



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DEL ESTADO DE HIDALGO

# Retos en la conservación de la biodiversidad ante el cambio climático

Dr. Israel Estrada Contreras

JULIO 2021

---

# Índice

Biodiversidad

Amenazas a los ecosistemas

Cambio climático

Respuestas de la biodiversidad

Modelo de Nicho Ecológico



# Biodiversidad

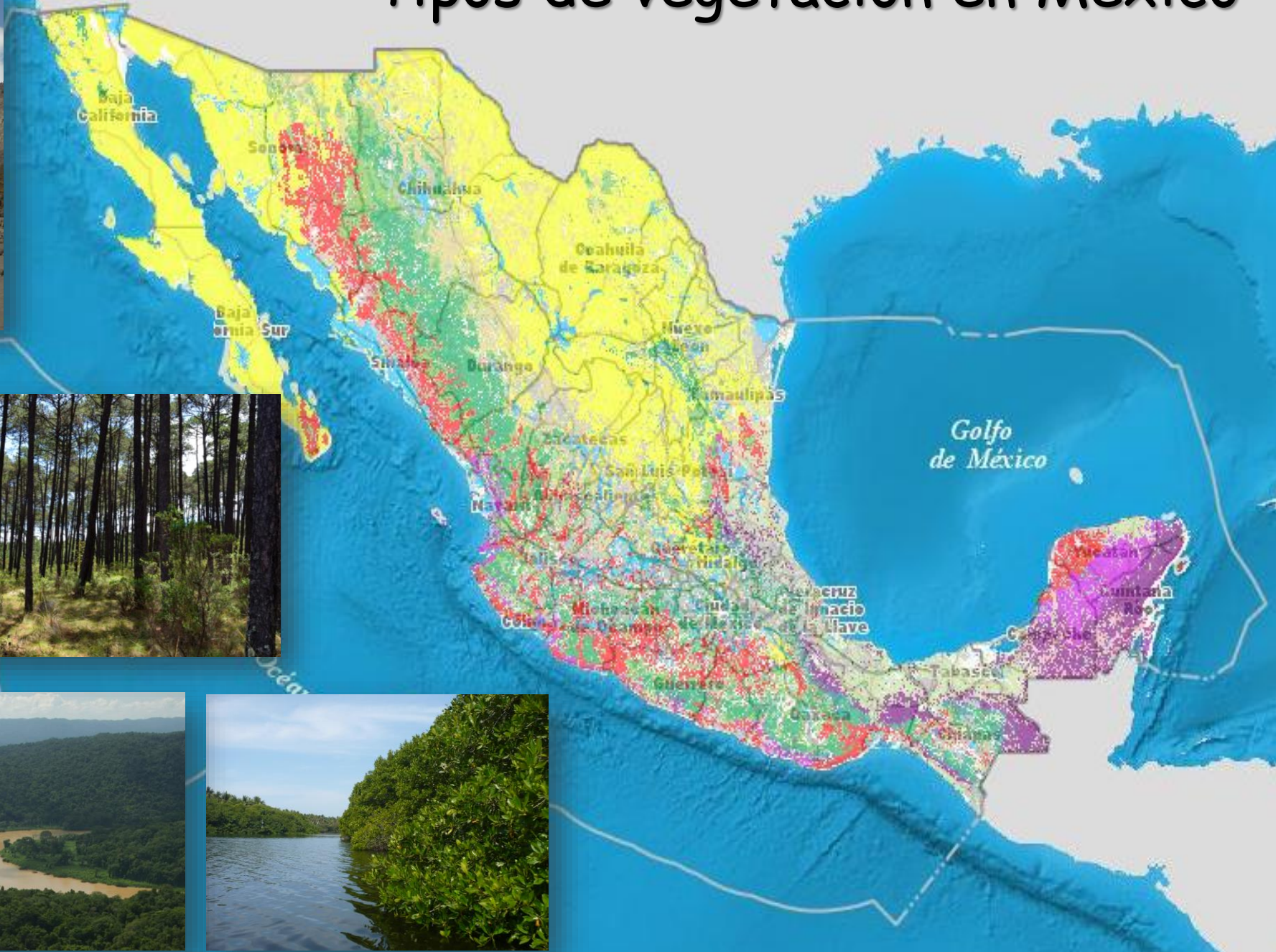




Hoy, México se reconoce como el centro de origen o de domesticación de diversidad genética de 200 especies de plantas comestibles entre las que se encuentran el maíz (*Zea mays*), el chile (*Capsicum spp.*), el frijol (*Phaseolus spp.*), la calabaza (*Cucurbita spp.*), el amaranto (*Amaranthus spp.*), el tomate verde o miltomate (*Physalis philadelphica*), la vainilla (*Vanilla spp.*), el maguey (*Agave spp.*) y nopal (*Opuntia spp.*)

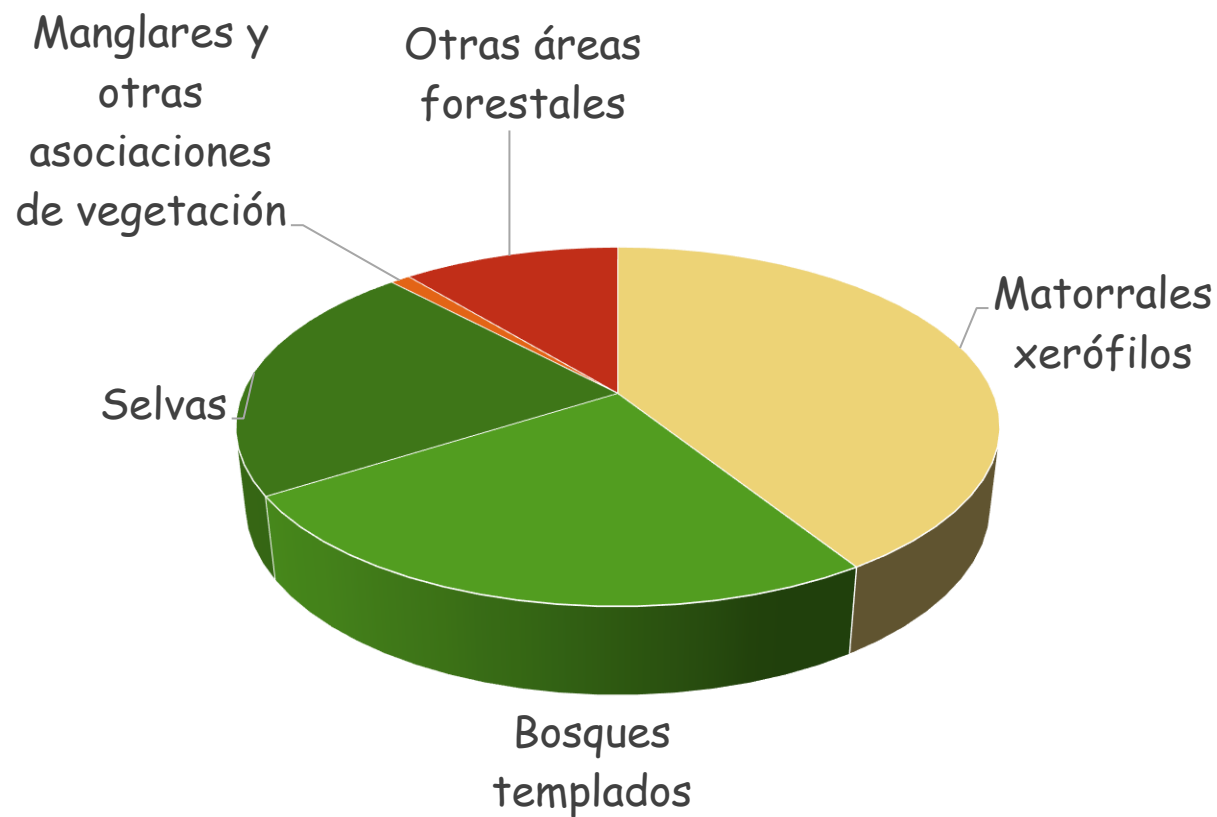


# Tipos de vegetación en México



# De acuerdo al Programa Nacional Forestal 2020-2024

Cerca del 70% del territorio mexicano, 137.8 millones de hectáreas (ha.) está cubierto por algún tipo de vegetación forestal.



Vegetación	Superficie (%)
Matorrales xerófilos	41
Bosques templados	25
Selvas	22
Manglares y otras asociaciones de vegetación	1
Otras áreas forestales	11

# ¿Y porqué son importantes los ecosistemas forestales?

Son un bien público esencial para el desarrollo sostenible debido a que proveen servicios ambientales vitales para los seres humanos.





# ¿Y porqué son importantes los ecosistemas forestales?

Son un bien público esencial para el desarrollo sostenible debido a que proveen servicios ambientales vitales para los seres humanos.

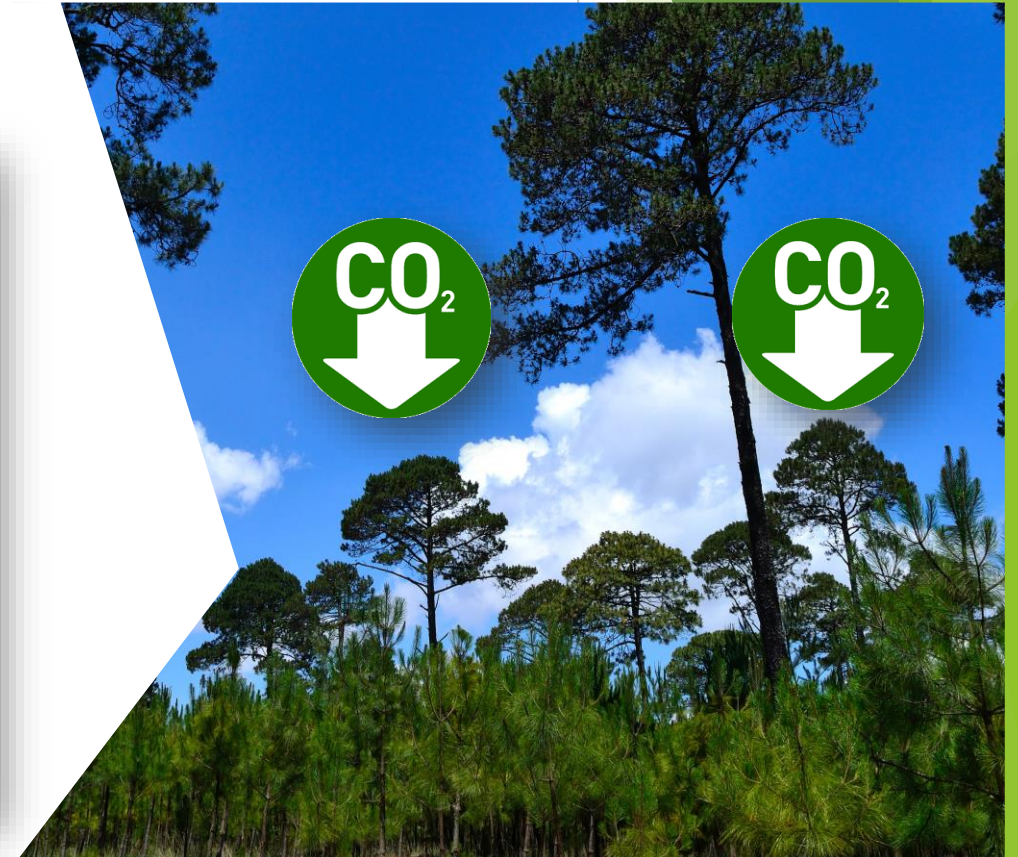
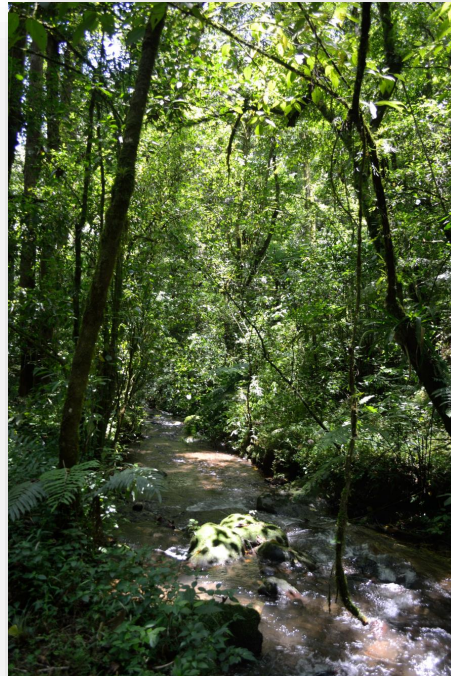
## Servicios de abastecimiento

- Alimento,
- Materias primas,
- Agua dulce,
- Recursos medicinales.



# Servicios de regulación

- Clima local y calidad del aire,
- Secuestro y almacenamiento de carbono,
- Moderación de fenómenos extremos,
- Tratamiento de aguas residuales,
- Prevención de la erosión y conservación de la fertilidad del suelo,
- Polinización,
- Control biológico de plagas,
- Regulación de los flujos de agua.



# Servicios de apoyo

- Hábitat para especies
- Conservación de la diversidad genética

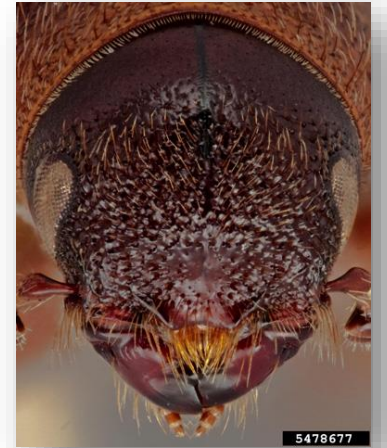


## Servicios culturales

- Actividades de recreo y salud mental y física,
- Turismo,
- Apreciación estética e inspiración para la cultura, el arte y el diseño,
- Experiencia espiritual y sentimiento de pertenencia.

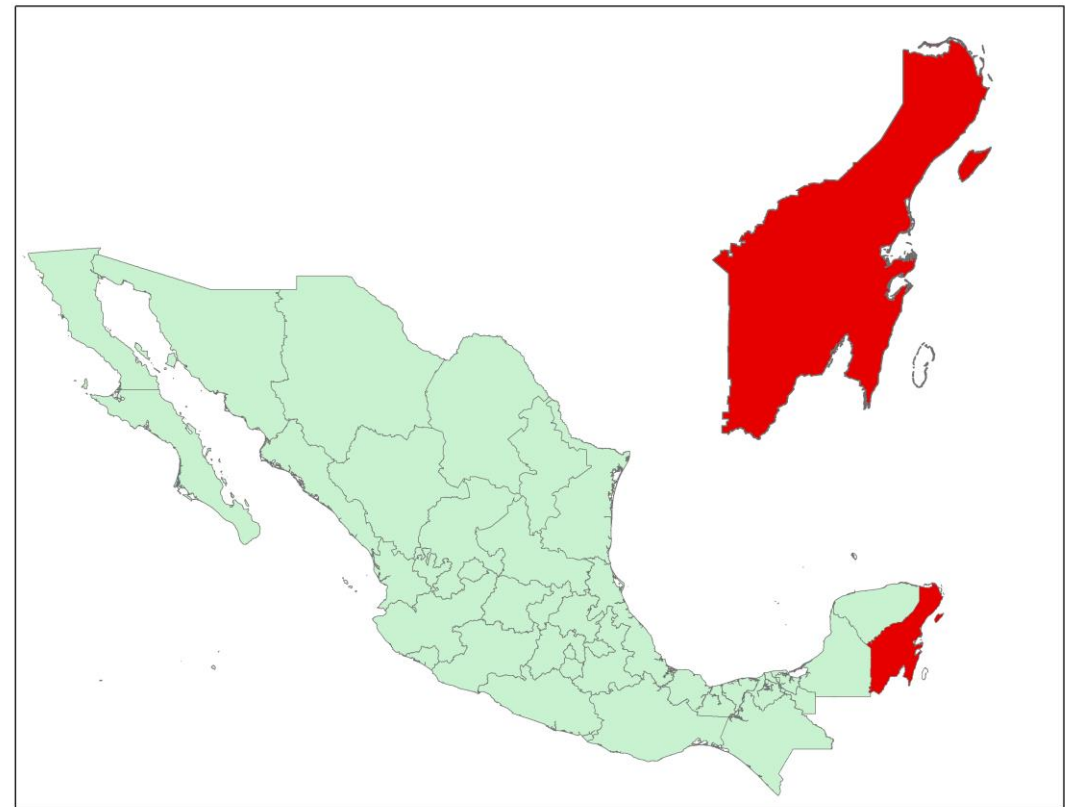


# Principales amenazas a los ecosistemas

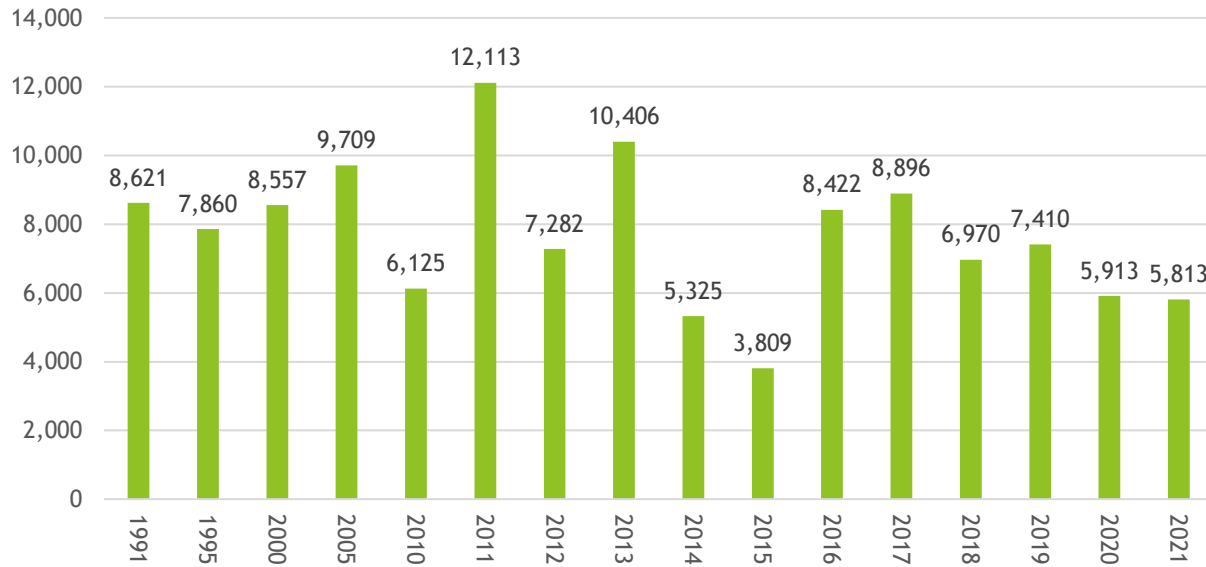


# Tasa de deforestación

Área bosque (*1000 ha)				1990-2000		2000-2010		2010-2020	
1990	2000	2010	2020	*1000 ha/año	%	*1000 ha/año	%	*1000 ha/año	%
70,592	68,381	66,943	65,692	-221	-0.32	-143.8	-0.21	-125.1	-0.19



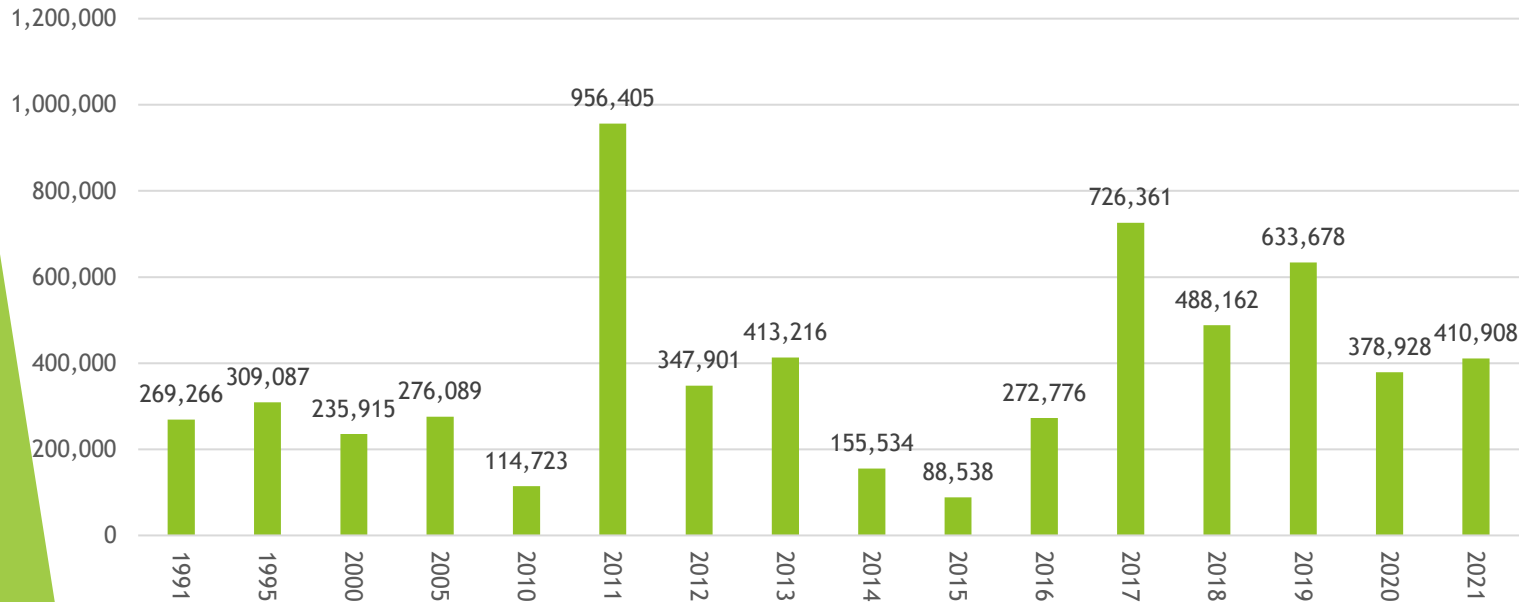
Número de incendios

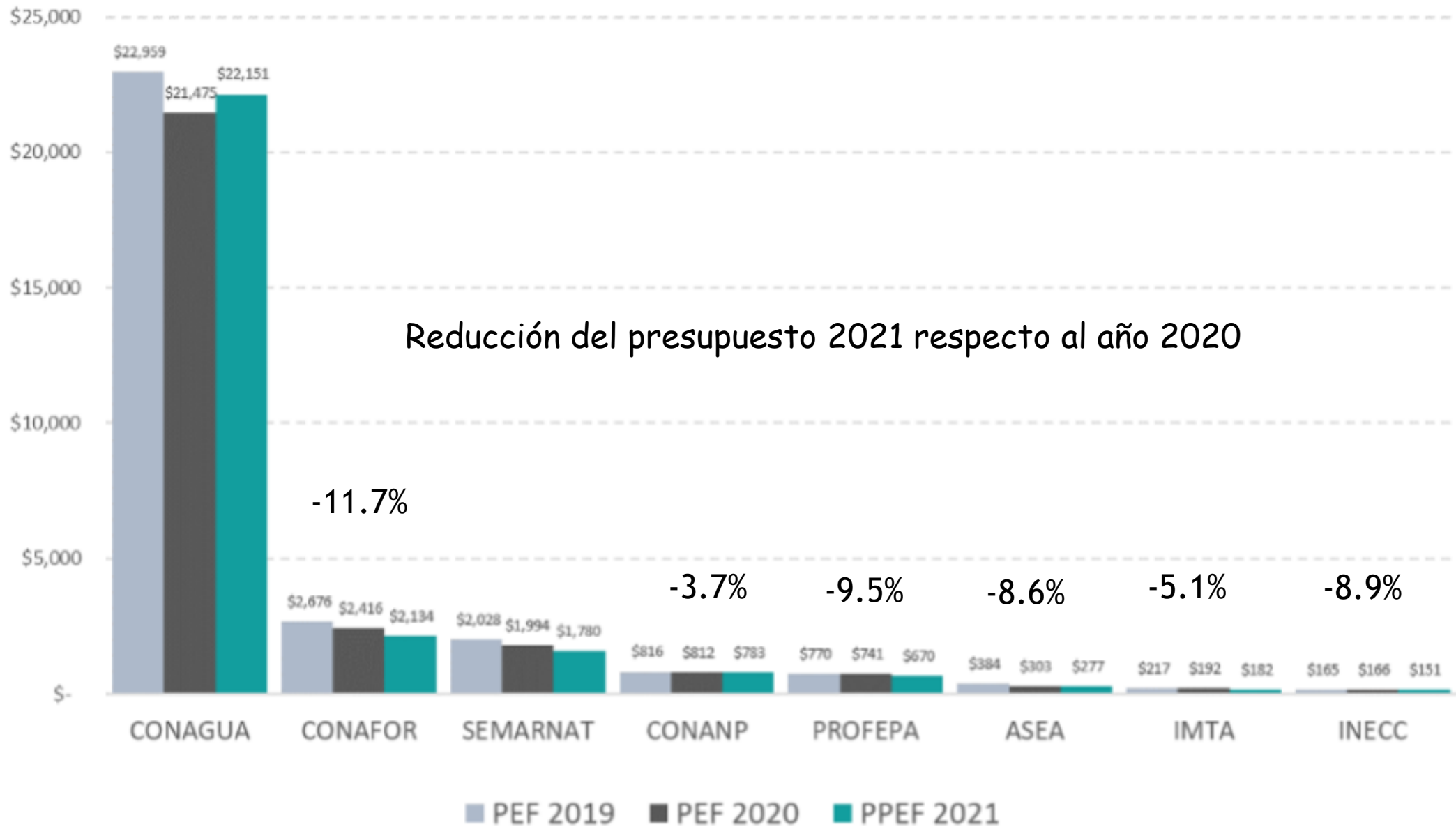


# Incendios forestales



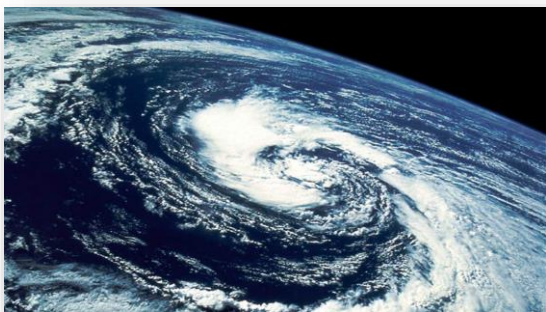
Superficie afectada (ha)







# Cambio climático



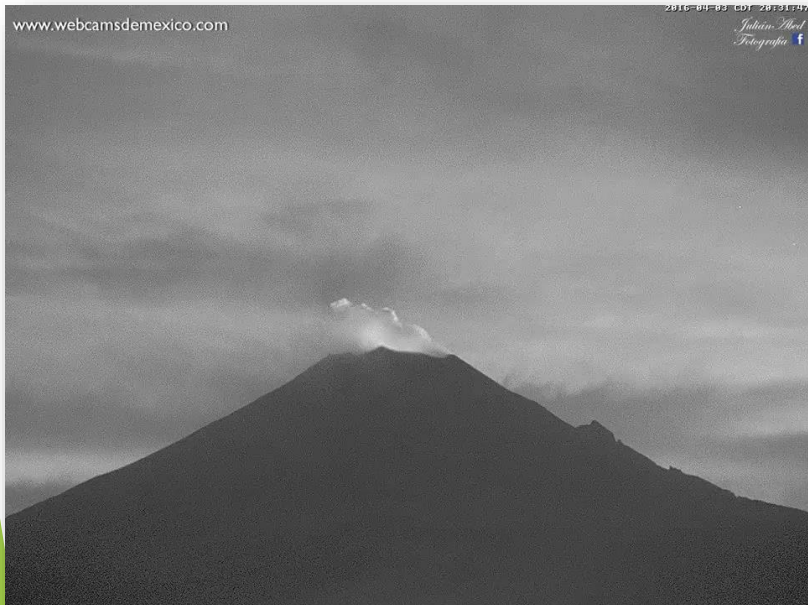
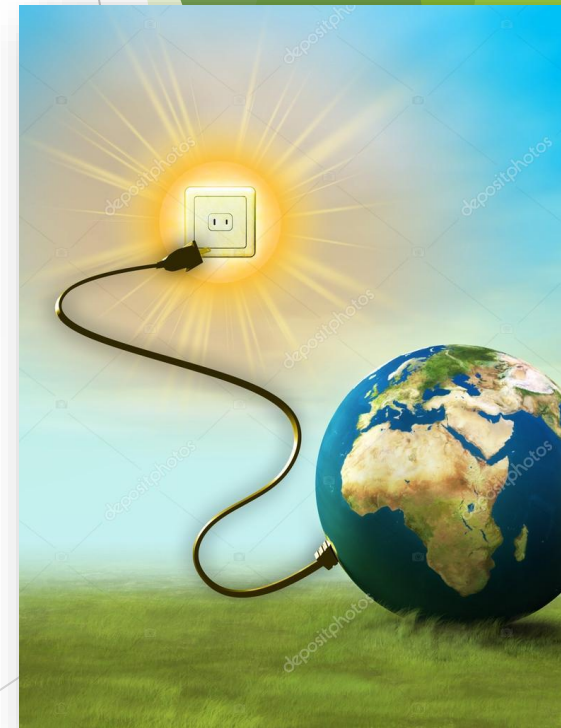
¿Pero qué es el cambio climático?



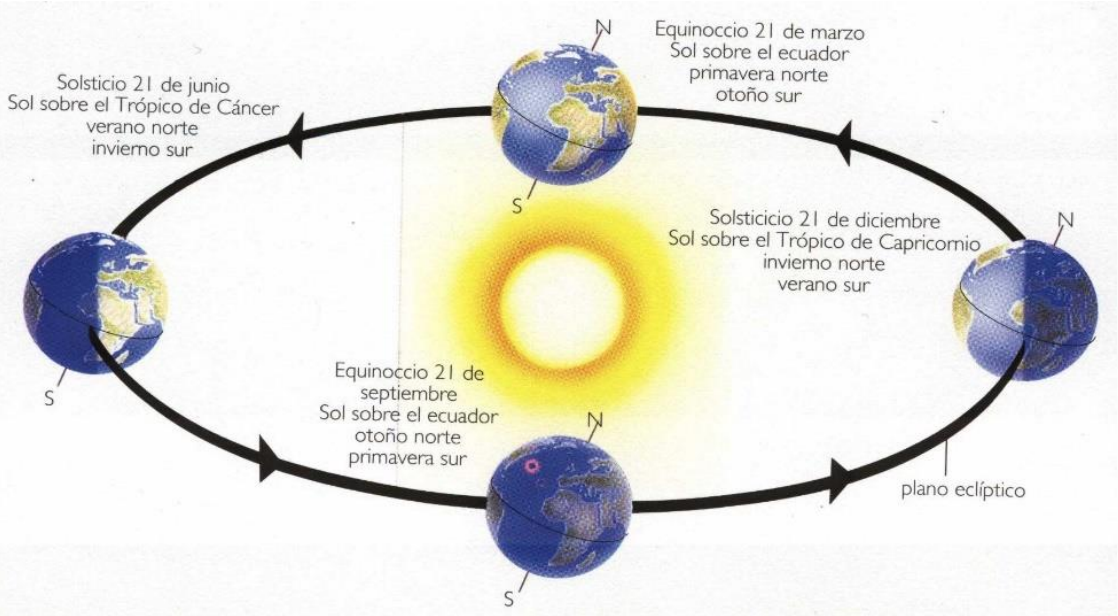
¿Es un fenómeno nuevo?

El cambio climático se refiere a la modificación en el estado del clima que puede ser identificado por cambios en el promedio o en la variación de sus propiedades (Hegerl *et al.*, 2007). Algunos de los factores que pueden modificar el clima terrestre son:

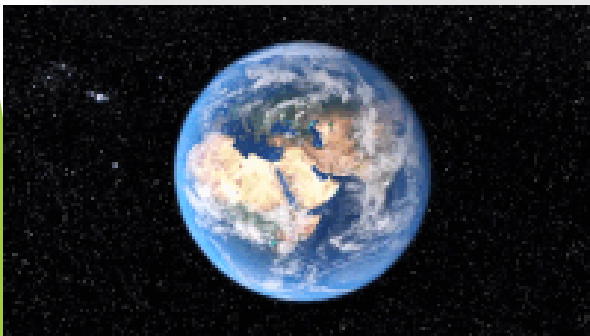
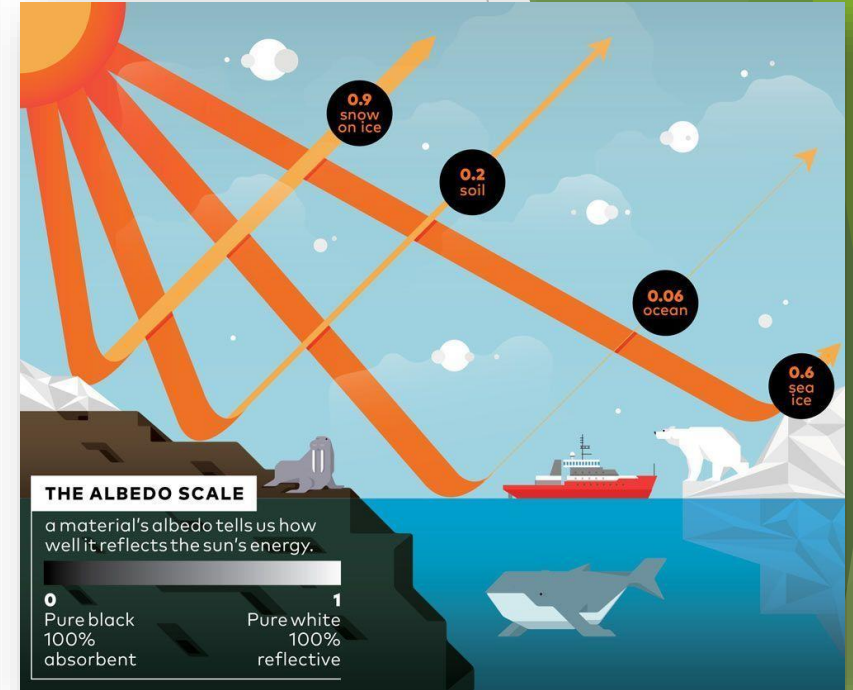
- Erupciones volcánicas,
- Variaciones en la cantidad de energía del Sol
- Cambios en la composición de la atmosfera.



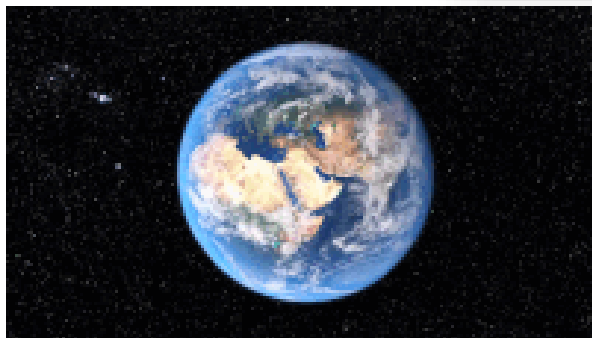
# Modificación de la radiación solar entrante



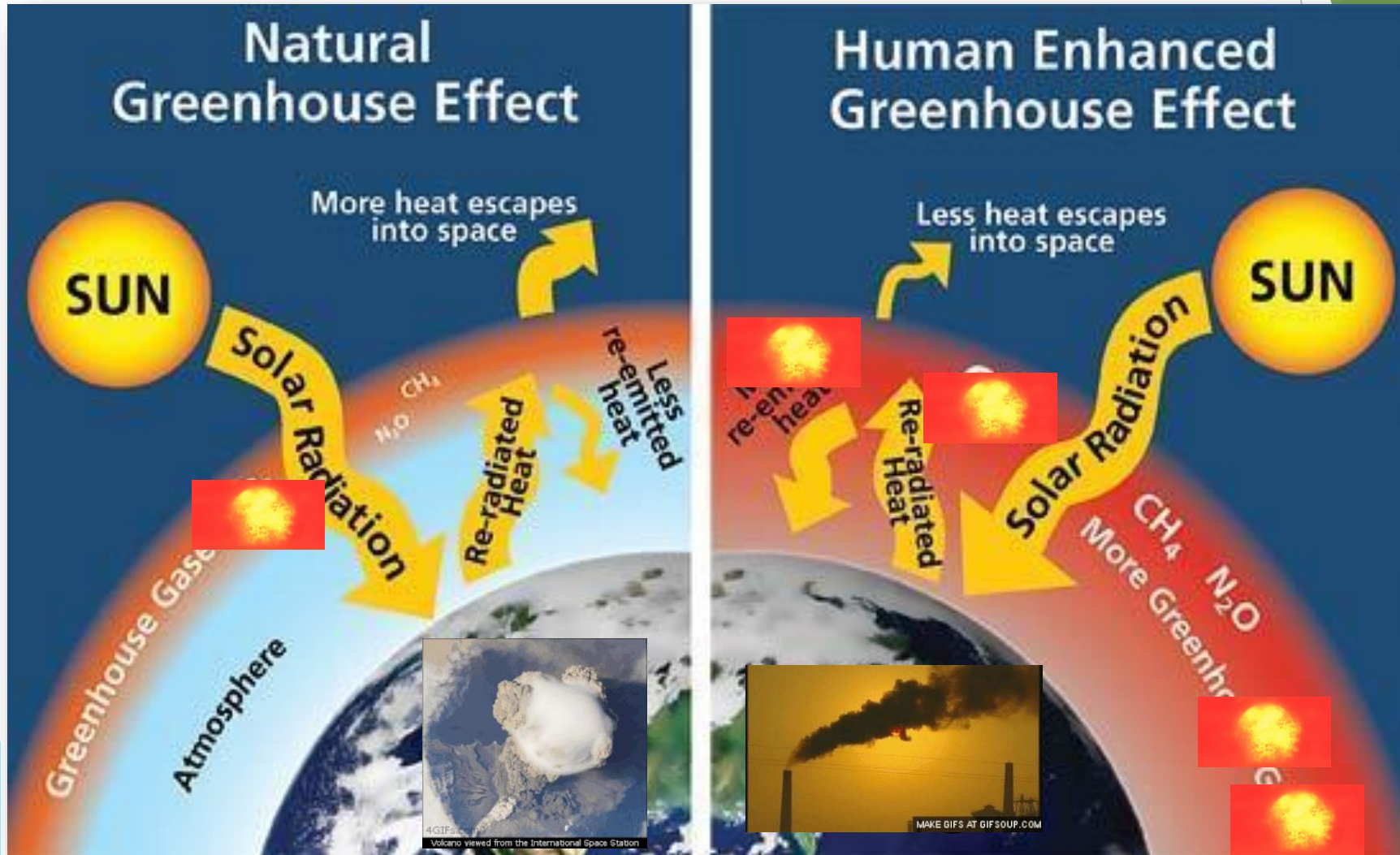
# Cambios en la cantidad de energía solar que es reflejada (Albedo).



# Cambios en la composición atmosférica

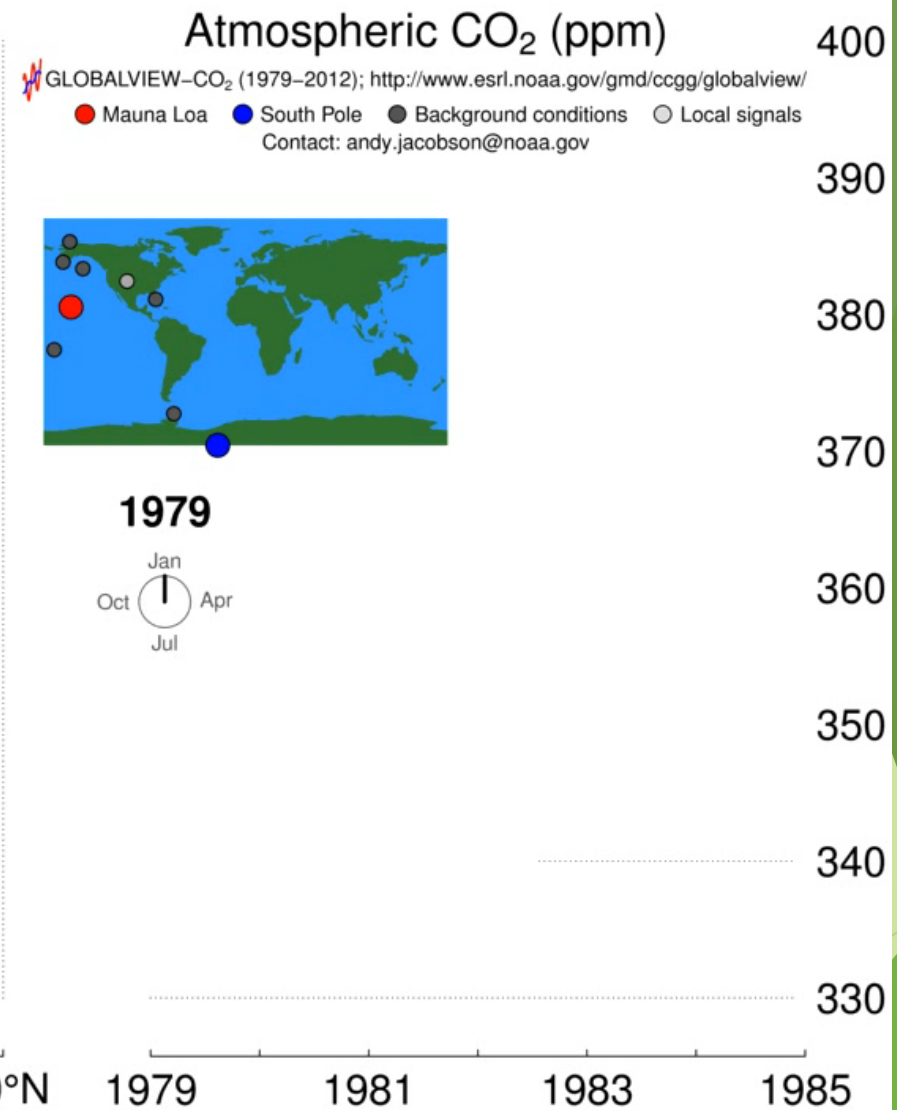
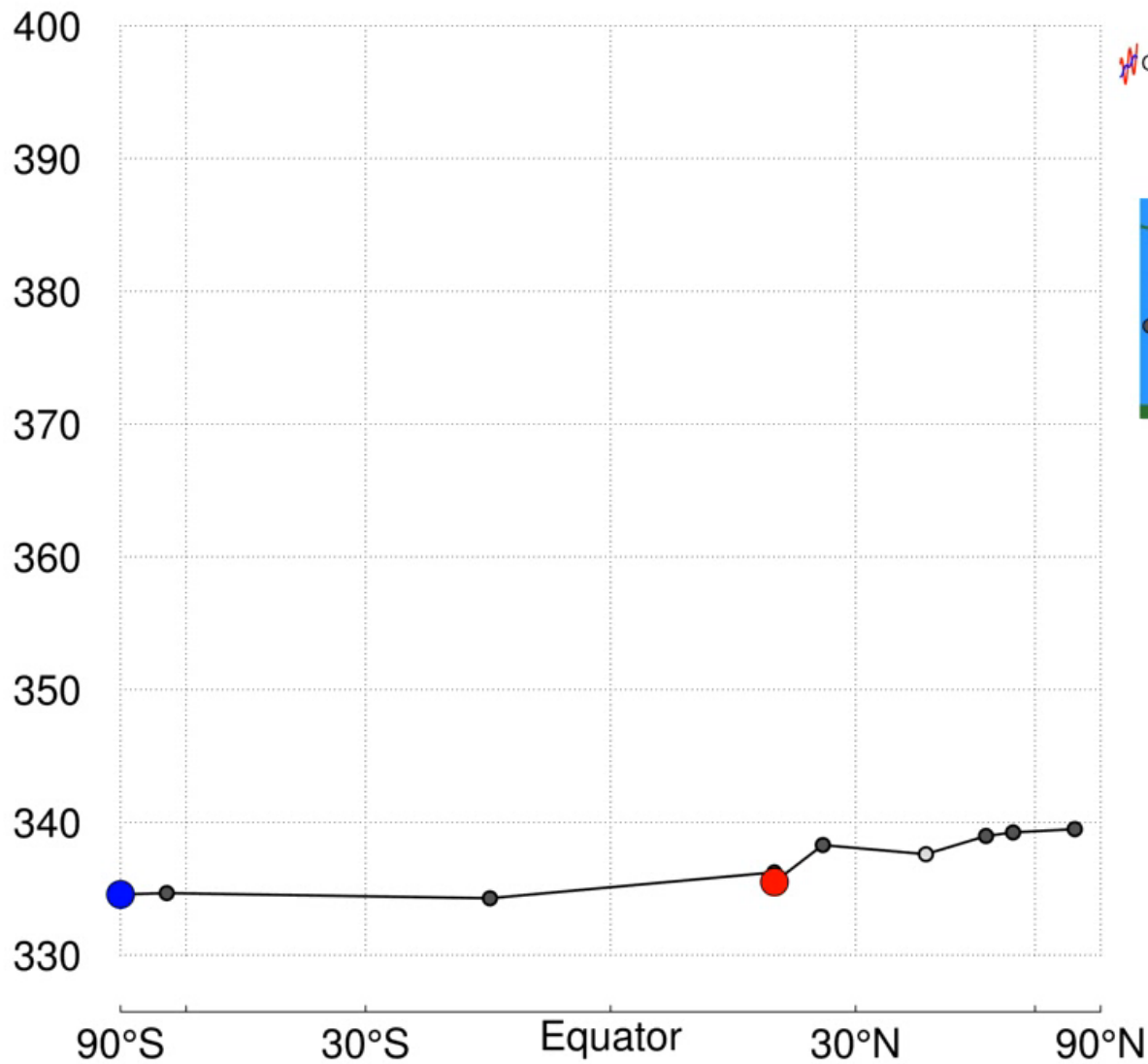


El cambio climático causado por los humanos es provocado por el aumento en la cantidad de gases invernadero de la atmosfera (principalmente por la quema de combustibles fósiles), así como por los cambios en el uso de suelo.



280 ppm  $CO_2$   
preindustrial  
(1750)

419.13 ppm  $CO_2$   
(mayo 2021)



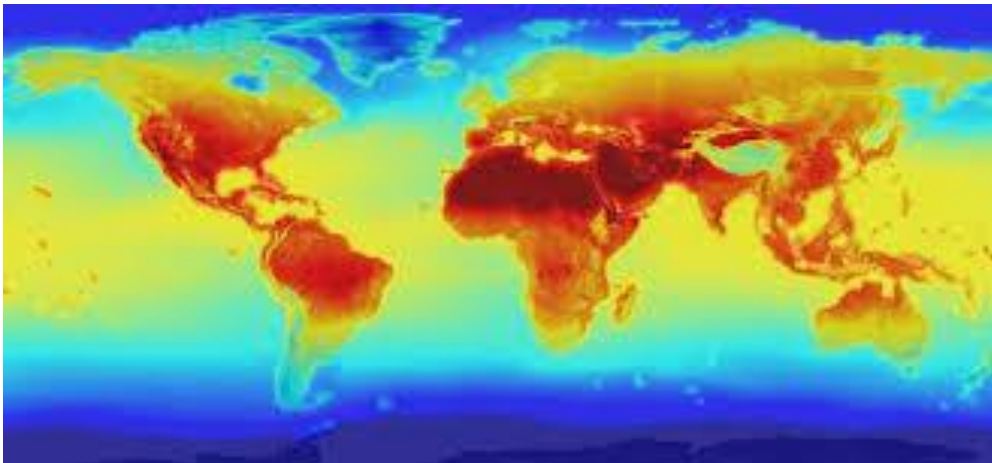


# Escenarios de cambio climático

			2046-2065		2081-2100	
	Escenario *	Concentración CO <sub>2</sub> (ppm)	Media	Rango probable	Media	Rango probable
<b>Cambio en la temperatura media global del aire en superficie (°C)</b>	RCP 2.6	421	1.0	0.4 a 1.6	1.0	0.3 a 1.7
	RCP 4.5	538	1.4	0.9 a 2.0	1.8	1.1 a 2.6
	RCP 6.0	670	1.3	0.8 a 1.8	2.2	1.4 a 3.1
	RCP 8.5	936	2.0	1.4 a 2.6	3.7	<b>2.6 a 4.8</b>

Trayectorias de Concentración Representativas (RCP).

\* Valores del forzamiento radiativo al 2100, expresado en Watts/m<sup>2</sup>

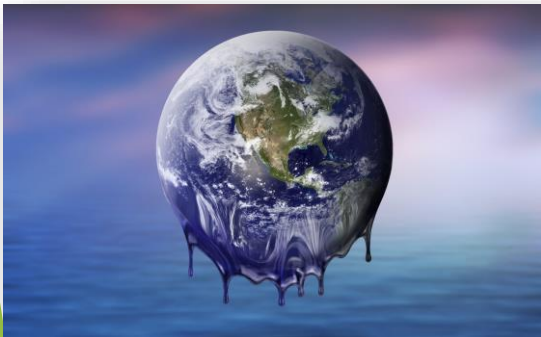


# Escenarios de cambio climático

			2046-2065		2081-2100	
	Escenario *	Concentración CO <sub>2</sub> (ppm)	Media	Rango probable	Media	Rango probable
Cambio en la temperatura media global del aire en superficie (°C)	RCP 2.6	421	1.0	0.4 a 1.6	1.0	0.3 a 1.7
	RCP 4.5	538	1.4	0.9 a 2.0	1.8	1.1 a 2.6
	RCP 6.0	670	1.3	0.8 a 1.8	2.2	1.4 a 3.1
	RCP 8.5	936	2.0	1.4 a 2.6	3.7	2.6 a 4.8

Trayectorias de Concentración Representativas (RCP).

\* Valores del forzamiento radiativo al 2100, expresado en Watts/m<sup>2</sup>



Al año 2200 se proyecta un incremento promedio de temperatura de hasta 12°C



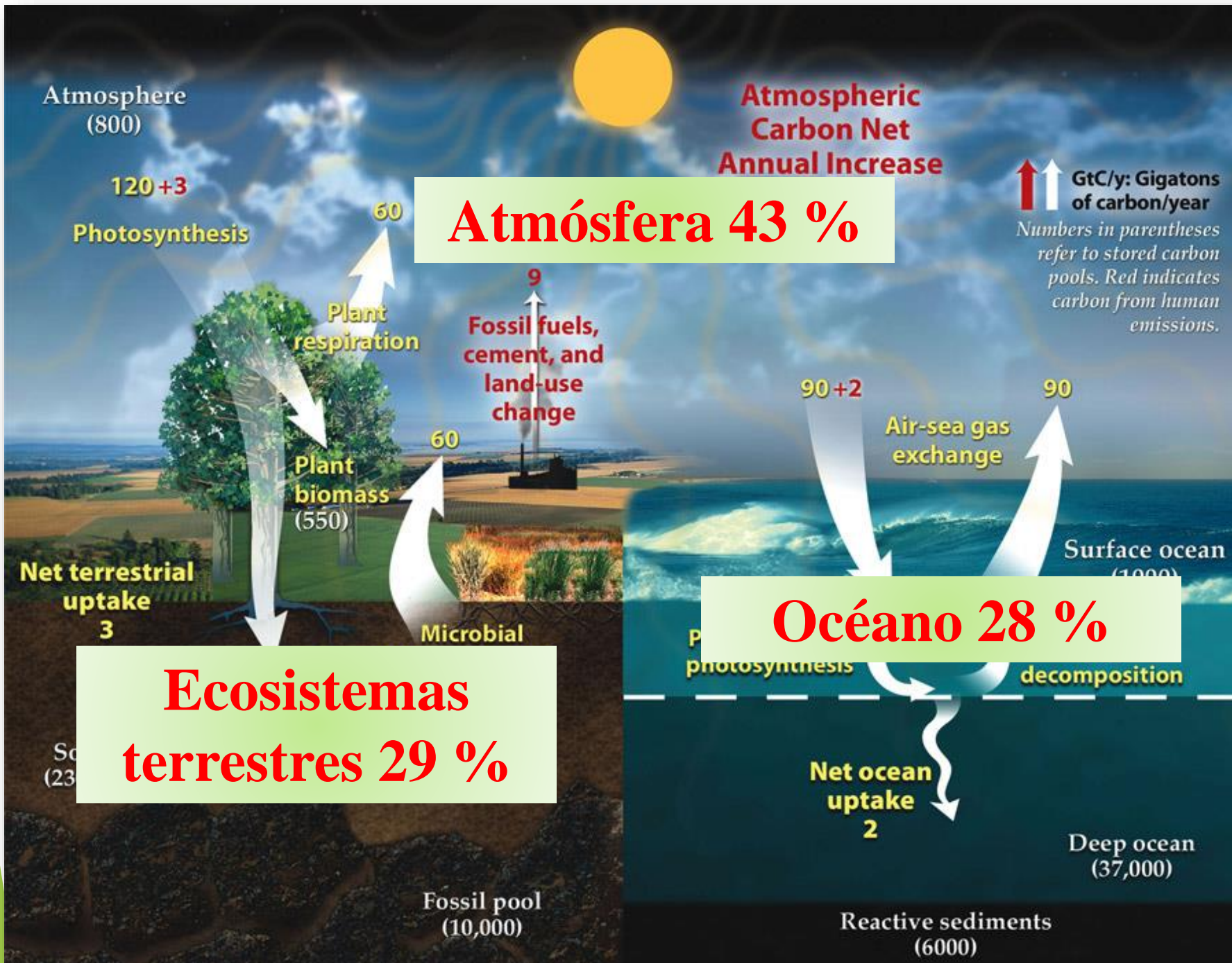
El desierto de Lut, en Irán, y el desierto de Sonora, en México, son los lugares más calurosos de la Tierra, con una temperatura de la superficie terrestre de  $80.8^{\circ}\text{C}$  (Zhao *et al.*, 2021)



<https://conocedores.com/wp-content/uploads/2018/10/sonora-desierto-mexico-17112018in2.jpg>

# ¿A dónde va el $CO_2$ ?

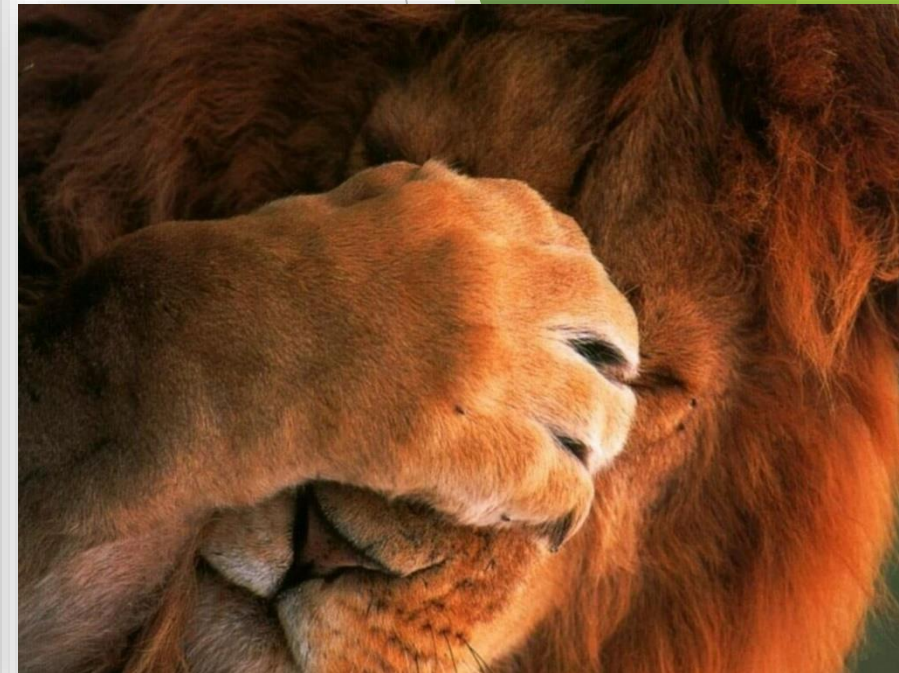




De 1750 a 2011 se han emitido a la atmosfera un total de 555 GtC solamente por la combustión de combustibles fósiles y producción de cemento

¿Y donde se acumulan?

¿Cuáles son algunas de las principales consecuencias del incremento de temperatura?



## ➤ Deshielo de polos y glaciares

Glaciar Ameghino 1931-2010

1931

2010

Escasez de agua potable al derretirse los glaciares de las montañas.

GREENPEACE

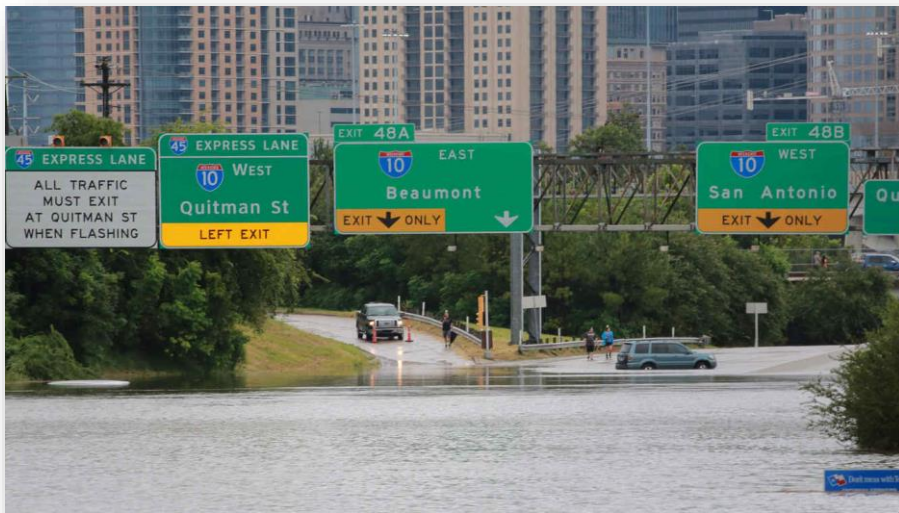
➤ Incremento del nivel del mar





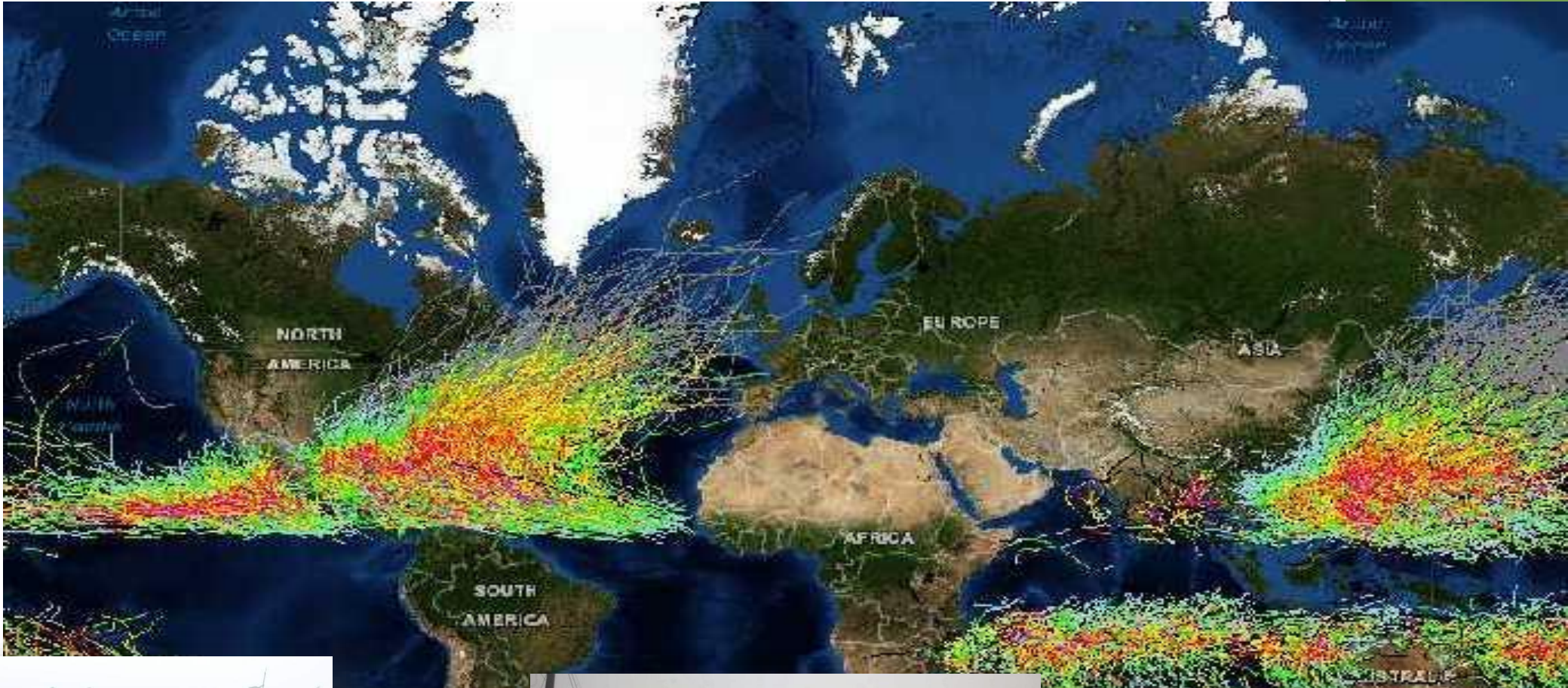
## ➤ Incremento del nivel del mar

		2046-2065			2081-2100	
	Escenario*	Concentración CO <sub>2</sub> (ppm)	Media	Rango probable	Media	Rango probable
Elevación media mundial del nivel del mar (en metros)	RCP 2.6	421	0.24	0.17 a 0.32	0.40	0.26 a 0.55
	RCP 4.5	538	0.26	0.19 a 0.33	0.47	0.32 a 0.63
	RCP 6.0	670	0.25	0.18 a 0.32	0.48	0.33 a 0.63
	RCP 8.5	936	0.30	0.22 a 0.38	0.63	<b>0.45 a 0.82</b>



\*Trayectorias de Concentración Representativas (RCP).

➤ Cambios en los patrones del clima, huracanes más intensos y más frecuentes

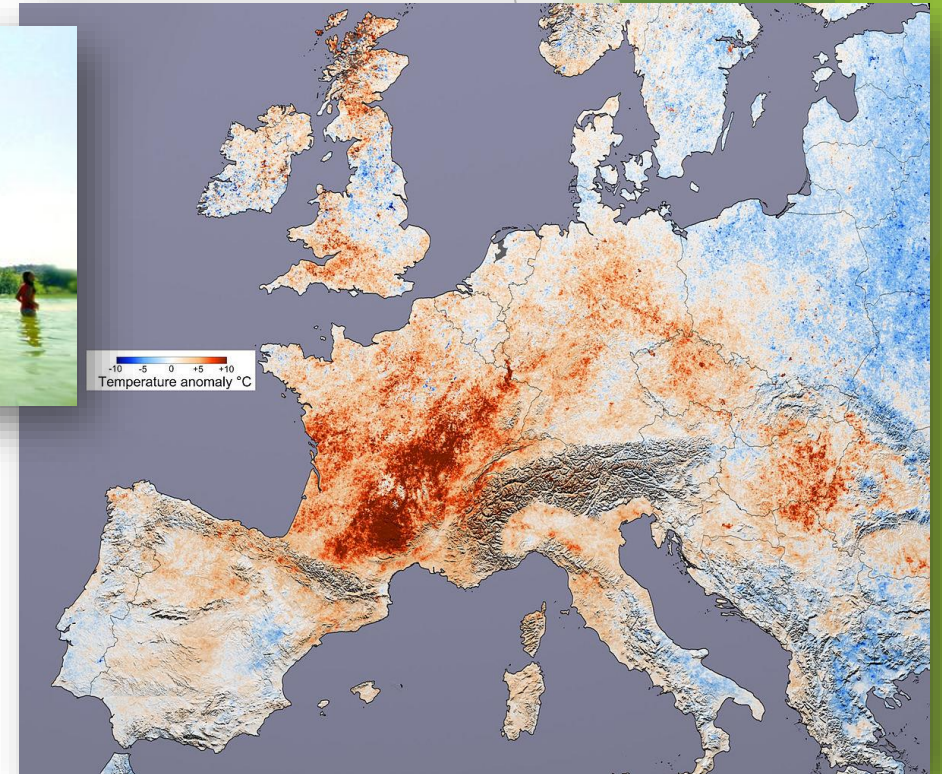
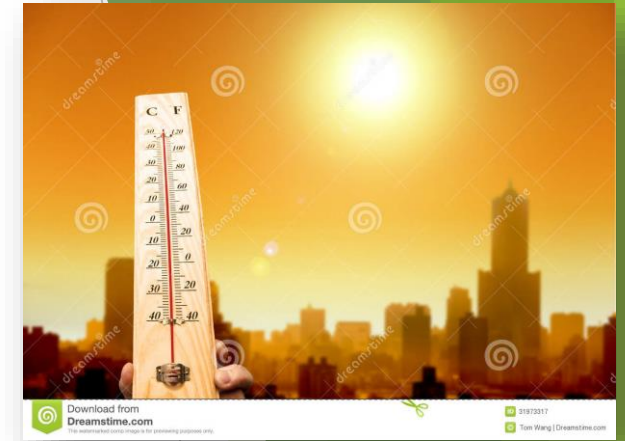


➤ Cambios en los patrones de precipitación: sequías o precipitaciones más intensas

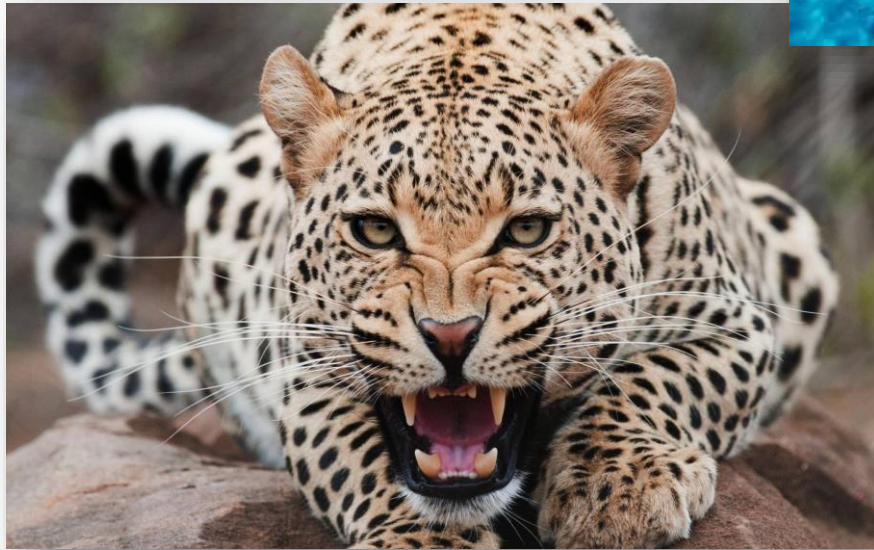


Además:

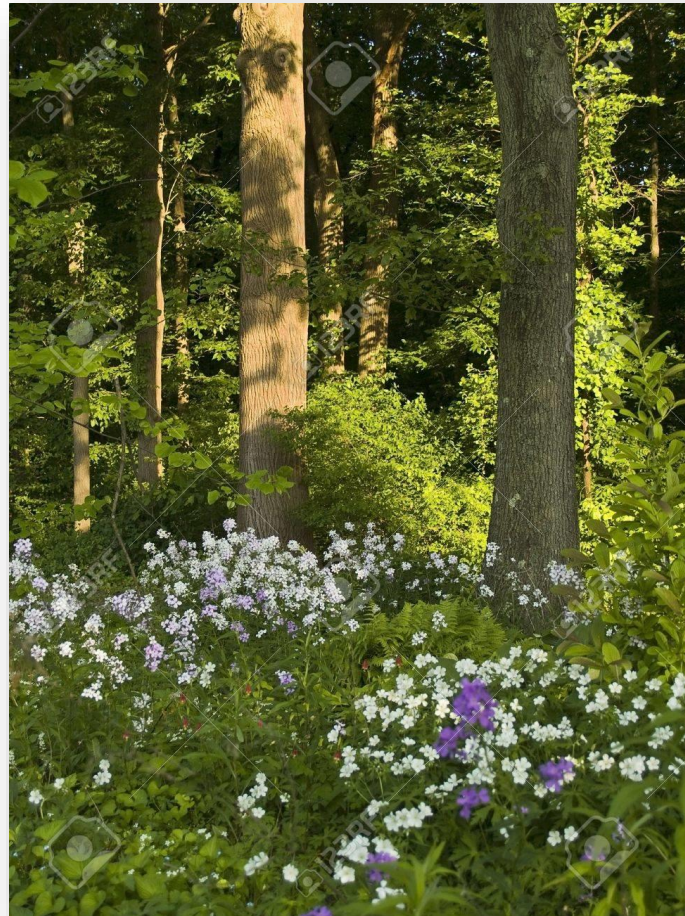
- el número de días y noches fríos han disminuido,
- el número de días y noches cálidos han aumentado,
- en gran parte de Europa, Asia y Australia han aumentado la frecuencia de las olas de calor.



# ¿Cómo responderá la biodiversidad?



Algunas respuestas a través del hemisferio norte están bien documentadas, por ejemplo: cambios en la estación de crecimiento (cambios fenológicos) especialmente en el inicio anticipado de los eventos de primavera, migración y duración de la temporada de crecimiento.



El incremento en el ritmo del calentamiento y los efectos combinados con el aumento de temperatura aumentan la probabilidad de que se sobrepase el valor de umbral de adaptación de los organismos,

Por ejemplo: la migración de especies vegetales como respuesta al cambio climático indican que la mayoría de las especies de plantas migraron distancias del orden de 1 km por año, atribuido a las limitaciones que impone el proceso de dispersión.

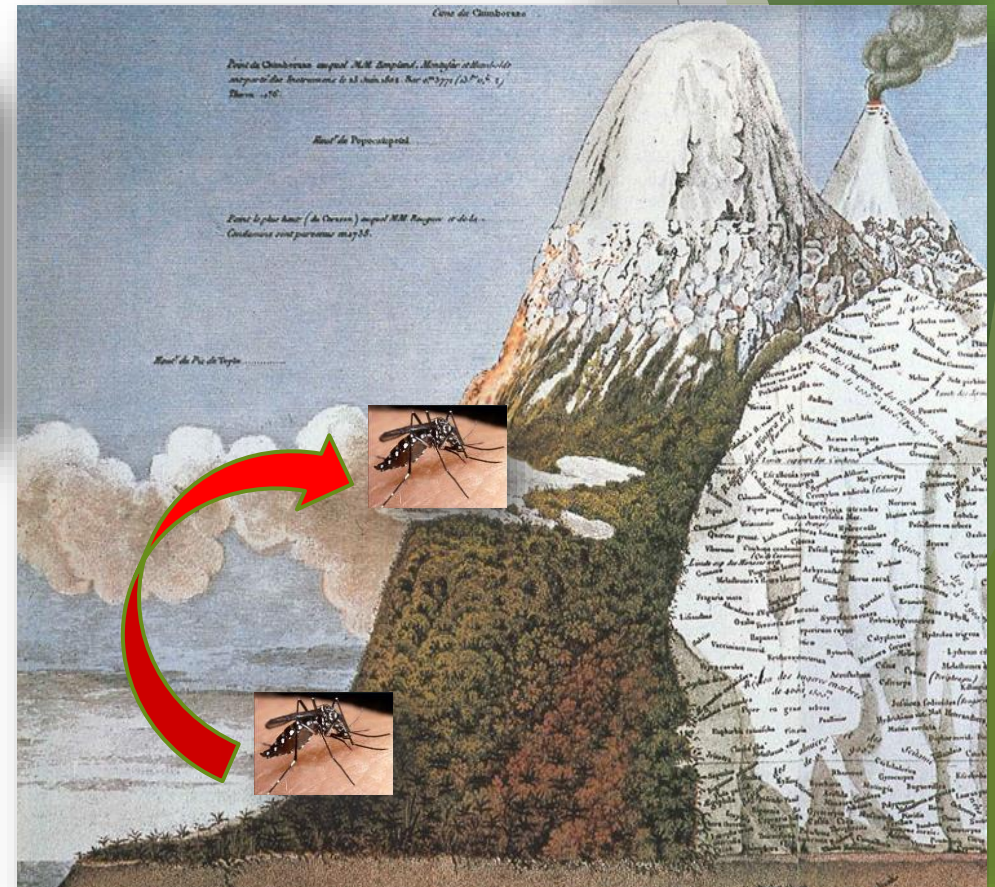


Esto podría sugerir, de repetirse este fenómeno que las especies vegetales (y animales) actualmente podrían no estar en condiciones, según las proyecciones, de ajustarse a las modificaciones impuestas por el cambio climático del futuro inmediato (SAI, 2006).





La principal tendencia de las especies será tratar de desplazarse hacia los polos o hacia las partes más altas en las montañas



y cambios en el rango altitudinal de la flora y fauna.

Además, la habilidad de reacción natural de las especies frente al cambio climático es obstaculizada por la fragmentación o pérdida del hábitat (Rosenzweig *et al.*, 2007; Alvarado *et al.*, 2002).



Así, existen tres expectativas generales para las especies en respuesta al cambio climático: movimiento, adaptación (en términos de cambio evolutivo o de aclimatación fisiológica) o extirpación (Holt, 1990).

1.- Movimiento: si las especies son suficientemente móviles pueden seguir la reubicación geográfica de sus nichos ecológicos,



2.- Adaptación: si las especies son capaces de un cambio evolutivo rápido, o tener un amplio intervalo de tolerancia fisiológica, una adaptación a las condiciones y medioambiente cambiante puede ser posible.



3.- Extirpación: fallando la movilidad y la adaptabilidad, el resultado probable es la extirpación local o regional o incluso la extinción (Holt, 1990; Melillo *et al.*, 1995).



# Modelos de nicho ecológico

Dada la incertidumbre sobre la dimensión de los posibles efectos del cambio climático sobre la biodiversidad, es apremiante la necesidad de alcanzar una mayor comprensión sobre la dinámica de las especies y sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas en medio de un entorno climático cambiante resulta ser apremiante (CEPAL, 2015).

Uno de los principales retos en la conservación de las especies es:

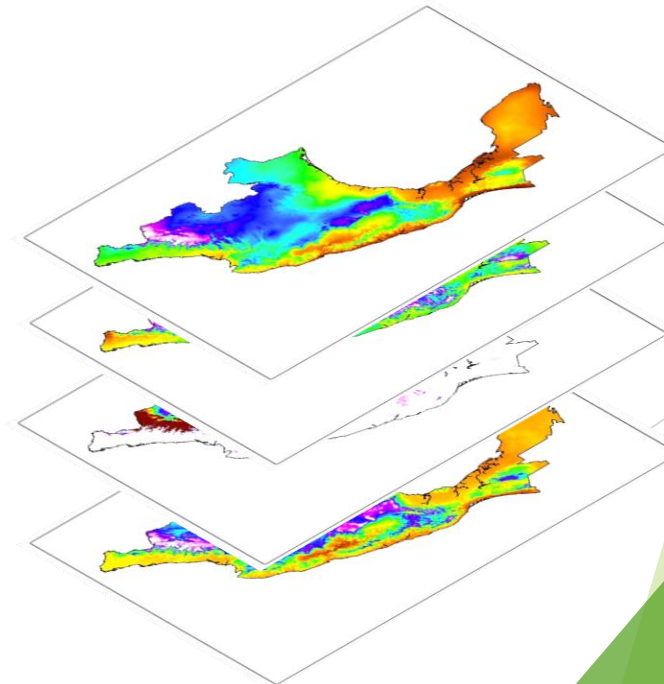
identificar las zonas que a futuro tienen **condiciones adecuadas** para la presencia de las especies



¿Y ahora para  
dónde puedo ir?

El modelado de nicho ecológico es un método que hace uso de **variables bióticas y abióticas**, en combinación con **registros de presencia** de las especies de interés para modelar los requerimientos ecológicos y predecir la distribución geográfica potencial (Peterson, 2001; Anderson *et al.*, 2003).

Dado que pocas veces se cuenta con datos de presencia-ausencia, Royle *et al.*, (2012) desarrollaron un enfoque denominado MaxLike, el cual es un modelo probabilístico que estima de forma explícita la probabilidad de presencia de la especie, así como su prevalencia a partir de registros de solo presencia y un conjunto de covariables ambientales.



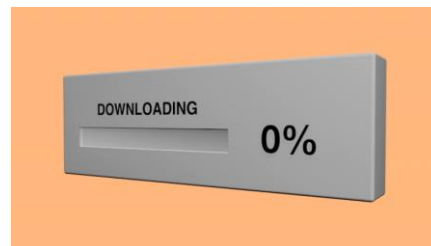
Además, ofrece una predicción más sensible en términos de la distribución de las especies (Fitzpatrick, Gotelli & Ellison, 2013).





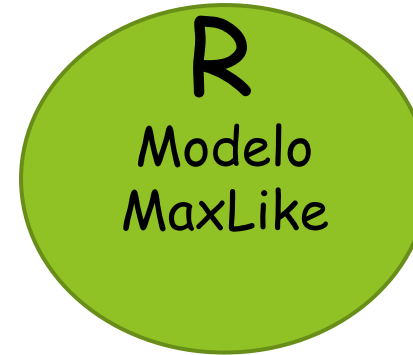


©Disney



Generar modelos (2500 iteraciones)

Selección al azar de registros de entrenamiento (70%)  
+  
Capas bioclimáticas



Evaluación modelo

Registros validación (30%)

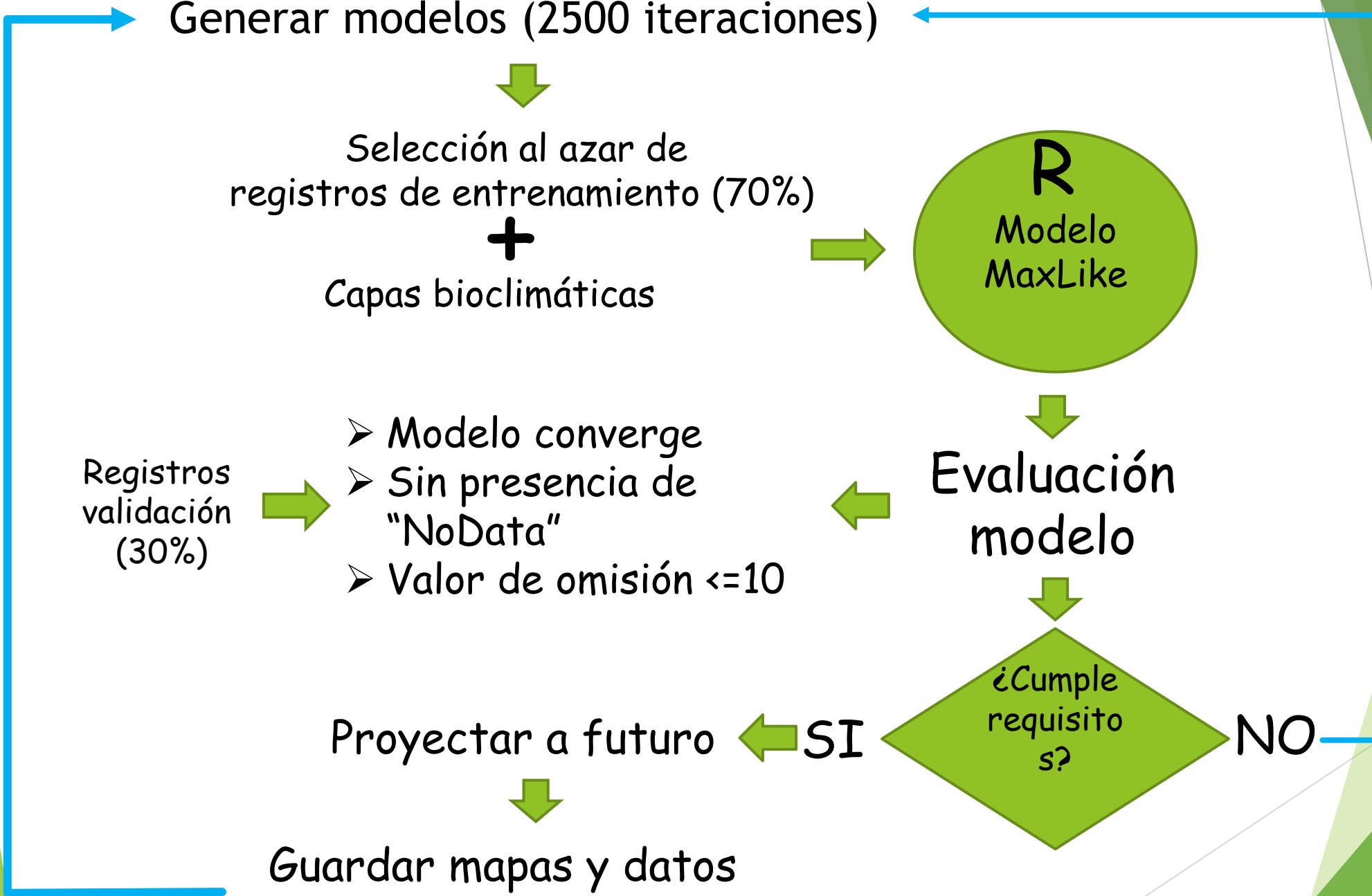
- Modelo converge
- Sin presencia de "NoData"
- Valor de omisión  $\leq 10$

Proyectar a futuro SI

¿Cumple requisitos?

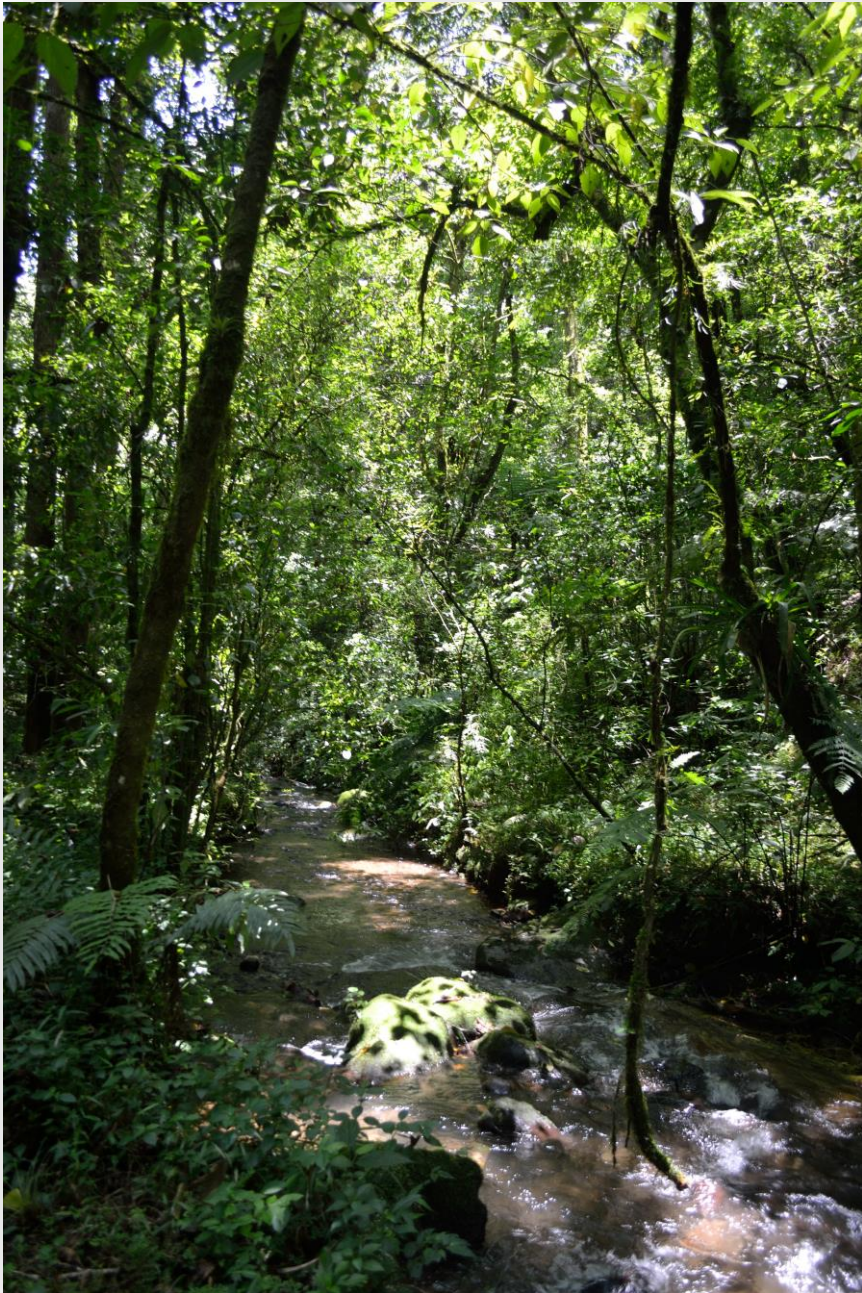
NO

Guardar mapas y datos complementarios



## Ejemplos

Mapas de distribución potencial de diferentes especies ante escenarios de cambio climático



**Análisis territorial y establecimiento de zonas estratégicas para la conservación de especies vegetales de las Áreas Protegidas terrestres de la región Planicie Costera y Golfo de México, como medida de adaptación ante escenarios de cambio climático**



## Objetivos

- ▶ Analizar, mediante modelos de nicho ecológico, si los actuales límites de la Reserva serán adecuados para la permanencia de las especies vegetales arbóreas, ante escenarios de cambio climático.
- ▶ Identificar las áreas que potencialmente podrían sufrir la pérdida a futuro de las condiciones ambientales que son propicias para la presencia de las especies modeladas ante escenarios de cambio climático.



# Coincidencia de los modelos de distribución potencial a condiciones actuales

1

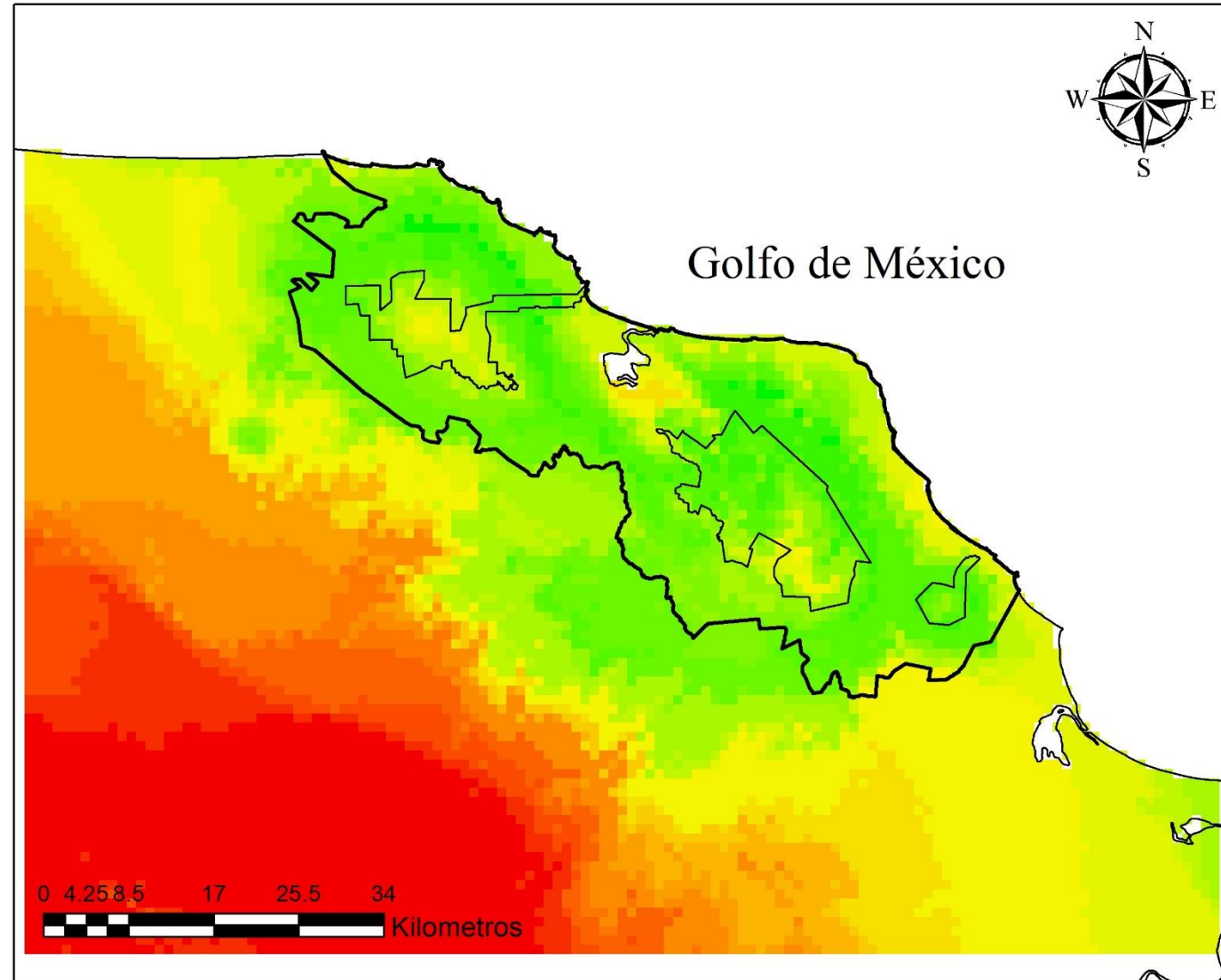
- Zone núcleo
- Los Tuxtlas

## Coincidencia

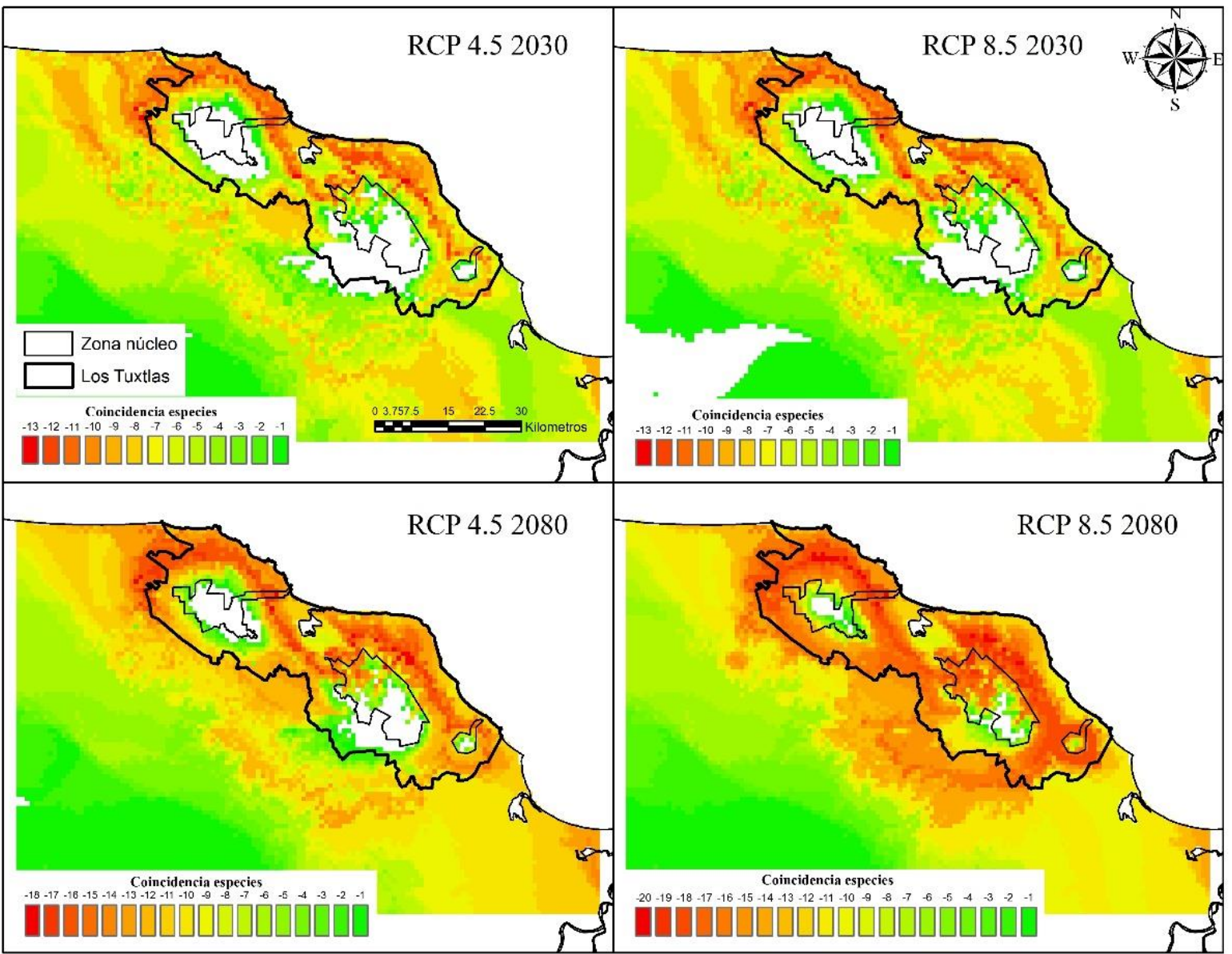
### Value

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21

21



# Zona de posible pérdida de condiciones ambientales adecuadas para las especies modeladas



# Árboles con frutos silvestres comestibles de Veracruz, México, auxiliares en el fortalecimiento de la seguridad alimentaria ante escenarios de cambio climático





## Objetivo

Identificar zonas con altos niveles de marginación dentro del estado de Veracruz que pueden tener a futuro condiciones ambientales adecuadas para la presencia de algunos árboles con frutos silvestres comestibles ante escenarios de cambio climático



## Número de localidades, habitantes y grado de marginación en Veracruz

Número de localidades	Población	Nivel de marginación
2,172	296,649	Muy alto
8,467	2,813,866	Alto
939	1,456,882	Medio
377	1,622,866	Bajo
207	1,406,873	Muy bajo
12,162	7,597,136	

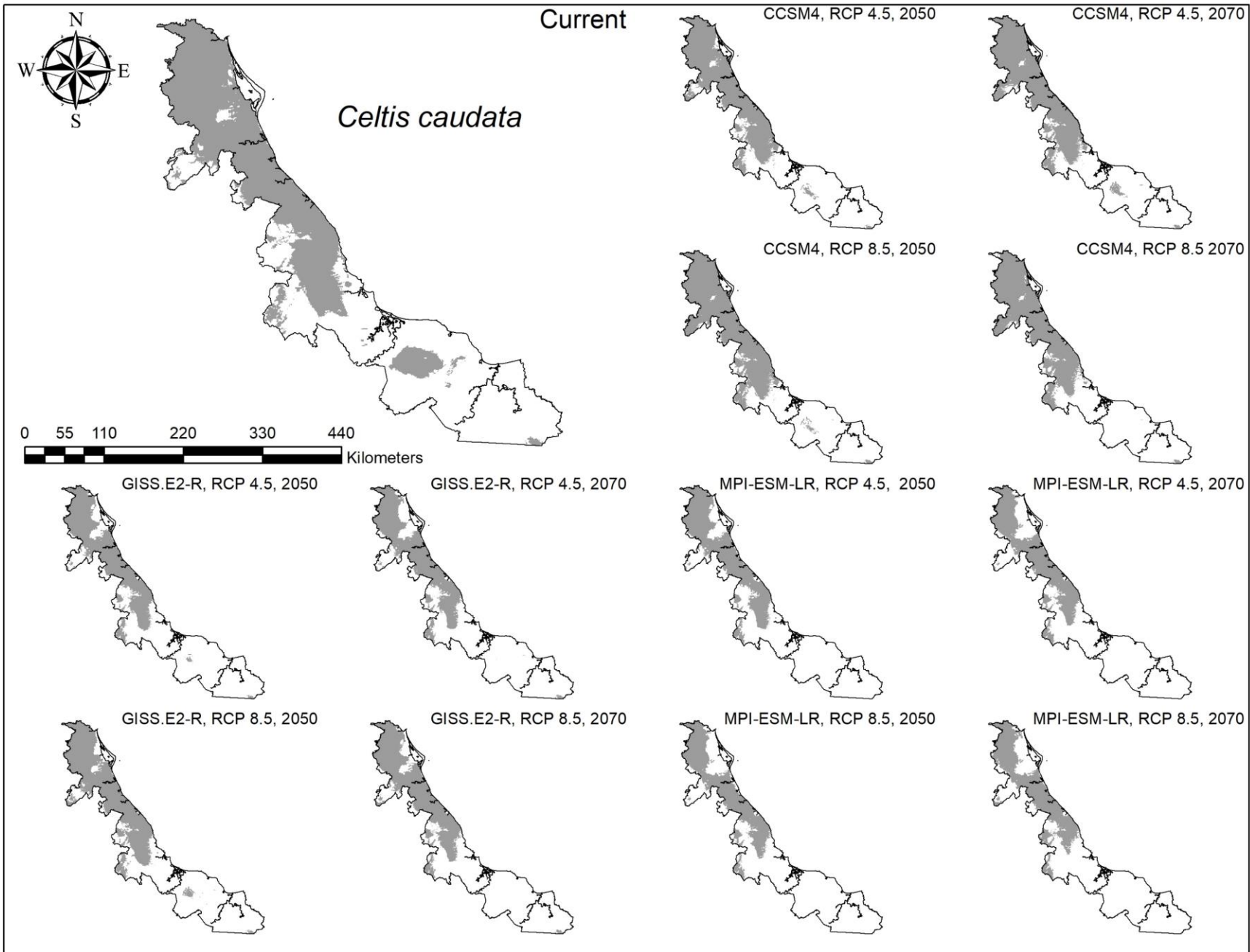
# Modelos de distribución potencial y número de localidades con nivel de marginación de medio a muy alto para el estado de Veracruz

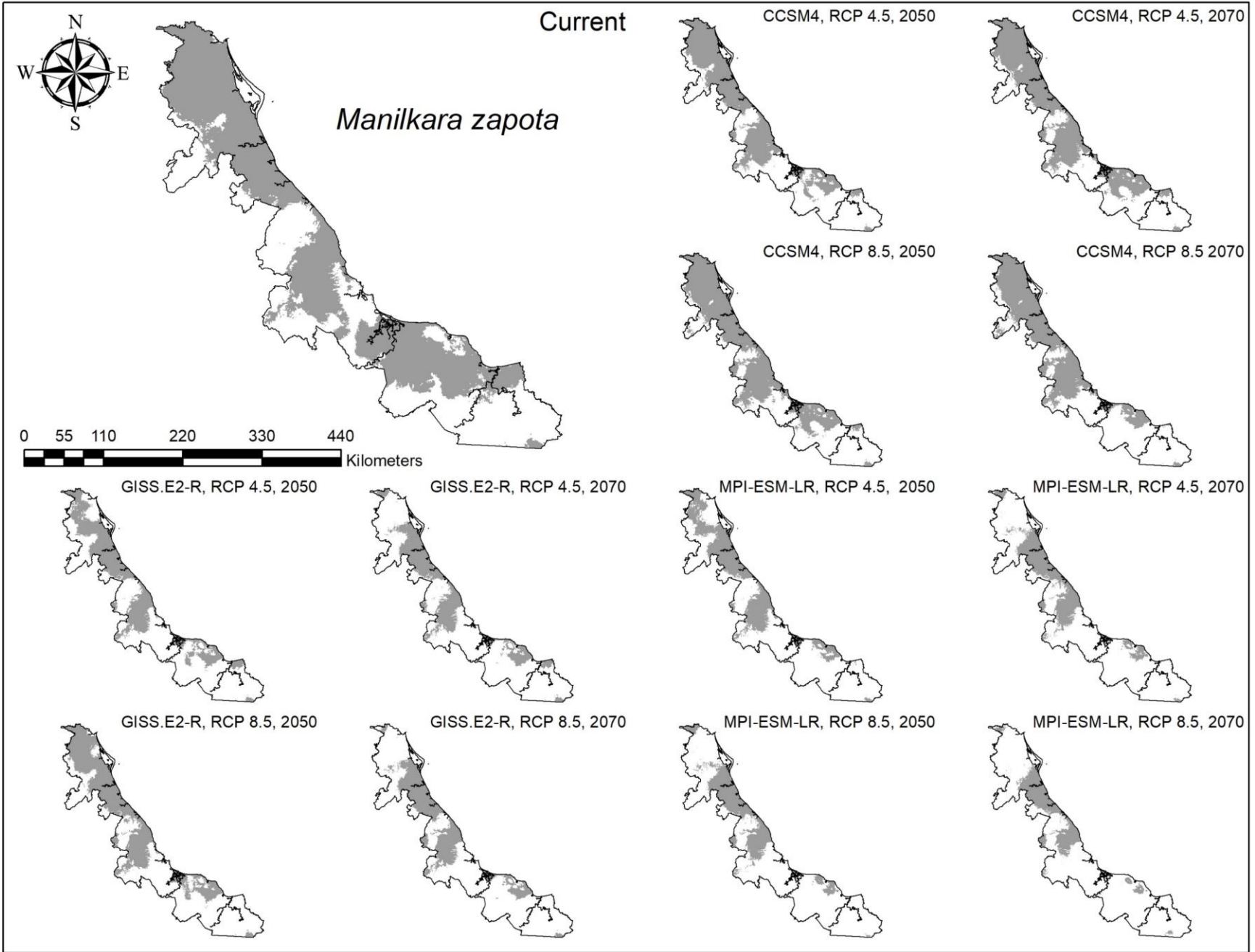
Specie	Current	CCSM4				GISS.E2-R				MPI-ESM-LR			
		RCP 4.5		RCP 8.5		RCP 4.5		RCP 8.5		RCP 4.5		RCP 8.5	
		2050	2070	2050	2070	2050	2070	2050	2070	2050	2070	2050	2070
<i>Celtis caudata</i>	5,411	5,679	6,001	6,135	5,872	4,203	3,921	5,174	4,214	3,899	3,567	3,399	3,366
<i>Cordia dodecandra</i>	3,182	4,260	4,269	4,088	3,537	3,541	3,370	4,237	3,688	3,572	3,672	3,612	3,127
<i>Crataegus mexicana</i>	986	706	628	658	359	687	623	695	613	616	596	540	344
<i>Hymenaea courbaril</i>	6,682	4,493	3,901	3,669	2,714	5,864	5,502	4,720	4,983	5,934	5,330	5,408	4,242
<i>Manilkara sapota</i>	6,045	5,019	5,682	6,141	5,383	3,717	2,967	4,475	3,099	3,230	2,507	2,410	1,831
<i>Pimienta dioica</i>	4,190	2,040	1,921	2,016	1,354	2,265	1,824	1,757	1,624	1,693	1,339	1,230	952
<i>Pithecellobium dulce</i>	2,620	3,643	3,762	3,608	3,522	3,223	3,303	3,820	3,492	3,228	3,354	3,320	3,548
<i>Pouteria sapota</i>	5,369	2,240	1,954	1,929	1,669	2,744	2,414	2,411	2,180	3,079	2,454	2,371	2,228
<i>Prunus serotina</i>	1,196	1,058	1,016	1,003	896	1,033	990	1,047	996	1,017	979	975	845
<i>Psidium guajava</i>	10,101	10,471	10,515	10,589	10,705	10,397	10,457	10,555	10,477	10,276	10,466	10,333	10,061

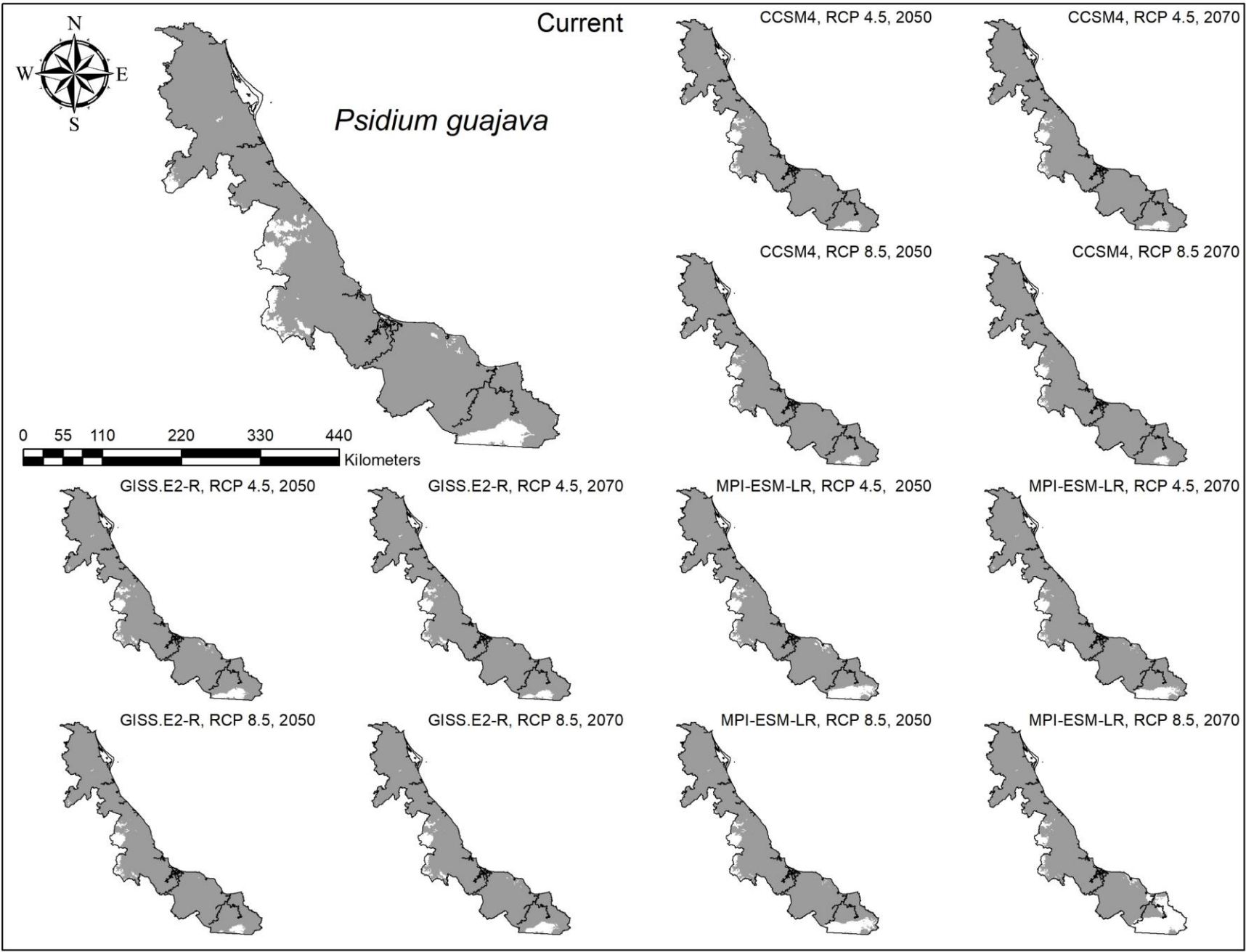
# Modelos de distribución potencial y tamaño de población con nivel de marginación de medio a muy alto para el estado de Veracruz.

Specie	Current	CCSM4				GISS.E2-R				MPI-ESM-LR			
		RCP 4.5		RCP 8.5		RCP 4.5		RCP 8.5		RCP 4.5		RCP 8.5	
		2050	2070	2050	2070	2050	2070	2050	2070	2050	2070	2050	2070
<i>Celtis caudata</i>	1,357,624	1,453,391	1,549,238	1,599,510	1,537,444	1,079,278	1,030,663	1,316,148	1,103,739	1,012,515	967,674	920,217	908,271
<i>Cordia dodecandra</i>	634,912	888,749	893,742	833,980	746,854	754,350	727,621	896,067	808,666	754,771	790,833	793,775	687,092
<i>Crataegus mexicana</i>	330,597	246,718	223,777	234,956	127,063	239,029	222,676	245,605	218,479	219,208	212,376	193,444	138,340
<i>Hymenaea courbaril</i>	1,579,683	1,130,047	999,603	961,225	790,542	1,419,556	1,343,421	1,165,425	1,240,466	1,472,942	1,319,764	1,340,721	1,097,241
<i>Manilkara sapota</i>	1,444,220	1,288,641	1,482,300	1,603,190	1,429,576	978,553	836,773	1,161,797	907,208	853,679	707,952	676,871	526,659
<i>Pimienta dioica</i>	1,140,429	542,580	522,945	545,867	368,737	605,155	479,334	460,713	425,318	453,776	340,099	310,546	242,561
<i>Pithecellobium dulce</i>	593,079	845,524	885,275	851,321	842,103	738,876	770,374	901,912	821,179	712,226	765,383	750,458	850,690
<i>Pouteria sapota</i>	1,453,813	659,189	576,890	563,678	480,428	795,287	711,312	686,891	643,084	850,931	699,429	670,965	619,228
<i>Prunus serotina</i>	384,136	337,520	320,555	319,112	284,897	328,652	316,392	334,024	318,905	325,557	312,200	311,940	272,087
<i>Psidium guajava</i>	2,419,935	2,510,814	2,518,999	2,541,241	2,576,598	2,494,437	2,513,308	2,534,452	2,512,118	2,474,130	2,520,302	2,490,442	2,470,906











Áreas de contacto potencial entre  
*Dendroctonus adjunctus* y seis de  
sus hospedantes en los bosques de  
México



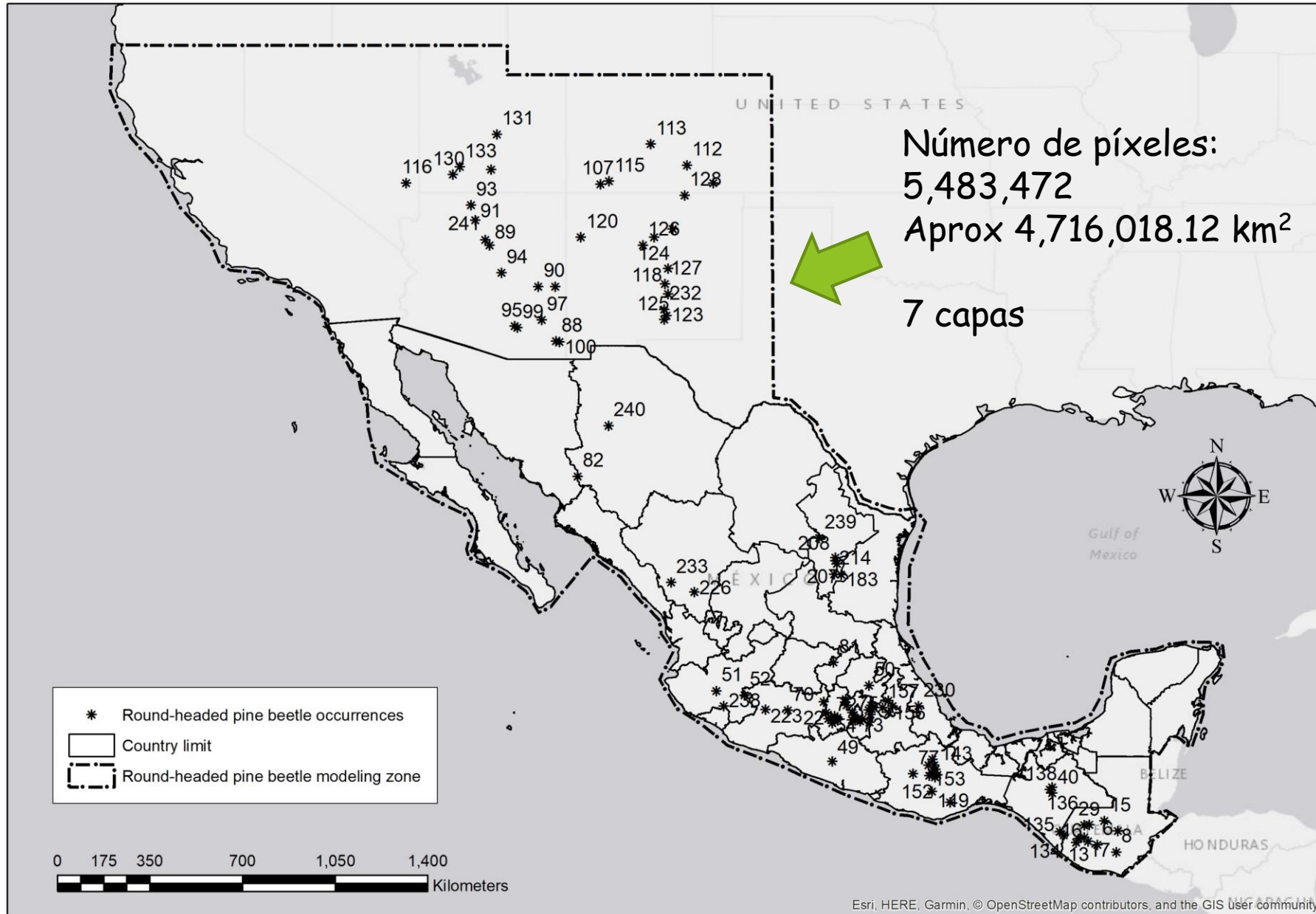
## Objetivo

Identificar, mediante el uso del algoritmo MaxLike:

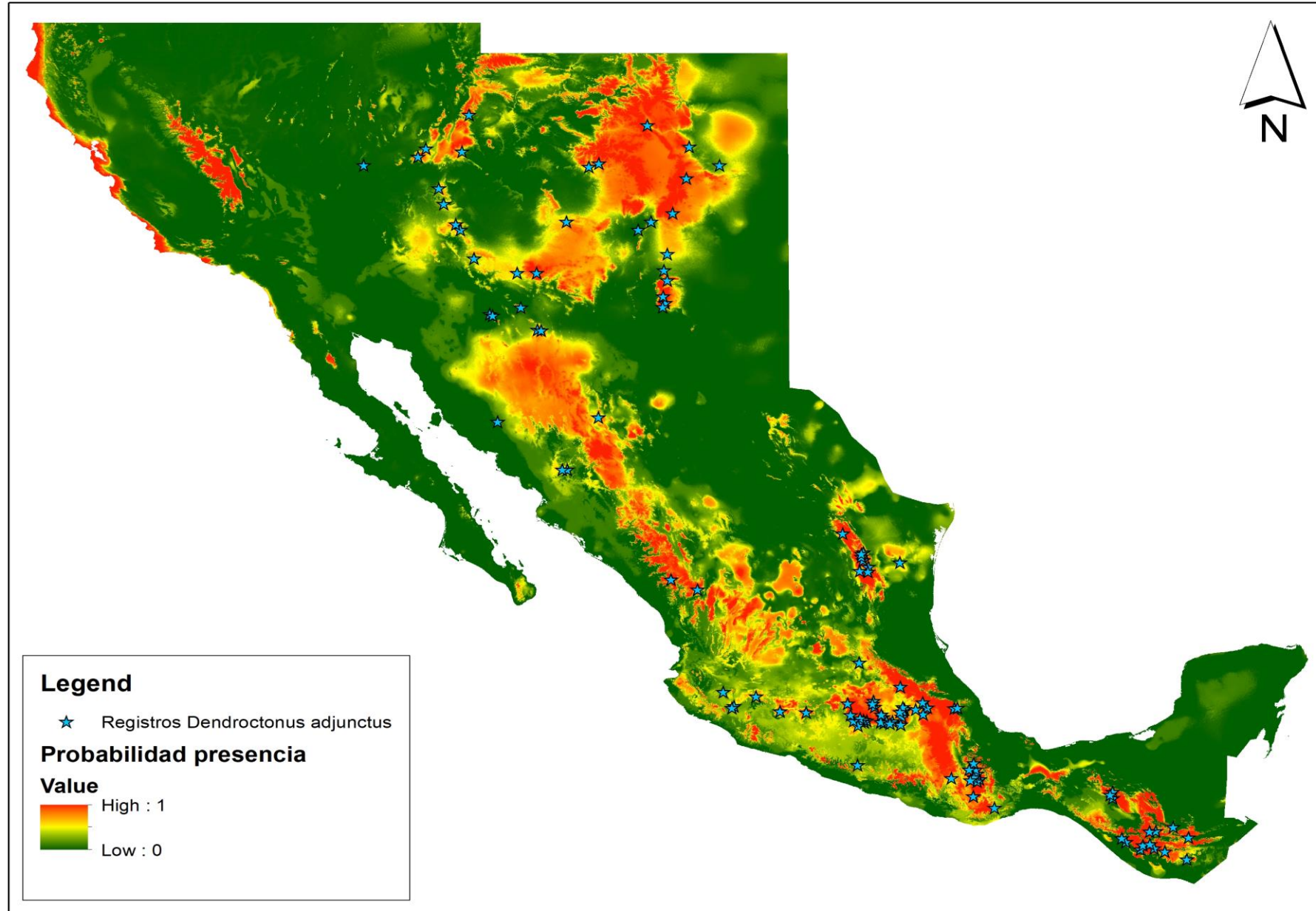
- zonas potenciales de contacto
- zonas potencialmente sin contacto entre *Dendroctonus adjunctus* y seis de sus principales hospedantes en México ante escenarios de cambio climático



# Zona modelo *Dendroctonus adjunctus*

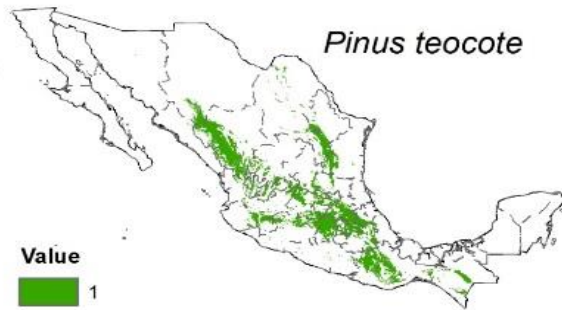
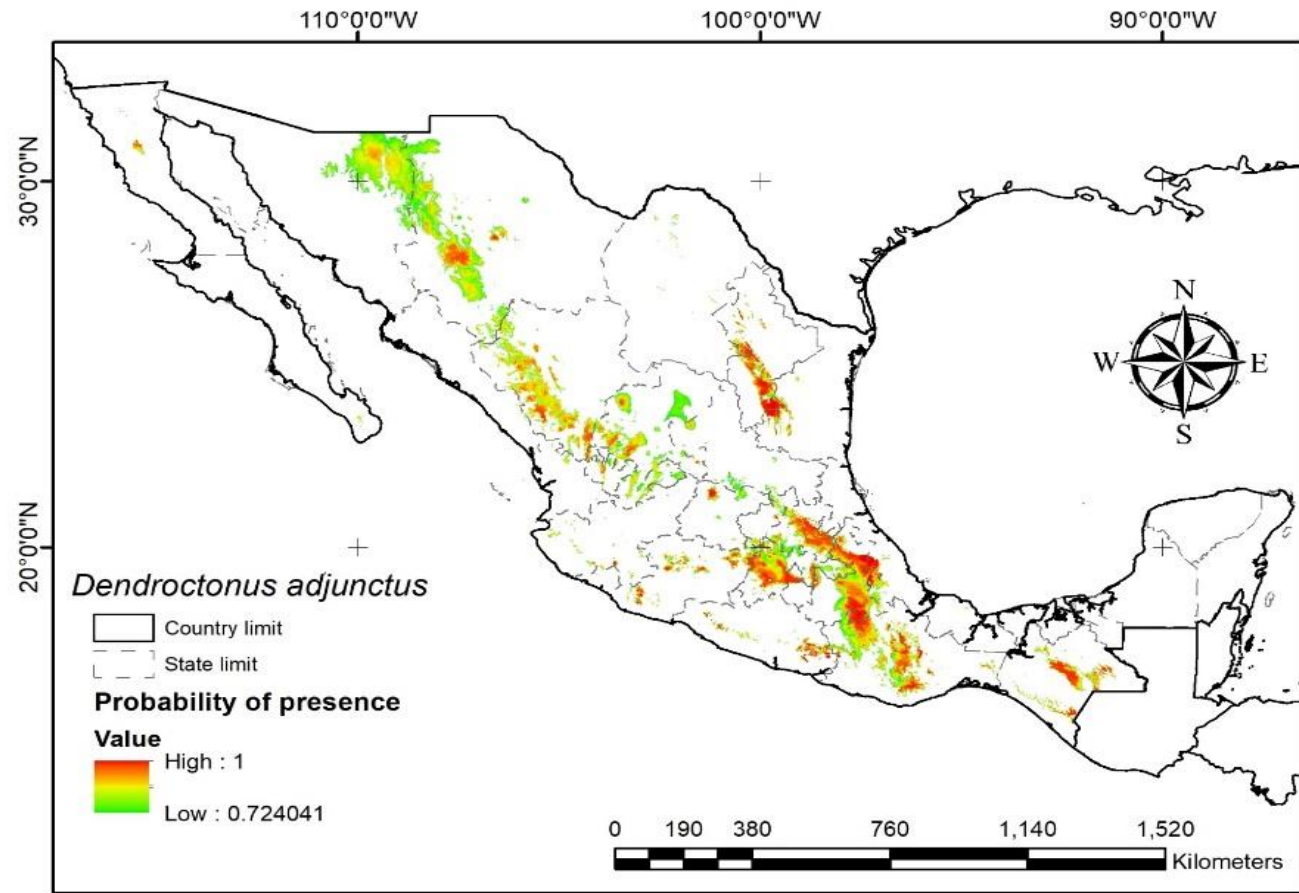


# Distribución potencial a condiciones actuales de *Dendroctonus adjunctus*

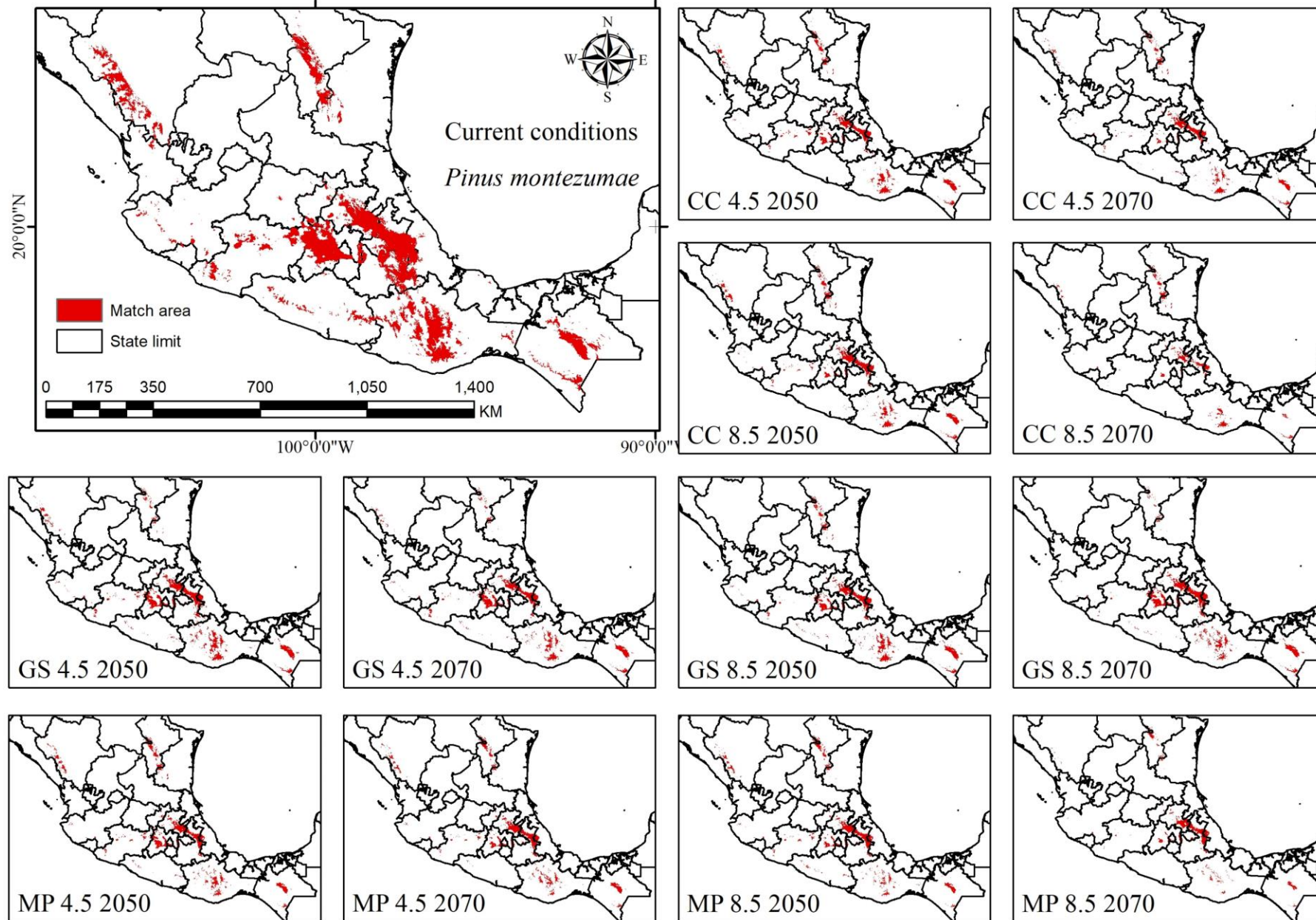


Superficie de interacción potencial entre *D. adjunctus* y cada una de sus especies de pino hospedantes al 2050 y 2070.

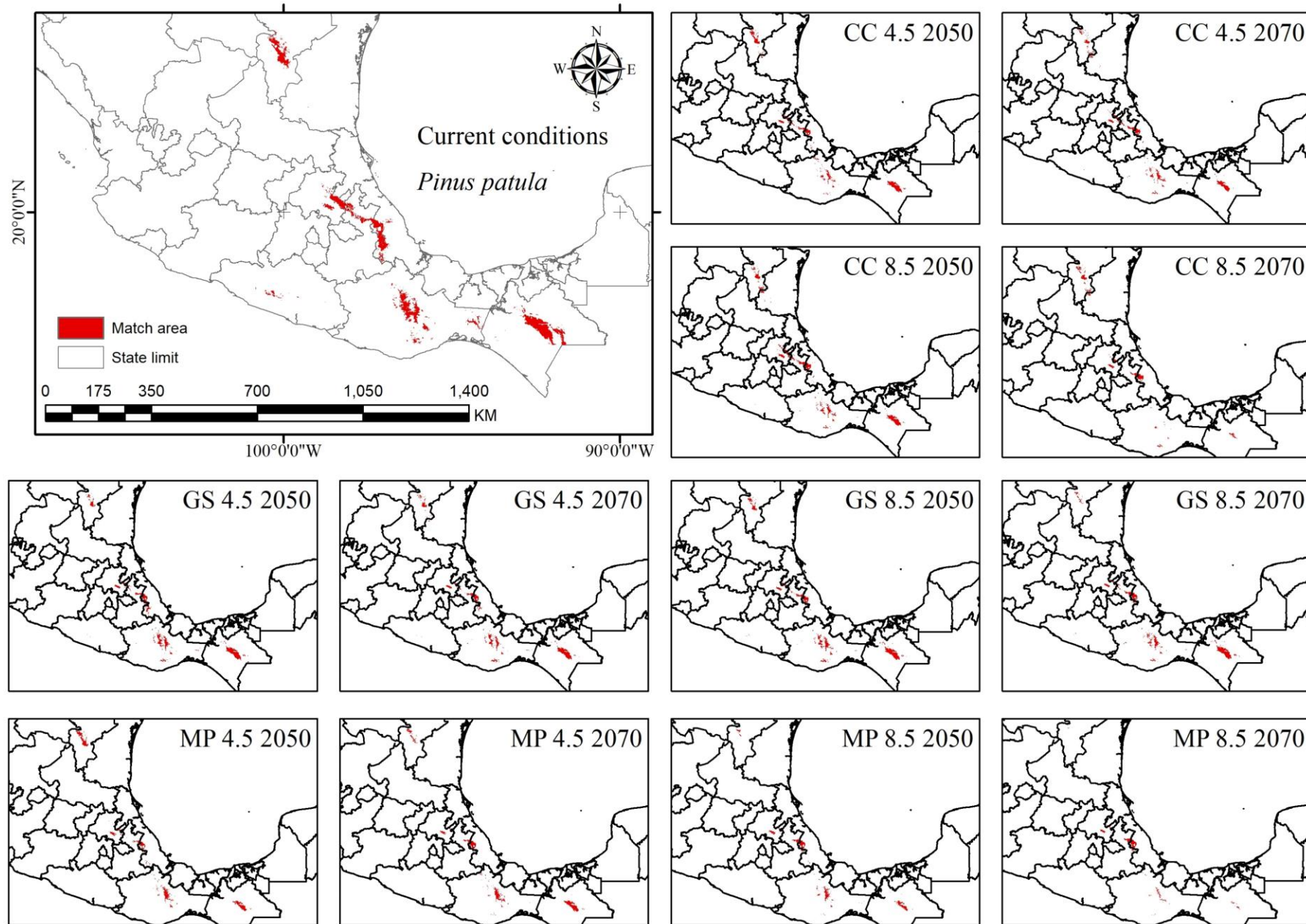
Coincidencia espacial con	Coincidencia potencial actual (km <sup>2</sup> )	Intervalo de pérdida de superficie de coincidencia espacial potencial					
		Valor mínimo			Valor máximo		
		%	Superficie restante (km <sup>2</sup> )	Modelo	%	Superficie restante (km <sup>2</sup> )	Modelo
<i>P.teocote</i>	100,276	48	51,613	GS_4.5_2050	79	20,815	CC_8.5_2070
<i>P.arizonica</i>	19,241	58	8,069	CC_4.5_2050	79	4,056	MP_8.5_2070
<i>P.montezumae</i>	85,934	56	37,477	GS_4.5_2050	82	15,286	CC_8.5_2070
<i>P.patula</i>	15,917	34	10,483	CC_8.5_2050	84	2,466	MP_8.5_2070
<i>P.duranguensis</i>	118,916	22	92,201	GS_8.5_2050	95	5,851	CC_8.5_2070
<i>P.hartwegii</i>	36,255	61	14,057	GS_4.5_2050	95	2,021	CC_8.5_2070



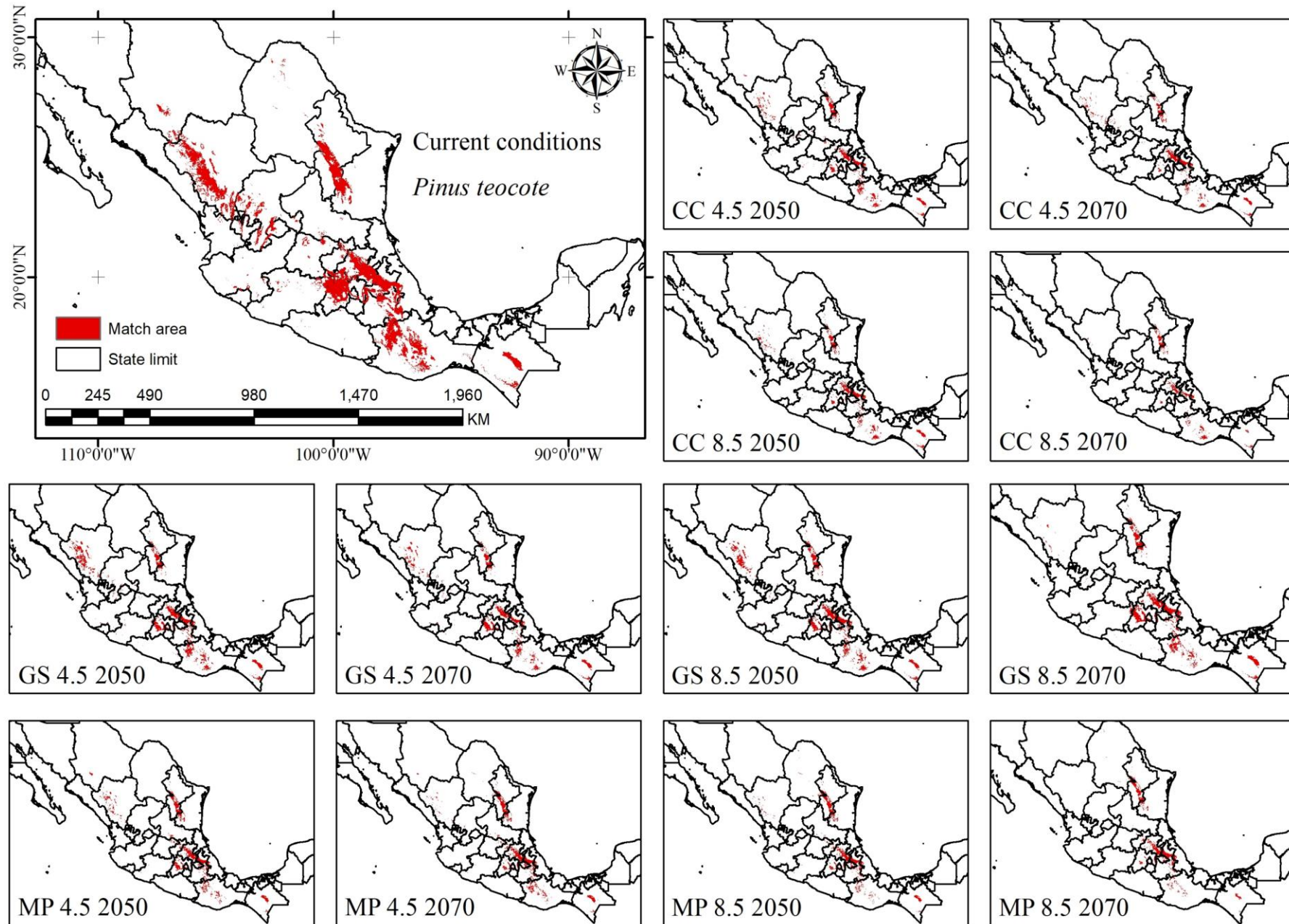
# Zona de contacto potencial entre *D. adjunctus* y *Pinus montezumae*



# Zona de contacto potencial entre *D. adjunctus* y *Pinus patula*



# Zona de contacto potencial entre *D. adjunctus* y *Pinus teocote*





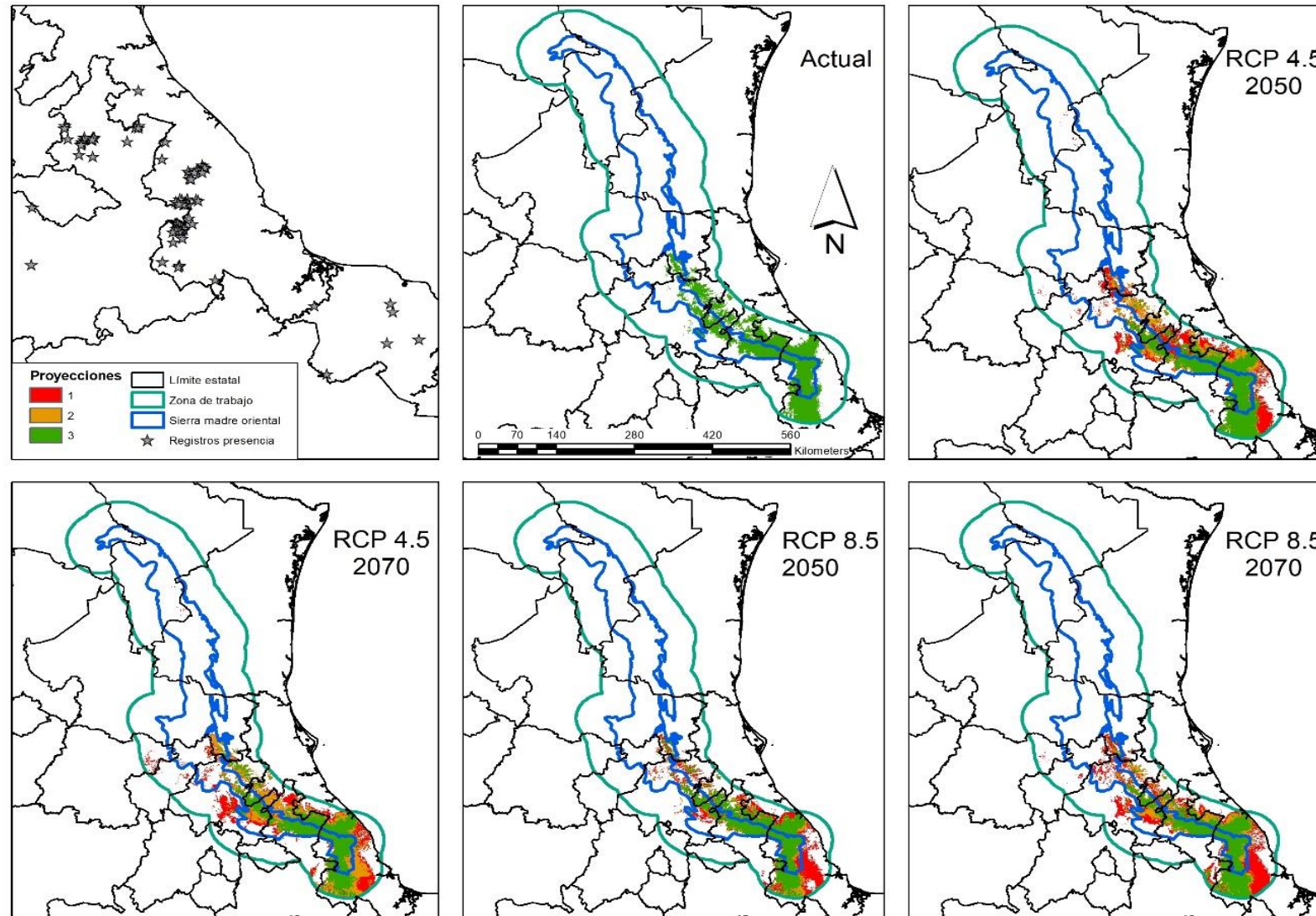
# Uso alternativo de razas de maíz ante escenarios de cambio climático.

## Objetivo

Identificar cuáles de las razas de maíz más productivas que se cultivan en México, encontrarán condiciones ambientales potencialmente adecuadas en la Sierra Madre Oriental, ante diferentes escenarios de cambio climático.



# Distribución potencial a condiciones actuales y proyectadas a futuro de la raza de maíz Coscomatepec para la región de la Sierra Madre Oriental



## Comparación tiempo de procesamiento para diferentes razas de maíz

Raza	Registros presencia	Píxeles zona de modelado	Número de modelos	Tiempo procesado (horas)	Lap top	Procesador	GHz	RAM
Coscomatepec	77	306,738	2000	86.53	DELL	i7-6500U	2.5	8
Mushito	107	634,439	2500	105.58	DELL	i7-6500U	2.5	8
Bolita	150	1,038,450	2500	189.13	ASUS	i5-8300H	2.30	32
Chalqueño	119	850,841	2500	241.35	DELL	i7-6500U	2.5	8
Tabloncillo	342	1,190,177	2000	266.16	ASUS	i7-4558U	2.8	12
Cónico Norteño	189	884,920	2500	437.96	ASUS	i7-4558U	2.8	12
			<b>Suma</b>	<b>1,326.72</b>				

¡Gracias!

