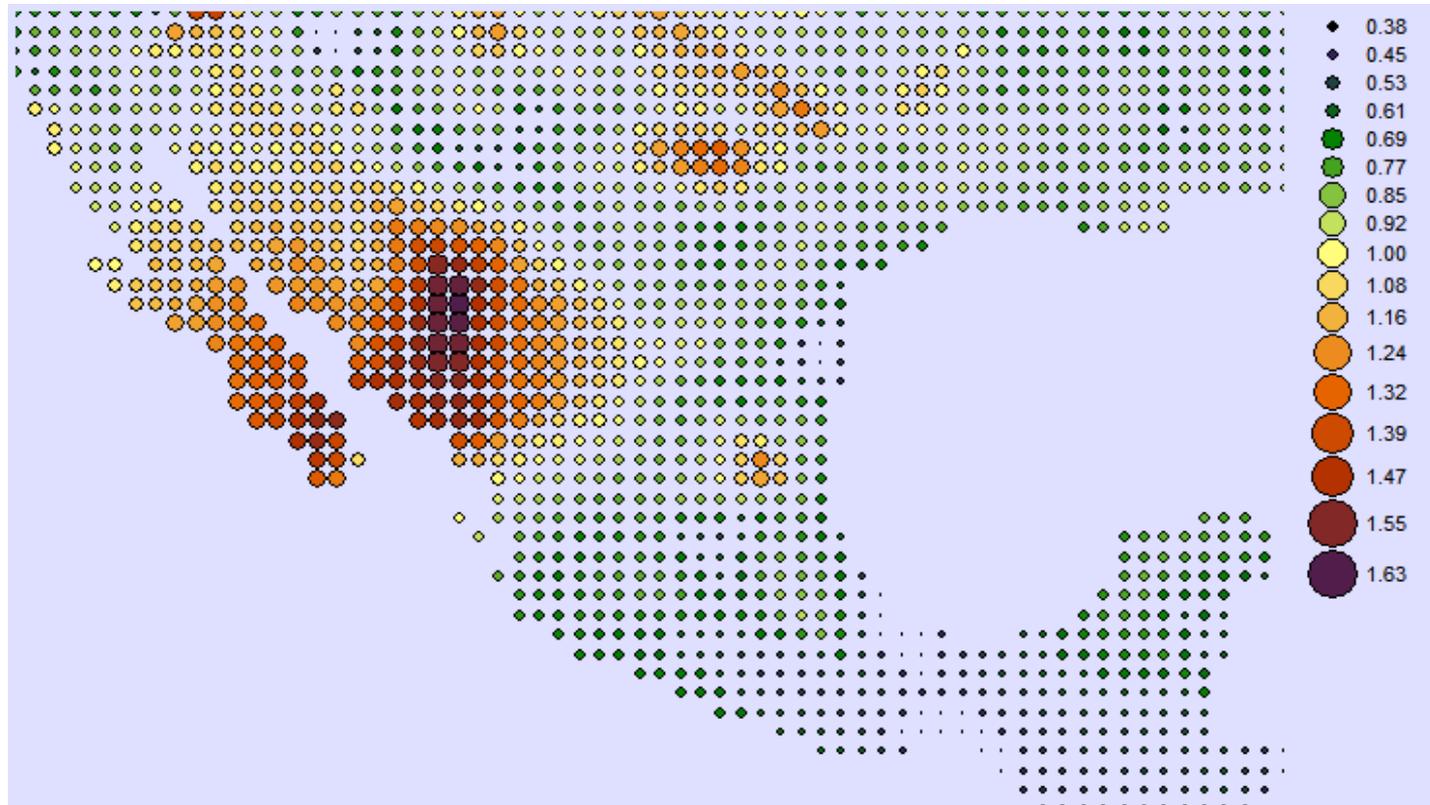


# Escenarios de cambio climático

Escenario	Población	Economía	Arbiente	Equidad	Tecnología	Globalira- cion	Clima
AIFI							
AIB							
AIT							
B1							
A2							
B2							

## Reducción de la escala

Magaña y Caetano (2007) seleccionaron 10 modelos de circulación general con los cuales hicieron un ensamble para México, este ensamble se utilizó para hacer una reducción de escala de  $0.5^\circ$  (50 x 50 km).

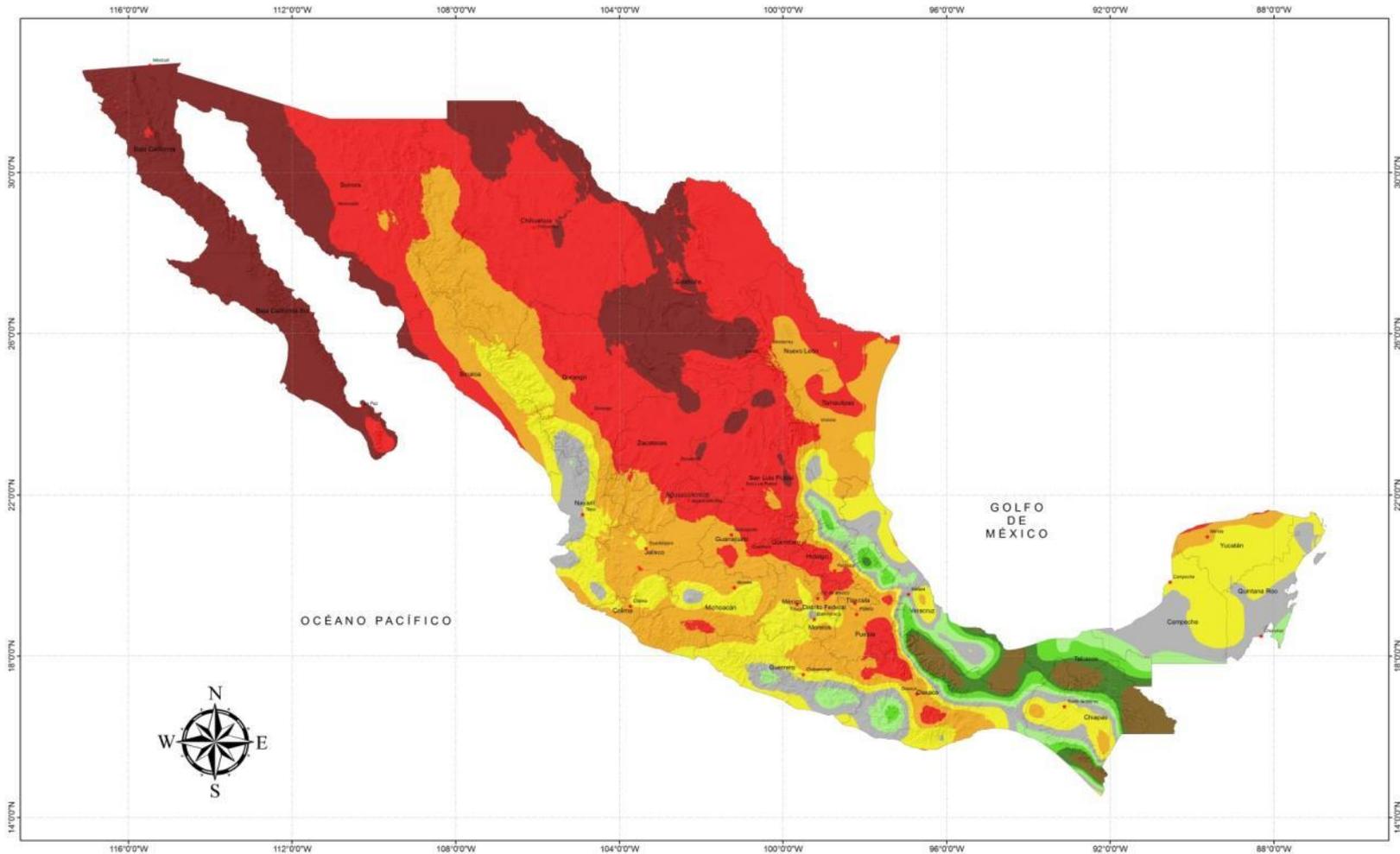


## ESCENARIOS NACIONALES

*Escenarios futuros:*

- 2011-2020
- 2021-2030
- 2031-2040
- 2041-2050

## Estados Unidos Mexicanos



Escenario 2011-2020  
Precipitación media anual (mm)



ESCALA 1 : 5'000,000



Este mapa fue elaborado a partir de las normales mensuales de precipitación del sistema de información climática del INIFAP, aplicando resultados del proyecto de cambio climático.

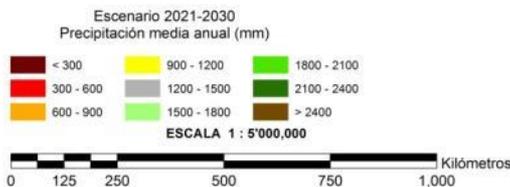
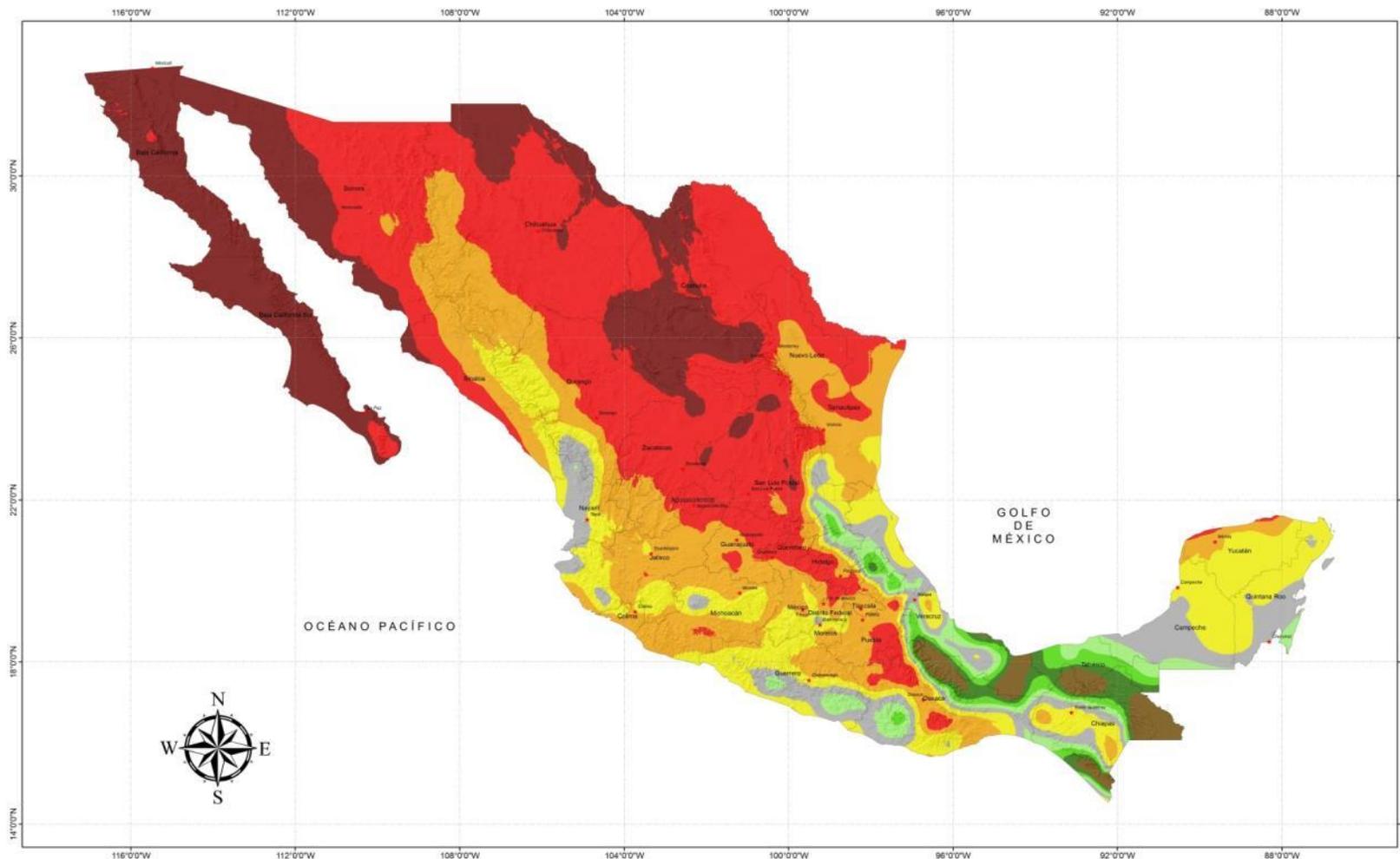
Proyección ..... Geográfica  
 Esferoide ..... W G S 84  
 Datum ..... N A D 27  
 Elaboración ..... 2 0 1 2  
 Autor ..... INIFAP

**IMPORTANTE**  
 Este mapa tiene el objetivo de apoyar la toma de decisiones, el INIFAP se deslinda de las acciones emprendidas por las personas y/o dependencias que basen la toma de decisiones en la información aquí mostrada.

Línea de Acción 11: ??????????????????  
 Delimitación de potencial productivo bajo condiciones de temporal en el ciclo PV considerando escenarios de cambio climático.  
 Entregable:  
 Mapas nacionales de precipitación media anual en los escenarios futuros 2011-2020, 2021-2030, 2031-2040 y 2041-2050 (4 mapas).



## Estados Unidos Mexicanos



Este mapa fue elaborado a partir de las normales mensuales de precipitación del sistema de información climática del INIFAP, aplicando resultados del proyecto de cambio climático.

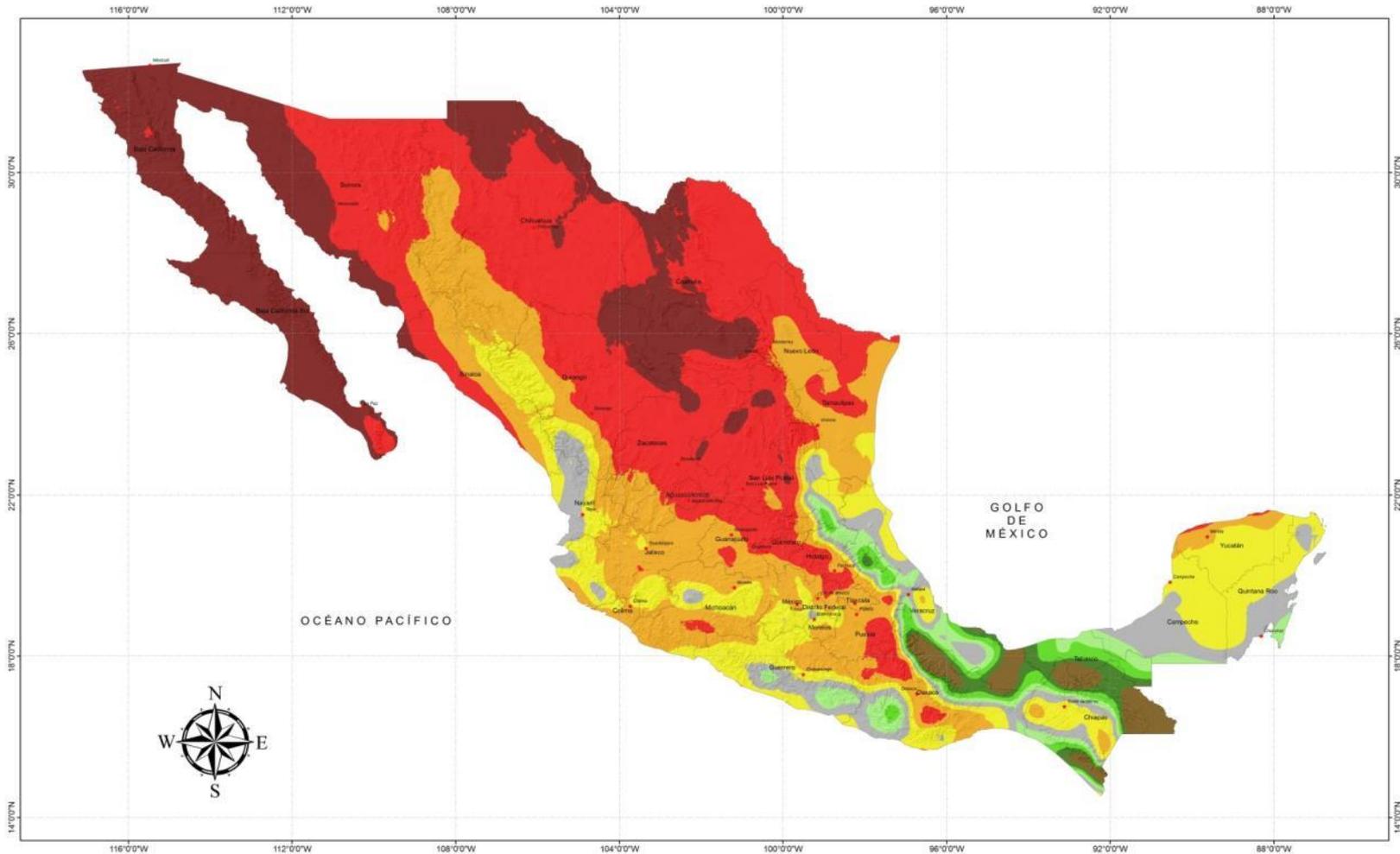
Proyección ..... Geográfica  
 Esferoide ..... W G S 84  
 Datum ..... N A D 27  
 Elaboración ..... 2 0 1 2  
 Autor ..... INIFAP

**IMPORTANTE**  
 Este mapa tiene el objetivo de apoyar la toma de decisiones, el INIFAP se deslinda de las acciones emprendidas por las personas y/o dependencias que basen la toma de decisiones en la información aquí mostrada.

Línea de Acción 11: ??????????????????  
 Delimitación de potencial productivo bajo condiciones de temporal en el ciclo PV considerando escenarios de cambio climático.  
 Entregable:  
 Mapas nacionales de precipitación media anual en los escenarios futuros 2011-2020, 2021-2030, 2031-2040 y 2041-2050 (4 mapas).



## Estados Unidos Mexicanos



Escenario 2031-2040  
Precipitación media anual (mm)



ESCALA 1 : 5'000,000



Este mapa fue elaborado a partir de las normales mensuales de precipitación del sistema de información climática del INIFAP, aplicando resultados del proyecto de cambio climático.

Proyección ..... Geográfica  
 Esferoide ..... W G S 84  
 Datum ..... N A D 27  
 Elaboración ..... 2 0 1 2  
 Autor ..... INIFAP

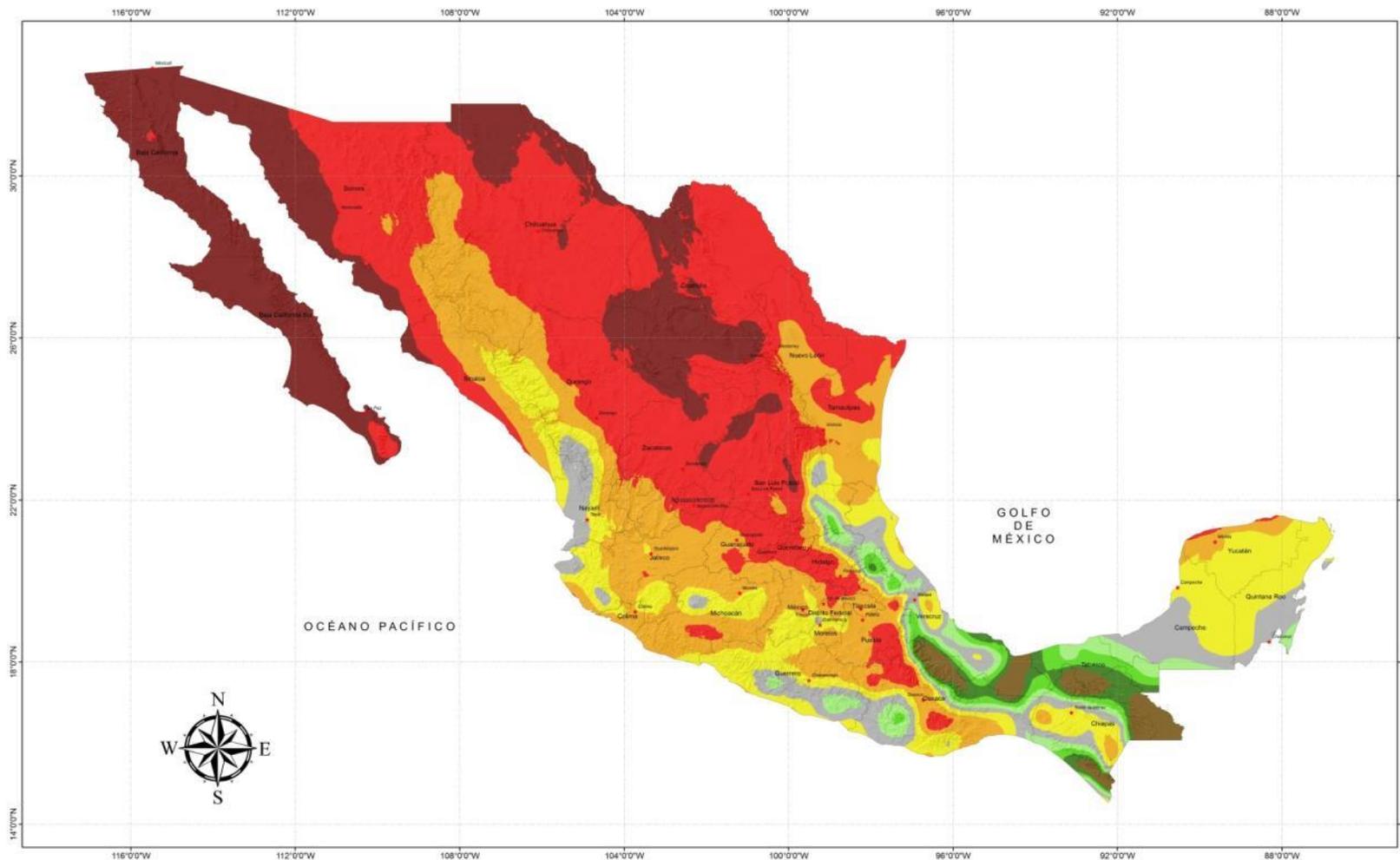
**IMPORTANTE**  
 Este mapa tiene el objetivo de apoyar la toma de decisiones, el INIFAP se deslinda de las acciones emprendidas por las personas y/o dependencias que basen la toma de decisiones en la información aquí mostrada.

Línea de Acción 11: ??????????????????  
 Delimitación de potencial productivo bajo condiciones de temporal en el ciclo PV considerando escenarios de cambio climático.  
 Entregable:

Mapas nacionales de precipitación media anual en los escenarios futuros 2011-2020, 2021-2030, 2031-2040 y 2041-2050 (4 mapas).



## Estados Unidos Mexicanos



Escenario 2041-2050  
Precipitación media anual (mm)



ESCALA 1 : 5'000,000



Este mapa fue elaborado a partir de las normales mensuales de precipitación del sistema de información climática del INIFAP, aplicando resultados del proyecto de cambio climático.

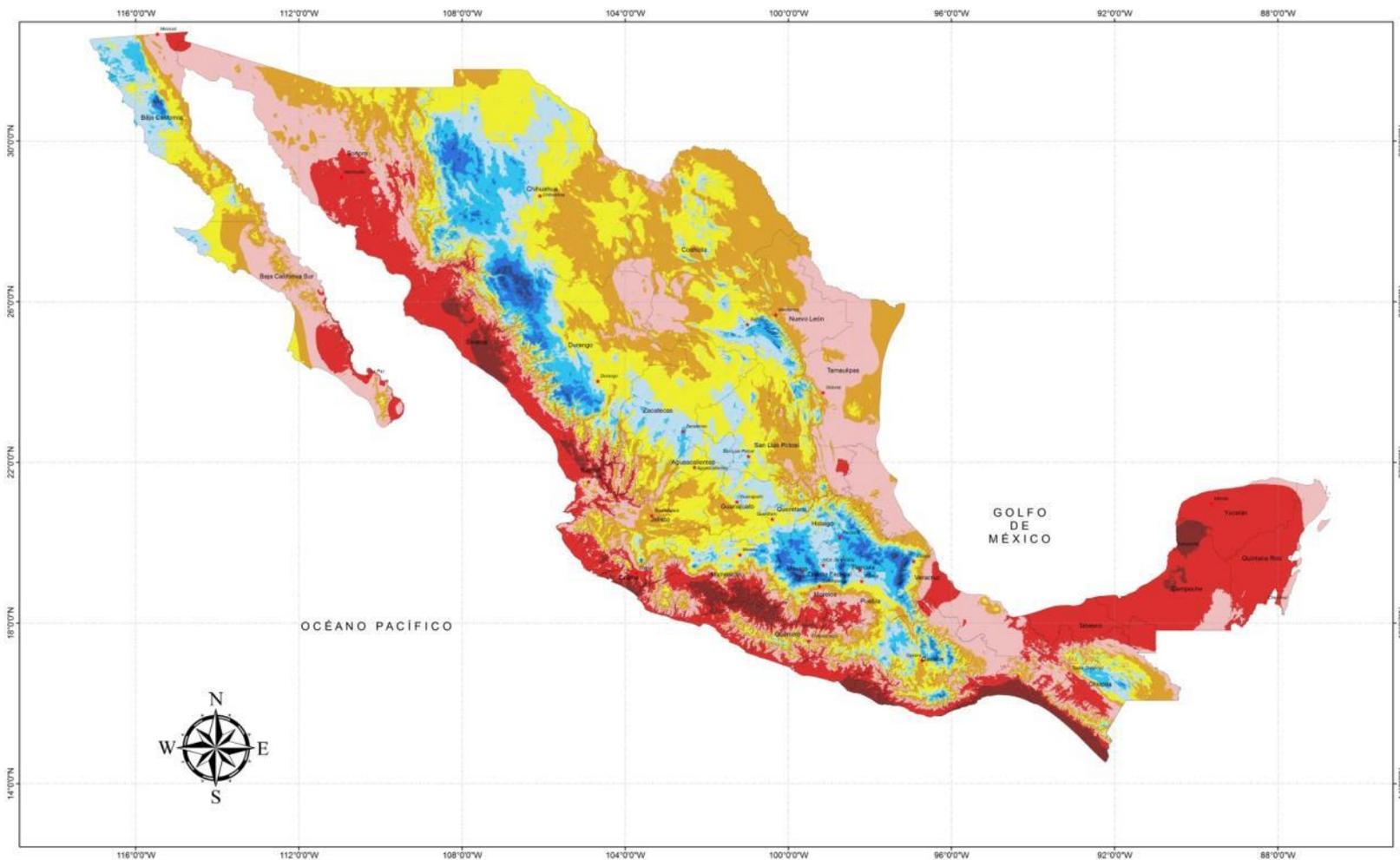
Proyección ..... Geográfica  
 Esferoide ..... W G S 84  
 Datum ..... N A D 27  
 Elaboración ..... 2 0 1 2  
 Autorf ..... INIFAP

**IMPORTANTE**  
 Este mapa tiene el objetivo de apoyar la toma de decisiones, el INIFAP se deslinda de las acciones emprendidas por las personas y/o dependencias que basen la toma de decisiones en la información aquí mostrada.

Línea de Acción 11: ??????????????????  
 Delimitación de potencial productivo bajo condiciones de temporal en el ciclo PV considerando escenarios de cambio climático.  
 Entregable:  
 Mapas nacionales de precipitación media anual en los escenarios futuros 2011-2020, 2021-2030, 2031-2040 y 2041-2050 (4 mapas).



## Estados Unidos Mexicanos



Escenario 2011-2020  
Temperatura máxima media anual (°C)

< 20	24 - 26	30 - 32
20 - 22	26 - 28	32 - 34
22 - 24	28 - 30	> 34

ESCALA 1 : 5'000,000

Capitales  
División estatal

0 125 250 500 750 1,000 Kilómetros

Este mapa fue elaborado a partir de las normales mensuales de temperatura máxima del sistema de información climática del INIFAP, aplicando resultados del proyecto aplicando resultados del modelo ensamble de Magaña y Caetano (2007).

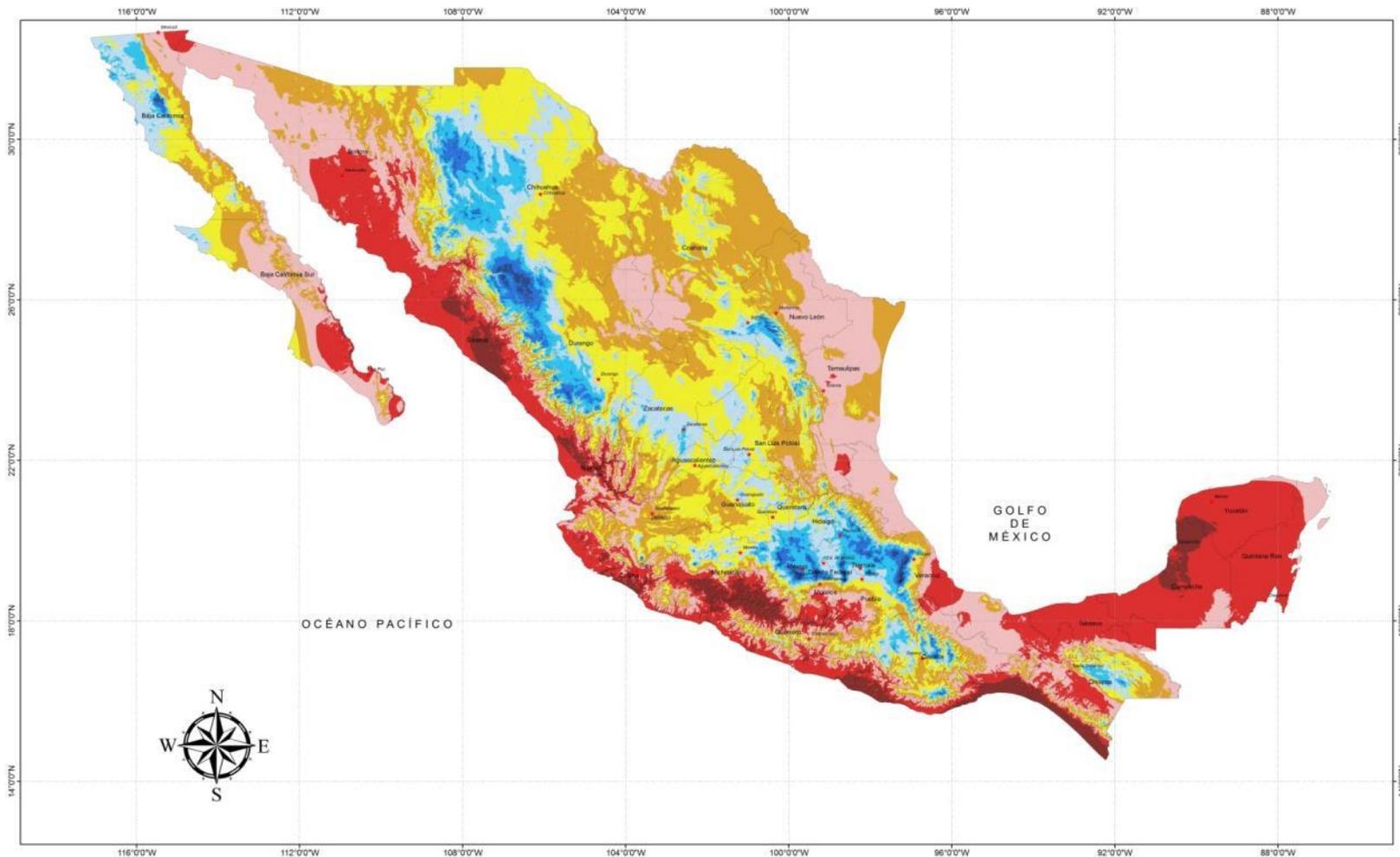
Proyección ..... Geográfica  
 Esferoide ..... WGS 84  
 Datum ..... NAD 27  
 Elaboración ..... 2 0 1 2  
 Autor ..... INIFAP

**¡ IMPORTANTE !**  
 Este mapa tiene el objetivo de apoyar la toma de decisiones, el INIFAP se deslinda de las acciones emprendidas por las personas y/o dependencias que basen la toma de decisiones en la información aquí mostrada.

Línea de Acción 11:  
 Delimitación de potencial productivo bajo condiciones de temporal en el ciclo PV considerando escenarios de cambio climático.  
 Entregable:  
 Mapas nacionales de temperatura media, máxima y mínima anuales en los escenarios futuros 2011-2020, 2021-2030, 2031-2040 y 2041-2050 (12 mapas).



## Estados Unidos Mexicanos



Escenario 2021-2030  
Temperatura máxima media anual (°C)

< 20	24 - 26	30 - 32
20 - 22	26 - 28	32 - 34
22 - 24	28 - 30	> 34

ESCALA 1 : 5'000,000

Capitales  
 División estatal

0 125 250 500 750 1,000 Kilómetros

Este mapa fue elaborado a partir de las normales mensuales de temperatura máxima del sistema de información climática del INIFAP, aplicando resultados del proyecto aplicando resultados del modelo ensamble de Magaña y Caetano (2007).

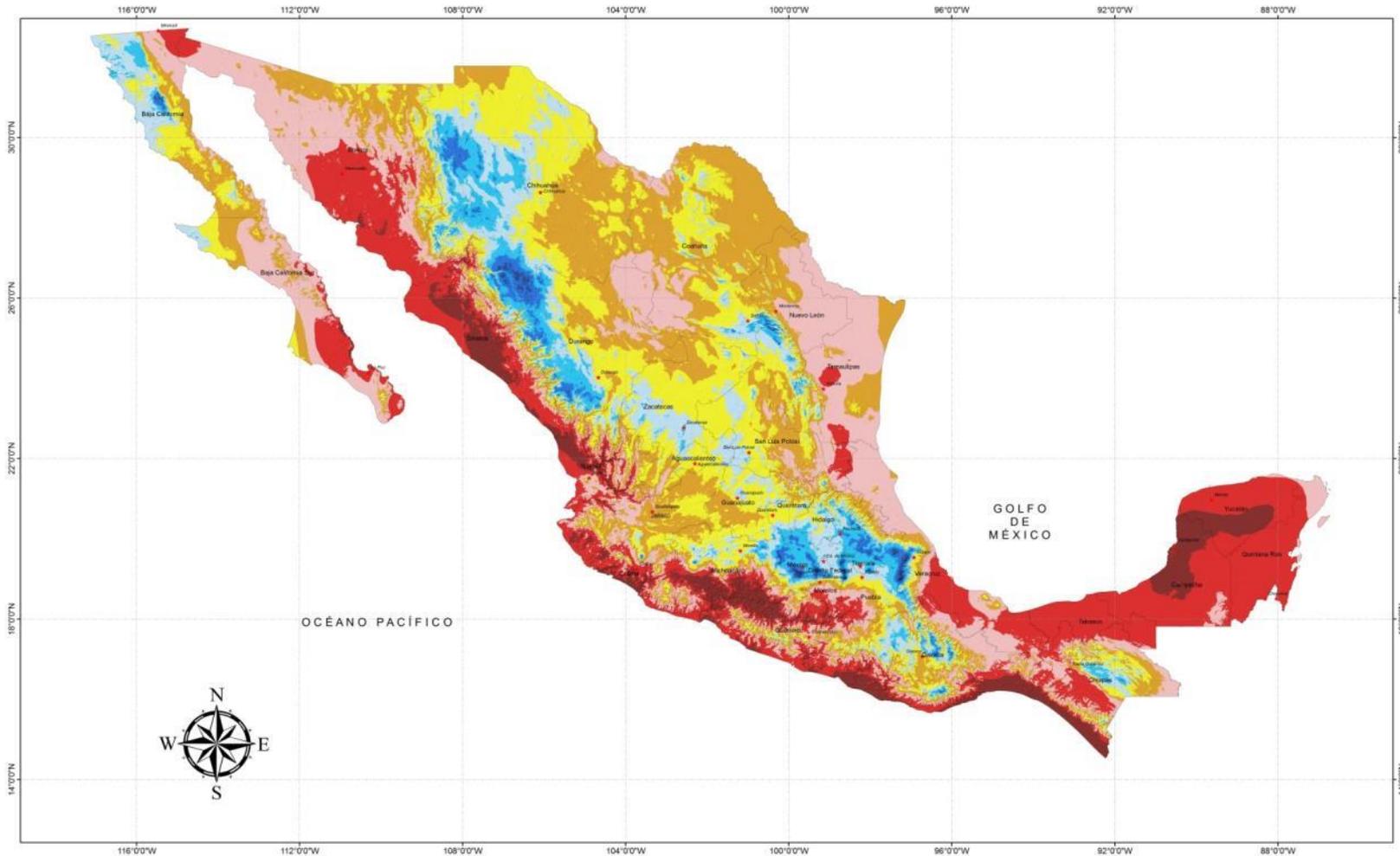
Proyección ..... Geográfica  
 Esferoide ..... W G S 84  
 Datum ..... N A D 27  
 Elaboración ..... 2 0 1 2  
 Autor ..... INIFAP

**¡ M P O R T A N T E !**  
Este mapa tiene el objetivo de apoyar la toma de decisiones, el INIFAP se deslinda de las acciones emprendidas por las personas y/o dependencias que basen la toma de decisiones en la información aquí mostrada.

Línea de Acción 11:  
 Delimitación de potencial productivo bajo condiciones de temporal en el ciclo PV considerando escenarios de cambio climático.  
 Entregable:  
 Mapas nacionales de temperatura media, máxima y mínima anuales en los escenarios futuros 2011-2020, 2021-2030, 2031-2040 y 2041-2050 (12 mapas).



## Estados Unidos Mexicanos



Escenario 2031-2040  
Temperatura máxima media anual (°C)

< 20	24 - 26	30 - 32
20 - 22	26 - 28	32 - 34
22 - 24	28 - 30	> 34

ESCALA 1 : 5'000,000

Capitales  
 División estatal

0 125 250 500 750 1,000 Kilómetros

Este mapa fue elaborado a partir de las normales mensuales de temperatura máxima del sistema de información climática del INIFAP, aplicando resultados del proyecto aplicando resultados del modelo ensamble de Magaña y Caetano (2007).

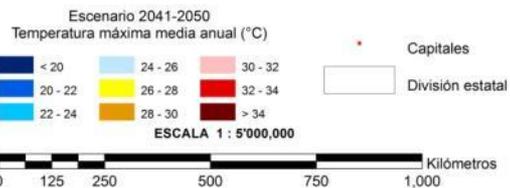
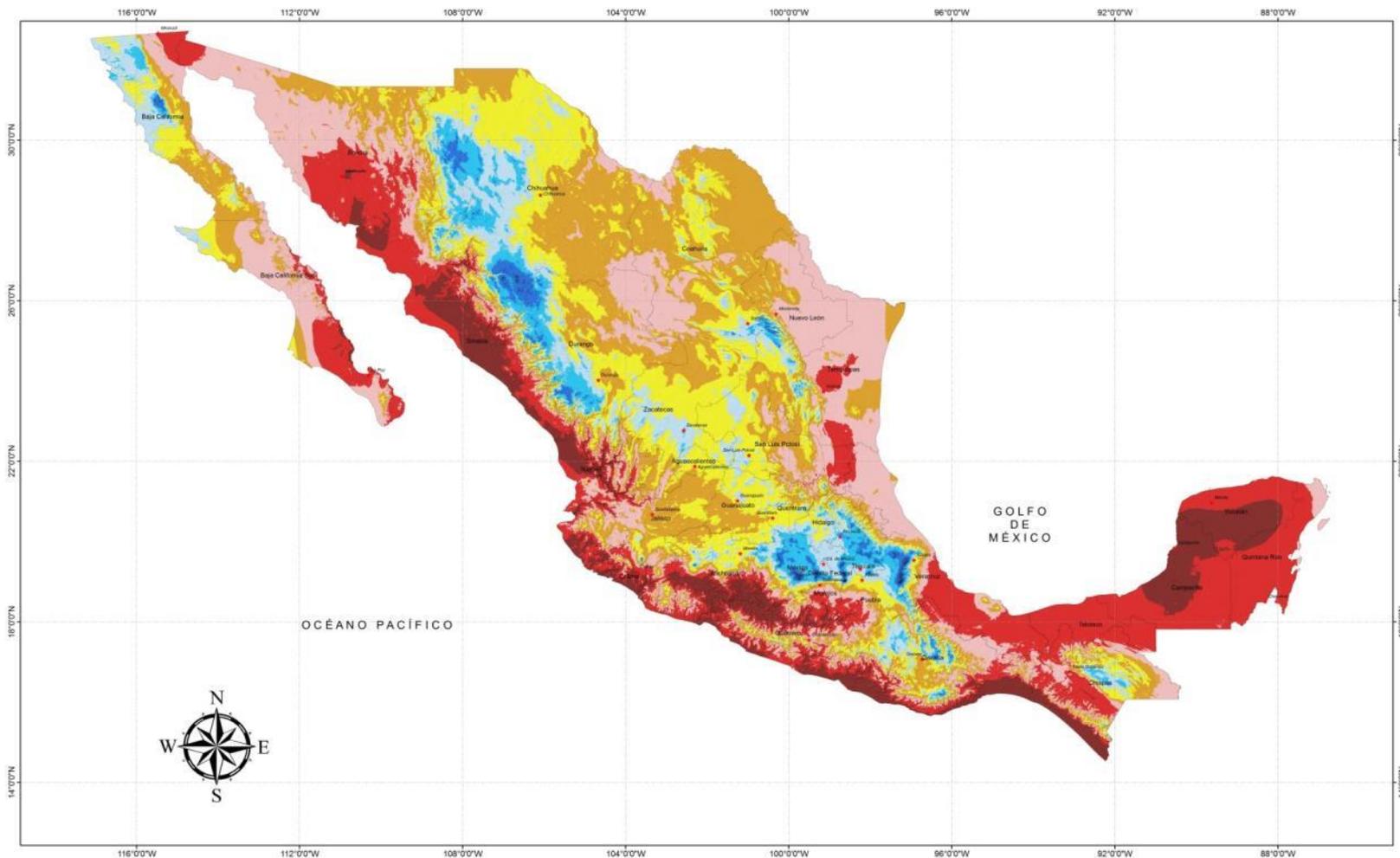
Proyección ..... Geográfica  
 Esferoide ..... W G S 84  
 Datum ..... N A D 27  
 Elaboración ..... 2 0 1 2  
 Autor ..... INIFAP

**¡ M P O R T A N T E !**  
Este mapa tiene el objetivo de apoyar la toma de decisiones, el INIFAP se deslinda de las acciones emprendidas por las personas y/o dependencias que basen la toma de decisiones en la información aquí mostrada.

Línea de Acción 11:  
 Delimitación de potencial productivo bajo condiciones de temporal en el ciclo PV considerando escenarios de cambio climático.  
 Entregable:  
 Mapas nacionales de temperatura media, máxima y mínima anuales en los escenarios futuros 2011-2020, 2021-2030, 2031-2040 y 2041-2050 (12 mapas).



## Estados Unidos Mexicanos



Este mapa fue elaborado a partir de las normales mensuales de temperatura máxima del sistema de información climática del INIFAP, aplicando resultados del proyecto aplicando resultados del modelo ensamble de Magaña y Caetano (2007).

Proyección ..... Geográfica  
Esférico ..... W G S 84  
Datum ..... N A D 27  
Elaboración ..... 2 0 1 2  
Autor ..... INIFAP

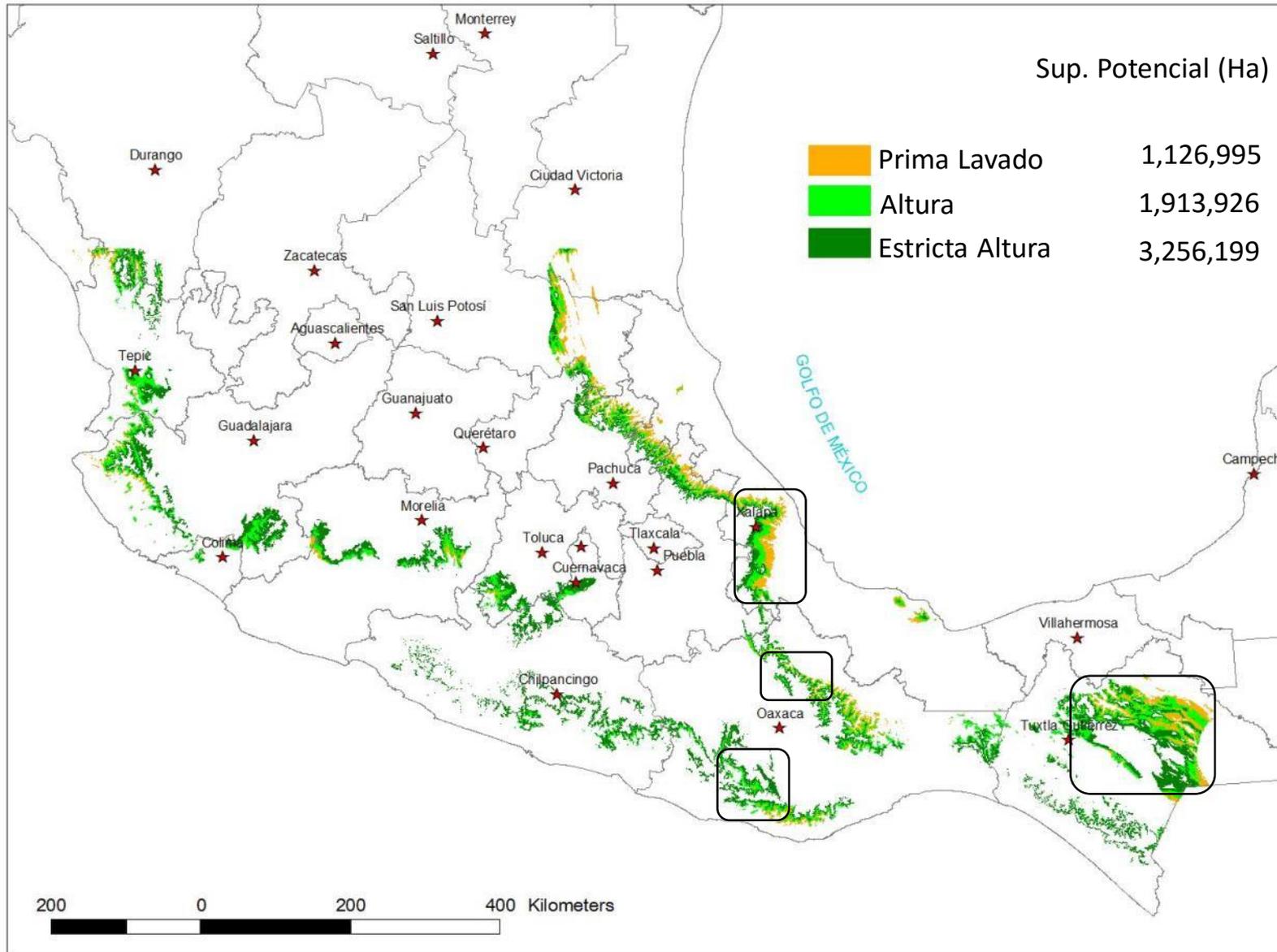
**¡ M P O R T A N T E !**  
Este mapa tiene el objetivo de apoyar la toma de decisiones, el INIFAP se deslinda de las acciones emprendidas por las personas y/o dependencias que basen la toma de decisiones en la información aquí mostrada.

Línea de Acción 11:  
Delimitación de potencial productivo bajo condiciones de temporal en el ciclo PV considerando escenarios de cambio climático.  
Entregable:  
Mapas nacionales de temperatura media, máxima y mínima anuales en los escenarios futuros 2011-2020, 2021-2030, 2031-2040 y 2041-2050 (12 mapas).



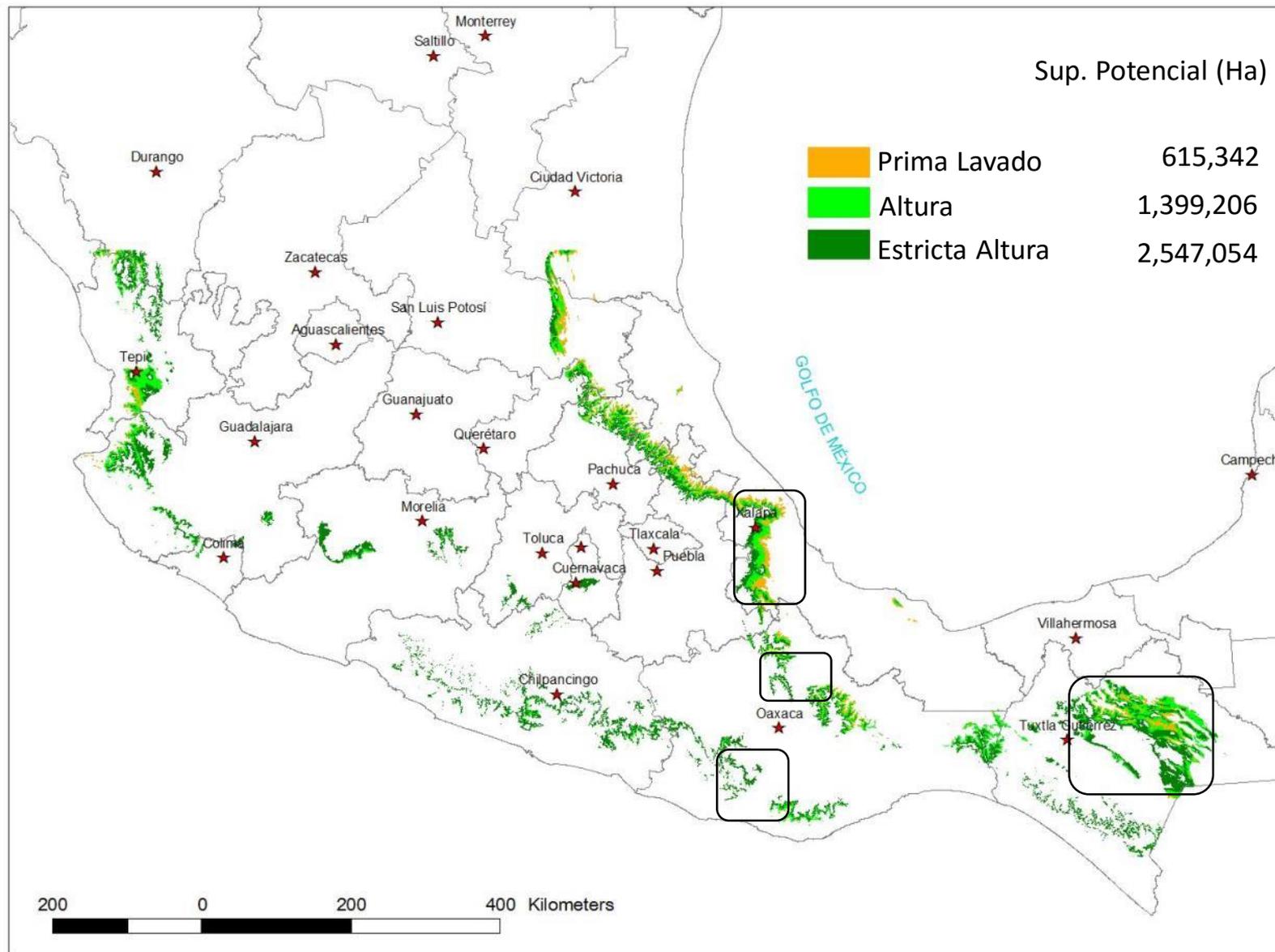
# Potencial Productivo de Café Arábica

## Escenario Actual



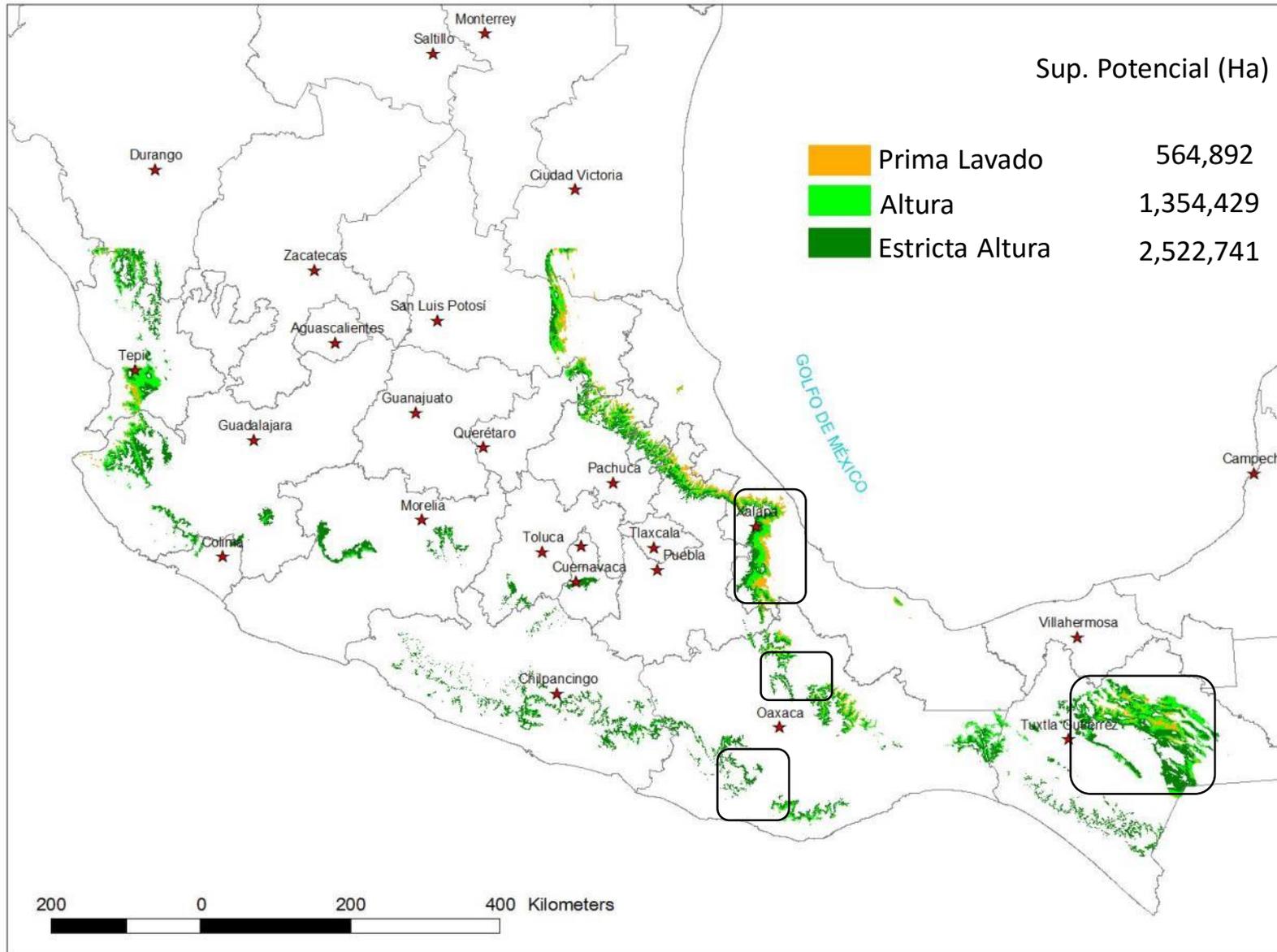
# Movilidad del potencial productivo y roya del café ante escenarios de cambio climático

## Escenario 2011 - 2020



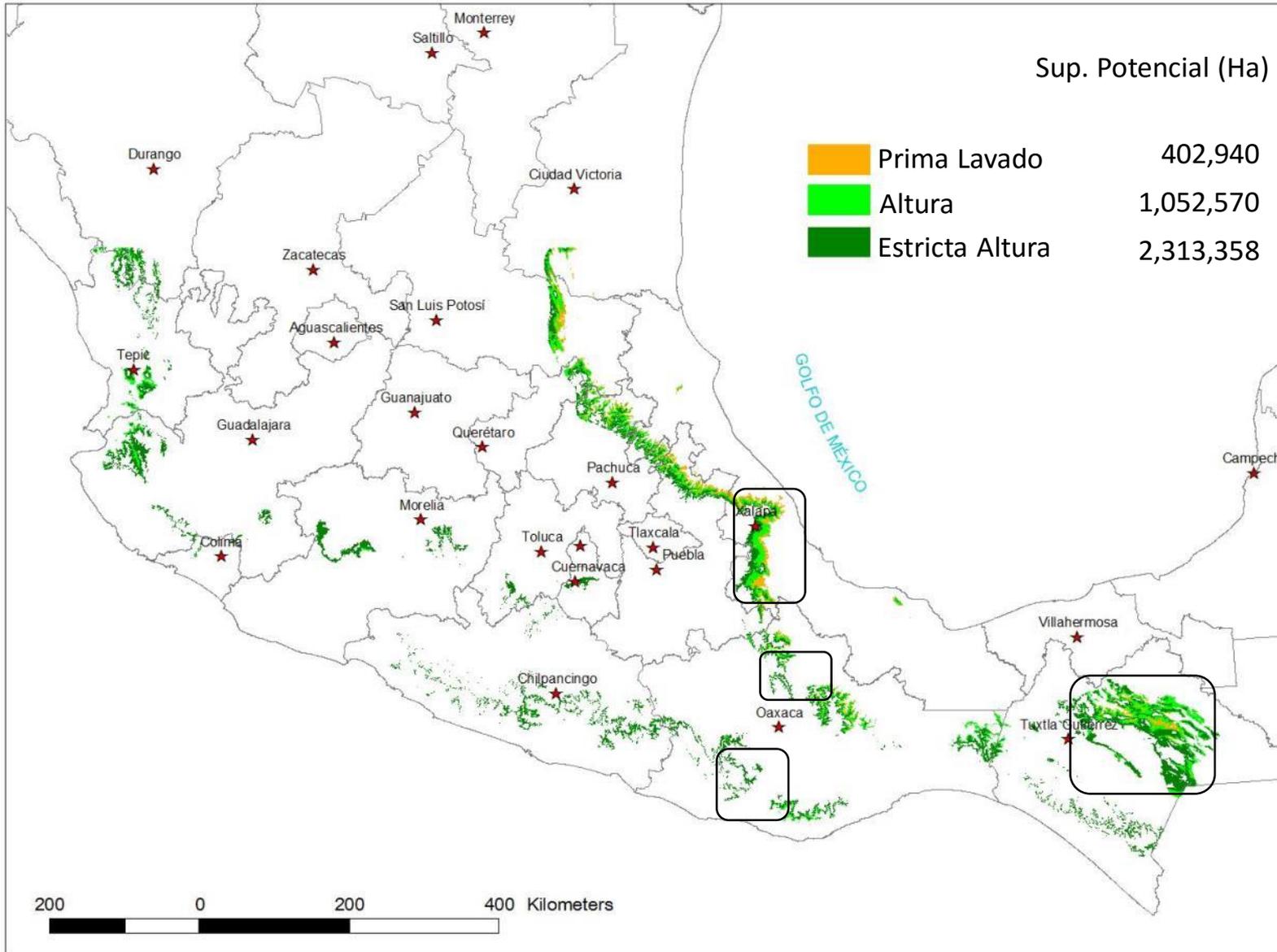
# Movilidad del potencial productivo y roya del café ante escenarios de cambio climático

## Escenario 2021 - 2030



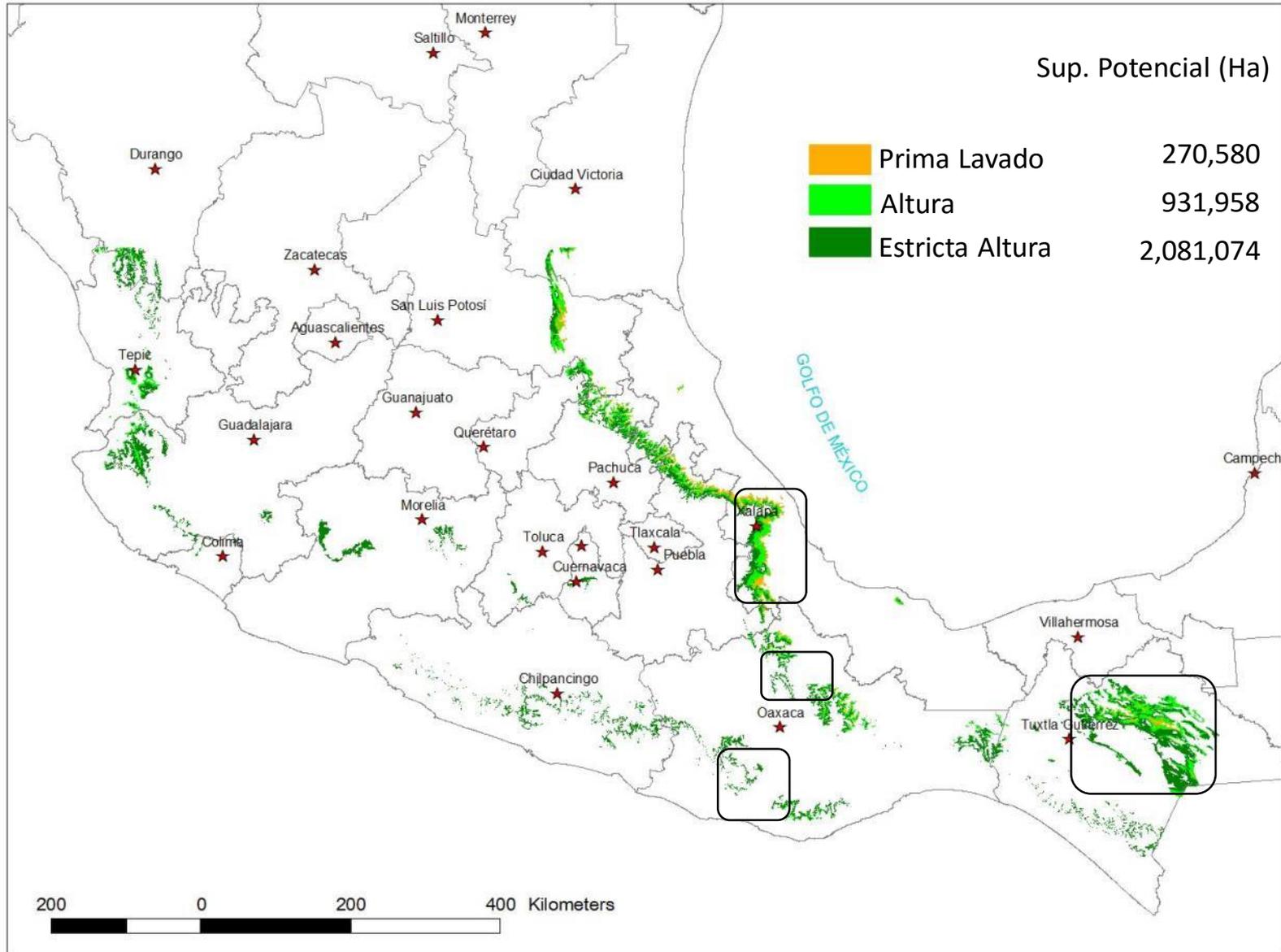
# Movilidad del potencial productivo y roya del café ante escenarios de cambio climático

## Escenario 2031 - 2040



# Movilidad del potencial productivo y roya del café ante escenarios de cambio climático

## Escenario 2041 - 2050

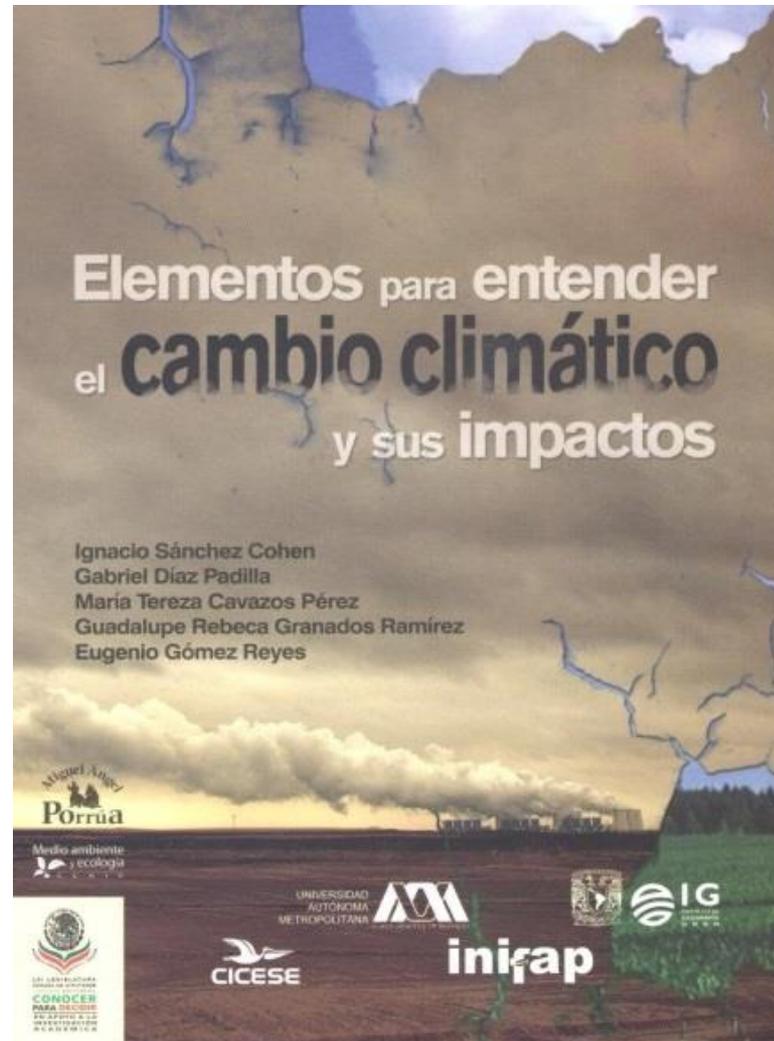


## Conclusiones

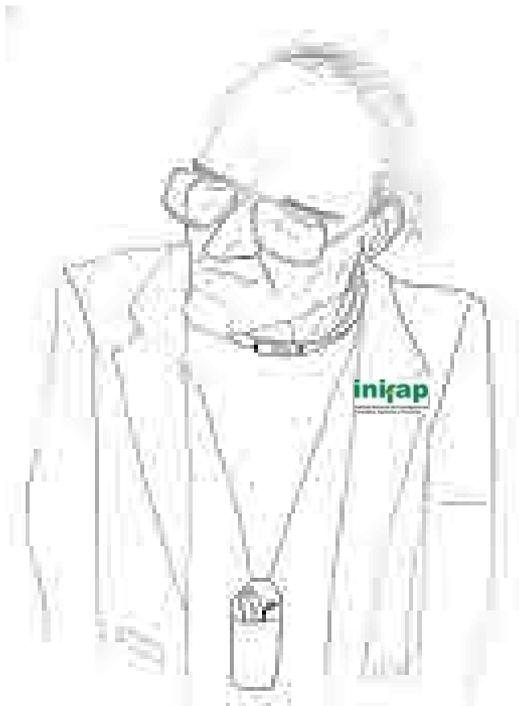
Mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica y Geoestadística es posible modelar el potencial productivo actual del cafeto por calidad de taza y su riesgo de roya asociado.

Con la utilización de los escenarios propuestos por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), es posible definir en forma puntual y espacial los probables cambios del potencial productivo así como la roya del café.

Con la información generada de SENASICA a través de sus campañas de muestreo, se facilita la calibración y validación de los modelos desarrollados.



Alguna duda o reclamación  
nos vemos en el 2050 😊



**GRACIAS!!!**