Distribución de la especie *Rhizophora mangle* (mangle rojo)

en la región Pacífico Norte y un sitio piloto en la península de Yucatán en el marco del Sistema de Monitoreo de los Manglares de México

Autores

Luis Valderrama Landeros
Edgar Villeda Chávez
Carlos Troche Souza
José Alberto Alcántara Maya
Samuel Velázquez Salazar
Berenice Vázquez Balderas
María Isabel Cruz López
María Teresa Rodríguez Zúñiga
Rainer Ressl

2022

CONABIO
COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

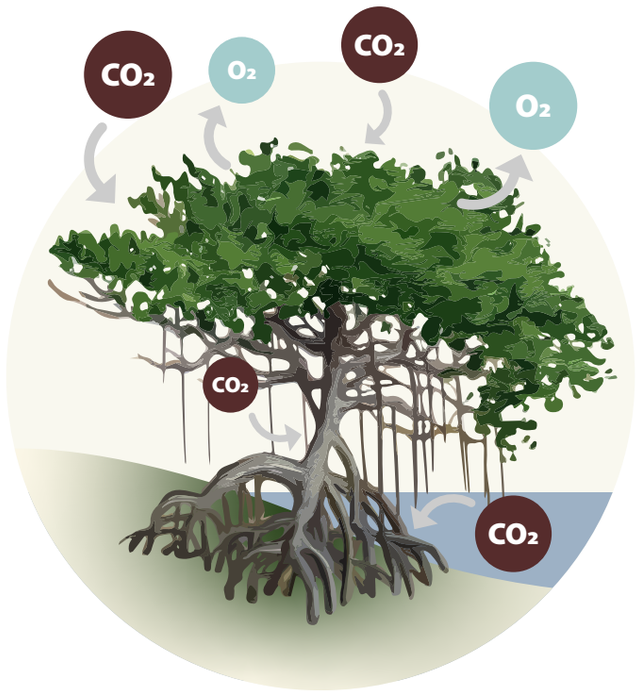
FMCN
FONDO MEXICANO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA, A.C.
INSTITUCIÓN PRIVADA

LOS MANGLARES Y SU IMPORTANCIA
ESPECIES EN MÉXICO
OBJETIVOS
UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO
PACIFICO NORTE (PN)
MAPA PACÍFICO NORTE
VARIABLES FENOLÓGICAS
CONTRASTES LOCALES
SITIO PILOTO (LOS PETENES)
DIFERENCIAS ENTRE PN Y SITIO PILOTO
IDENTIFICACIÓN DE MANGLE ROJO
CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN
MAPA DEL SITIO PILOTO
FENOLOGÍA
CONCLUSIONES

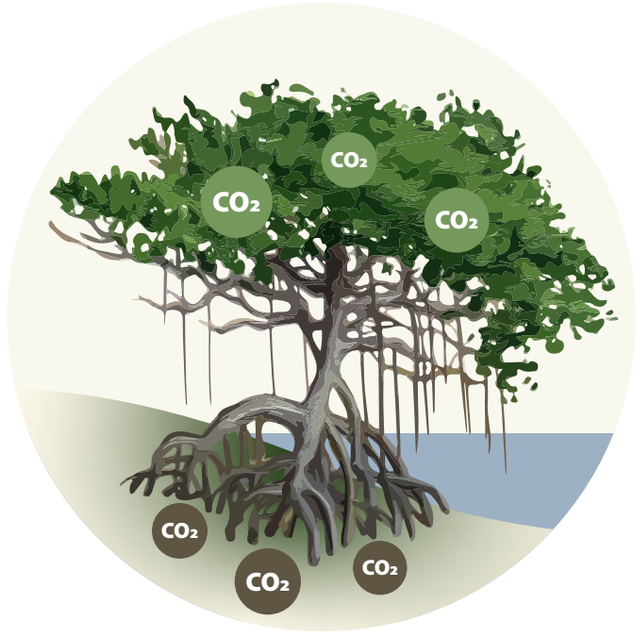
Manglares
el ecosistema y su importancia

Los manglares por sus condiciones de ambientes costeros y ecosistemas terminales de las cuencas hidrográficas, proporcionan una serie de bienes y servicios ecosistémicos esenciales que incluyen el control de inundaciones, protección contra huracanes, prevención de la erosión de la línea costera, hábitat y alimento para fauna silvestre, calidad del agua, recreación, secuestro de grandes cantidades de dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera, así como soporte a las pesquerías comerciales y artesanales.

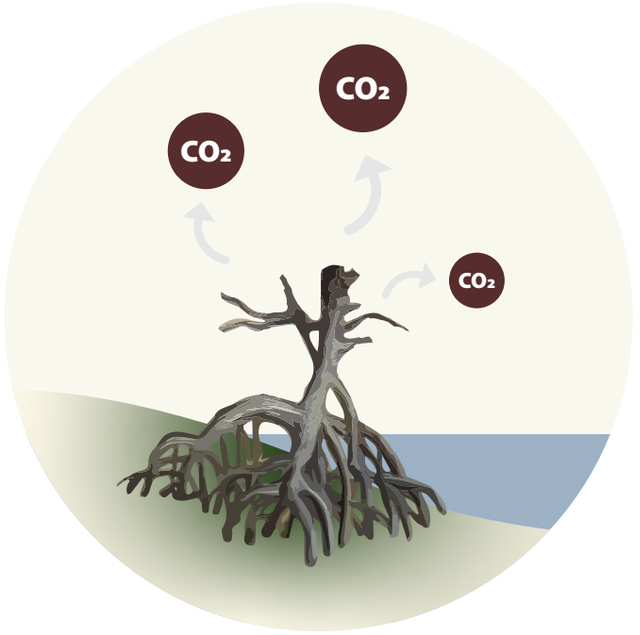
Estos ecosistemas son ampliamente reconocidos por su importancia, ya que contribuyen significativamente a los medios de vida, el bienestar y la seguridad alimentaria de las comunidades costeras.
Es así que actualmente los manglares juegan un papel importante en el contexto de los objetivos nacionales y mundiales de desarrollo y medio ambiente, incluida la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y el Acuerdo de París.



Fotosíntesis



Captación (sumidero de carbono)



Liberación

LOS MANGLARES Y SU IMPORTANCIA
ESPECIES EN MÉXICO
OBJETIVOS
UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO
PACIFICO NORTE (PN)
MAPA PACÍFICO NORTE
VARIABLES FENOLÓGICAS
CONTRASTES LOCALES
SITIO PILOTO (LOS PETENES)
DIFERENCIAS ENTRE PN Y SITIO PILOTO
IDENTIFICACIÓN DE MANGLE ROJO
CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN
MAPA DEL SITIO PILOTO
FENOLOGÍA
CONCLUSIONES

Especies de manglar en México,
importancia del mangle rojo

En el mundo se han reportado alrededor de 80 especies e híbridos de mangles.[1] México cuenta con registro de seis especies y una variedad:

- *Laguncularia racemosa* **(mangle blanco)**
- *Avicennia germinans* **(mangle negro o prieto)**
  *Avicennia bicolor**
- *Conocarpus erectus* y
  C. erectus var. sericeus **(mangle botoncillo)**
- *Rhizophora mangle* **(mangle rojo o colorado)**
- *Rhizophora harrisonii** **(mangle caballero)**

*Registros en zonas restringidas de la costa de Chiapas

Distribución de *R. mangle* en América:
En las costas americanas del océano Pacífico en forma continua (desde el sur de Sonora y Baja California hasta Ecuador). En el océano Atlántico, se presenta en forma discontinua desde las costas de Florida hasta Brasil.[2]

Especie pionera que se establece:

- En los límites terrestres y marinos
- En la desembocadura de ríos donde se forman lagunas someras con aguas salobres sujetas a actividad de las mareas
- En las condiciones de mayor inmersión del suelo y menor salinidad
- Se trata de una especie con capacidades para explotar hábitats con condiciones particulares diversas, pudiendo habitar en sitios con baja disponibilidad de nutrientes y baja salinidad.

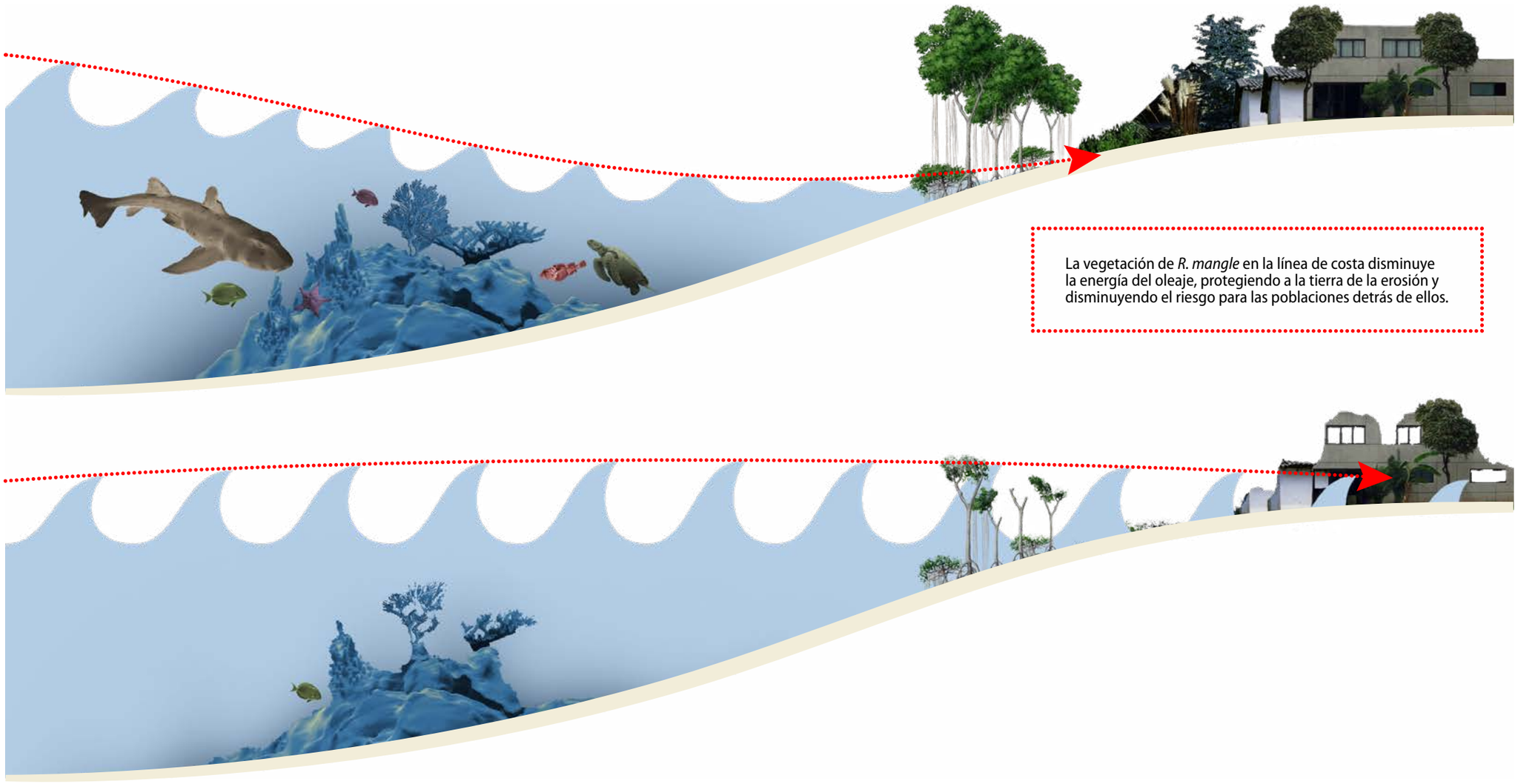
Selecciona el video: **1. Especies de manglar.mp4** en la barra de archivos adjuntos

1. Spalding *et al.* 2010; Duke 2017.
2. https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium-bin/janium_login_opac.pl?find&ficha_no=15784

LOS MANGLARES Y SU IMPORTANCIA
ESPECIES EN MÉXICO
OBJETIVOS
UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO
PACIFICO NORTE (PN)
MAPA PACÍFICO NORTE
VARIABLES FENOLÓGICAS
CONTRASTES LOCALES
SITIO PILOTO (LOS PETENES)
DIFERENCIAS ENTRE PN Y SITIO PILOTO
IDENTIFICACIÓN DE MANGLE ROJO
CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN
MAPA DEL SITIO PILOTO
FENOLOGÍA
CONCLUSIONES

R. mangle juega un papel fundamental en distintas etapas de los ciclos de vida de diversas especies (peces, crustáceos, etc.), por ejemplo, la estructura de sus raíces les proporciona refugio. La configuración estructural de los árboles de esta especie permite el establecimiento de una alta biodiversidad.[3]

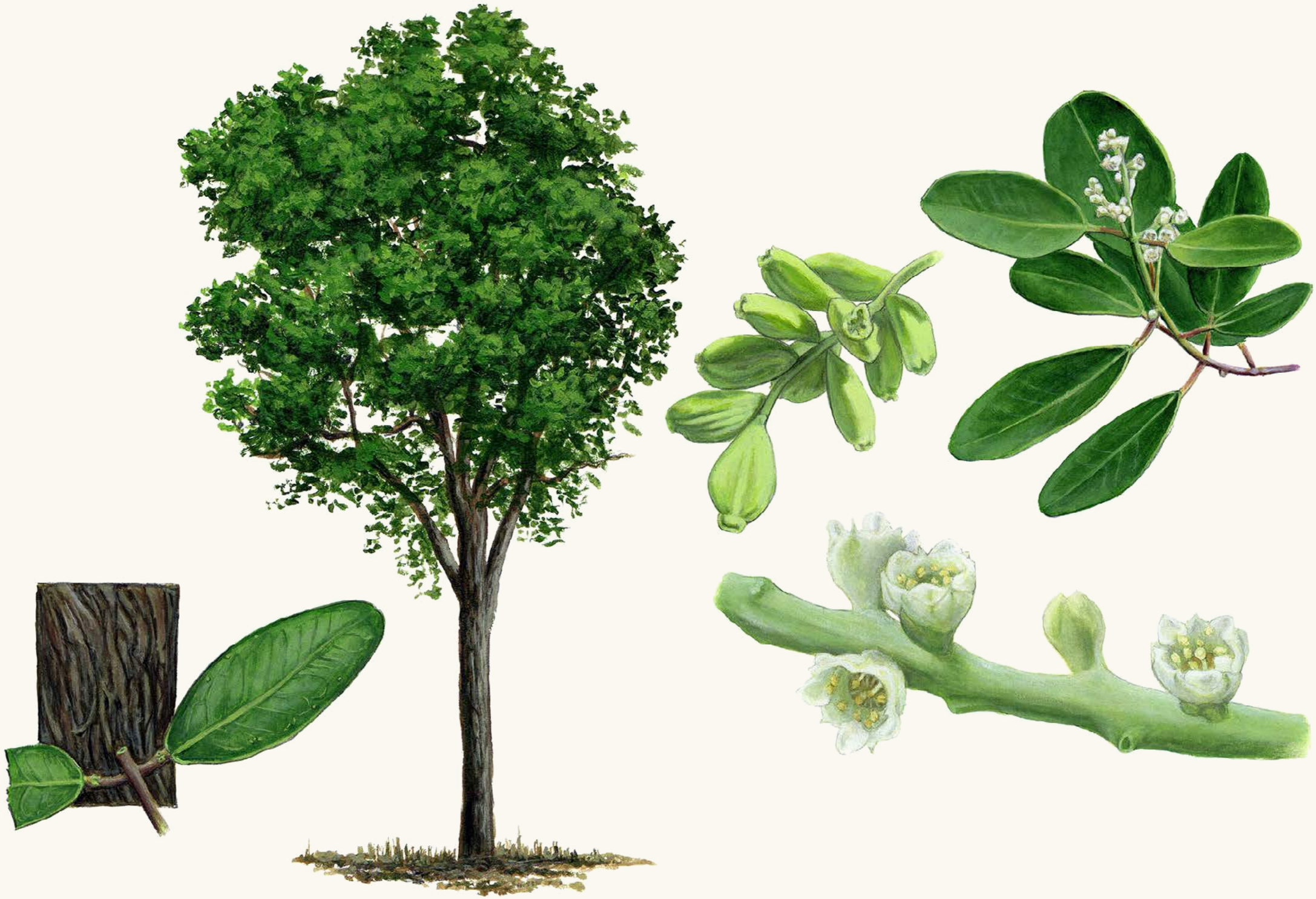
Esta especie de manglar, al igual que otras, funciona como barrera física contra el oleaje y los vientos, disminuyendo la vulnerabilidad de poblaciones e infraestructura ante eventos como tormentas huracanes.



La vegetación de *R. mangle* en la línea de costa disminuye la energía del oleaje, protegiendo a la tierra de la erosión y disminuyendo el riesgo para las poblaciones detrás de ellos.

3. https://enciclovida.mx/especies/166804-rhizophora-mangle

Laguncularia racemosa
(mangle blanco)



Ilustraciones: Aldo Domínguez de la Torre

*Avicennia germinans / Avicennia bicolor**

(mangle negro o prieto)

*Registros en zonas restringidas de la costa de Chiapas

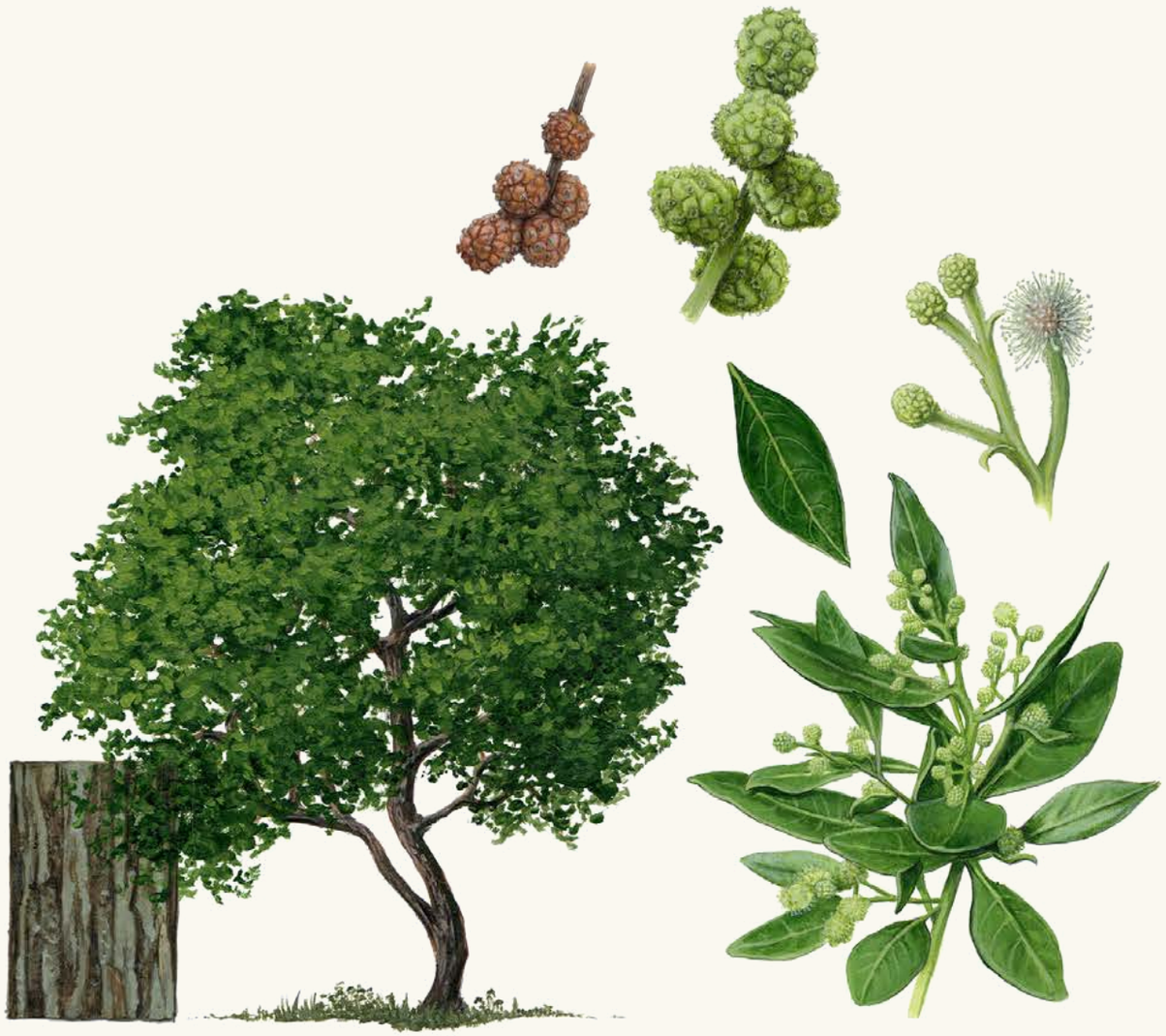
Estas especies son similares, sin embargo exhiben algunas diferencias: *A. germinans* tiene una corteza fragmentada en placas mientras *A. bicolor* es menos rugosa. La hoja de *A. germinans* es lanceolada, mientras que que *A. bicolor* es ovalada, con un evidente contraste de los colores en el haz y el envés. Para mas información consultar:

https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/14078.pdf

Ilustraciones: Aldo Domínguez de la Torre

Conocarpus erectus / C. erectus var. sericeus
(mangle botoncillo)

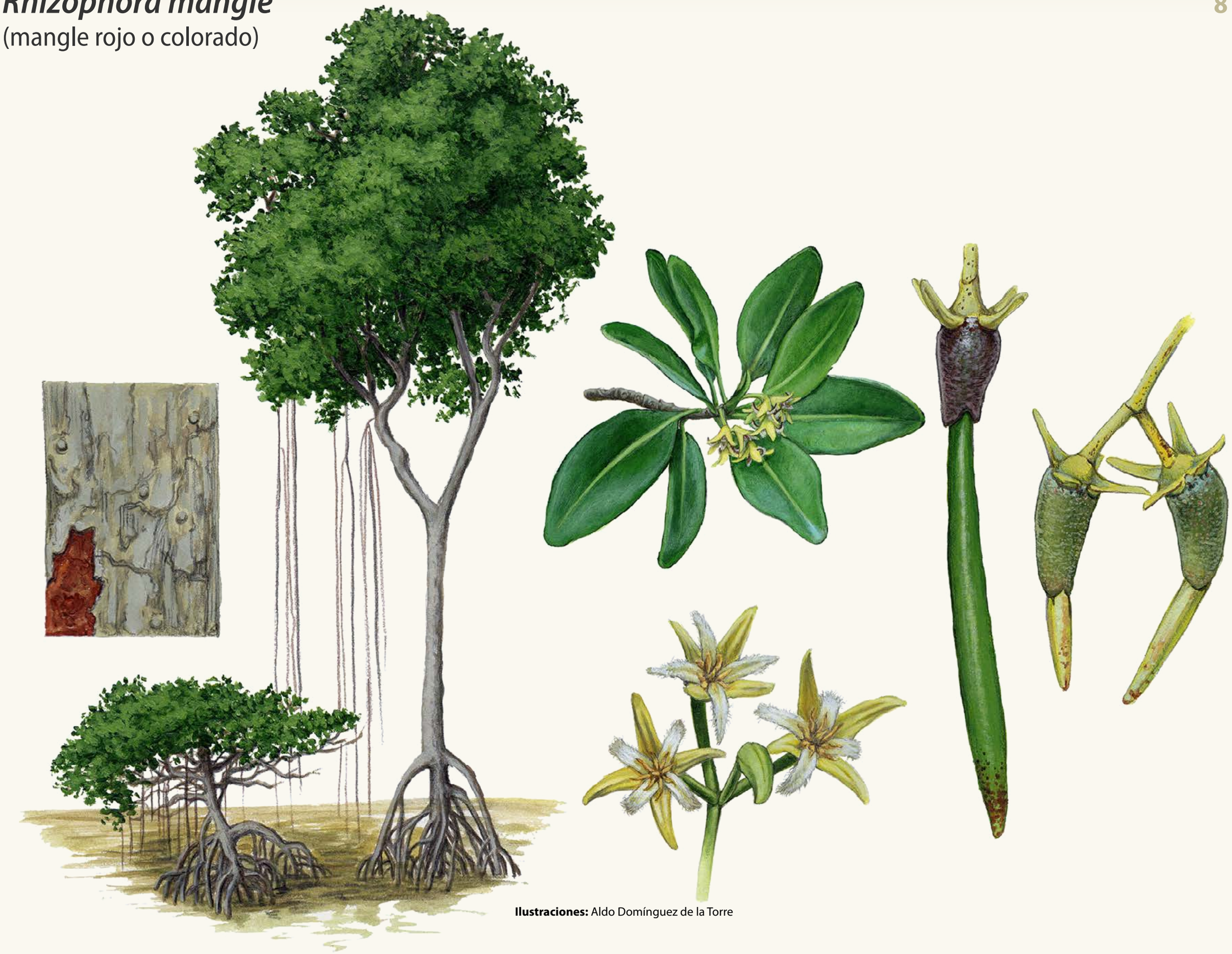
Conocarpus erectus



C. erectus var. sericeus

Ilustraciones: Aldo Domínguez de la Torre

Rhizophora mangle
(mangle rojo o colorado)

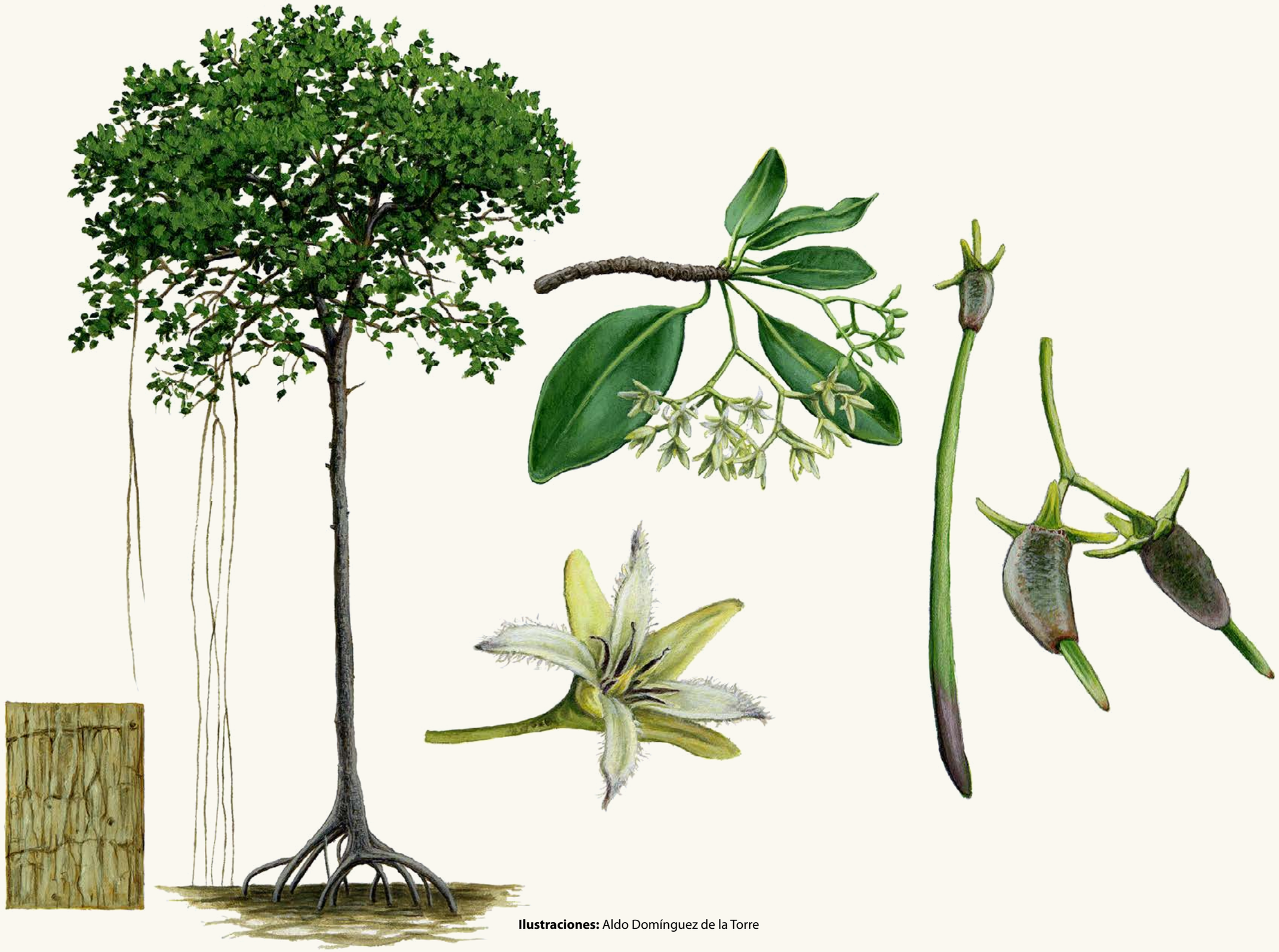


Ilustraciones: Aldo Domínguez de la Torre

*Rhizophora harrisonii**

(mangle caballero)

*Registros en zonas restringidas de la costa de Chiapas



Ilustraciones: Aldo Domínguez de la Torre

LOS MANGLARES Y SU IMPORTANCIA
ESPECIES EN MÉXICO
OBJETIVOS
UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO
PACIFICO NORTE (PN)
MAPA PACÍFICO NORTE
VARIABLES FENOLÓGICAS
CONTRASTES LOCALES
SITIO PILOTO (LOS PETENES)
DIFERENCIAS ENTRE PN Y SITIO PILOTO
IDENTIFICACIÓN DE MANGLE ROJO
CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN
MAPA DEL SITIO PILOTO
FENOLOGÍA
CONCLUSIONES

Objetivos del proyecto

Generar series de tiempo de índices de vegetación y humedad para describir la fenología de la especie *R. mangle*

Probar el método desarrollado en la región Pacífico Norte para la identificación de la especie y adecuarlo en un sitio piloto en la región de Petenes, en la península de Yucatán

Identificar las comunidades de la especie *Rhizophora mangle* (mangle rojo) para elaborar cartografía que sea un insumo básico para el monitoreo espacial de esta especie, en el marco del SMMM en la región Pacífico Norte y un sitio piloto en la región de la Península de Yucatán (Petenes)

Adaptación

Primer mapa regional de manglar a nivel de especie

Resiliencia

Nuevos datos para entender la interacción entre especies de mangle

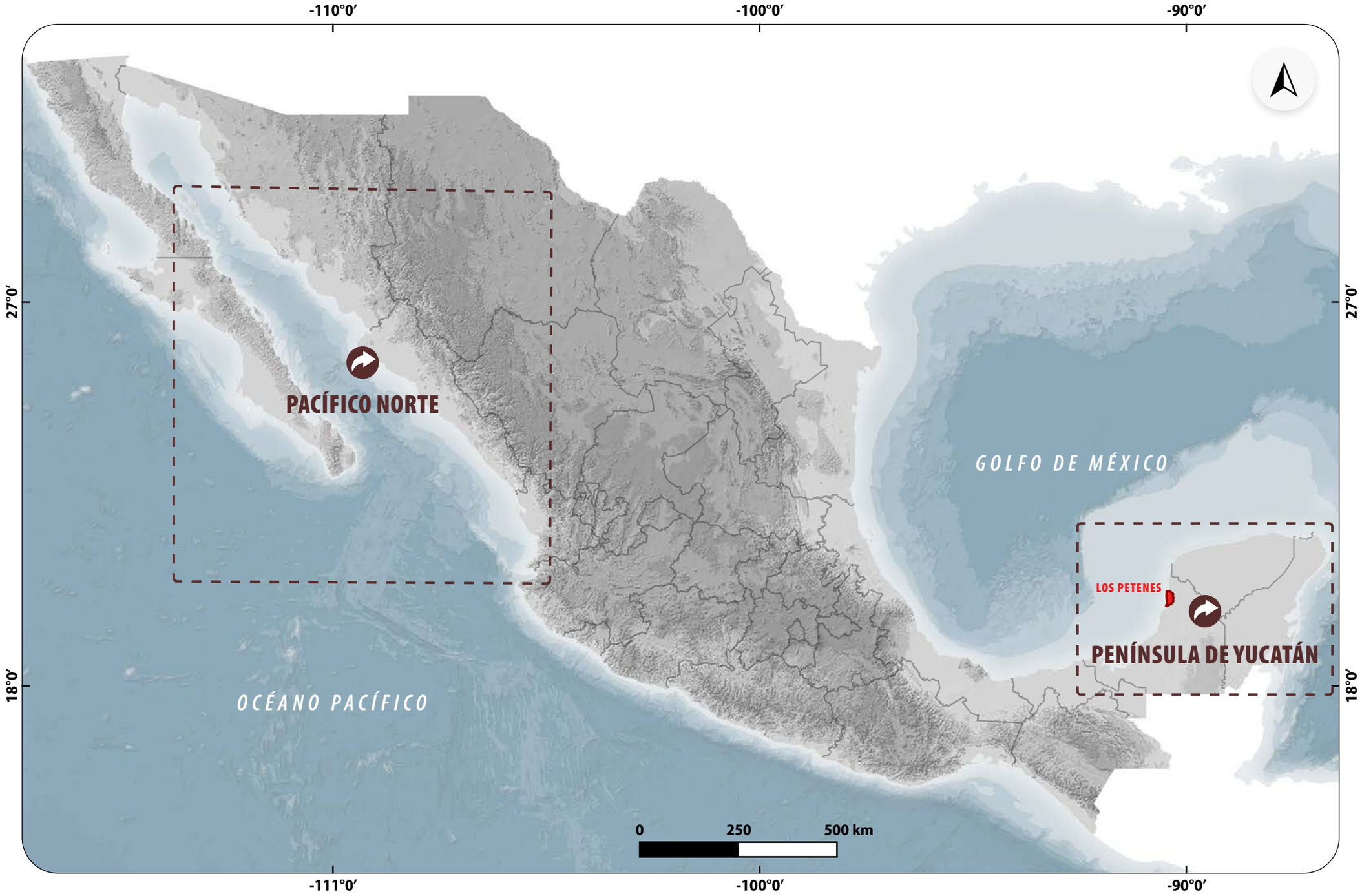
Cambio climático

Primeros datos a nivel regional para describir el crecimiento estacional de los manglares

LOS MANGLARES Y SU IMPORTANCIA
ESPECIES EN MÉXICO
OBJETIVOS
UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO
PACIFICO NORTE (PN)
MAPA PACÍFICO NORTE
VARIABLES FENOLÓGICAS
CONTRASTES LOCALES
SITIO PILOTO (LOS PETENES)
DIFERENCIAS ENTRE PN Y SITIO PILOTO
IDENTIFICACIÓN DE MANGLE ROJO
CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN
MAPA DEL SITIO PILOTO
FENOLOGÍA
CONCLUSIONES

Mapa general

zonas Pacífico norte y península de Yucatán



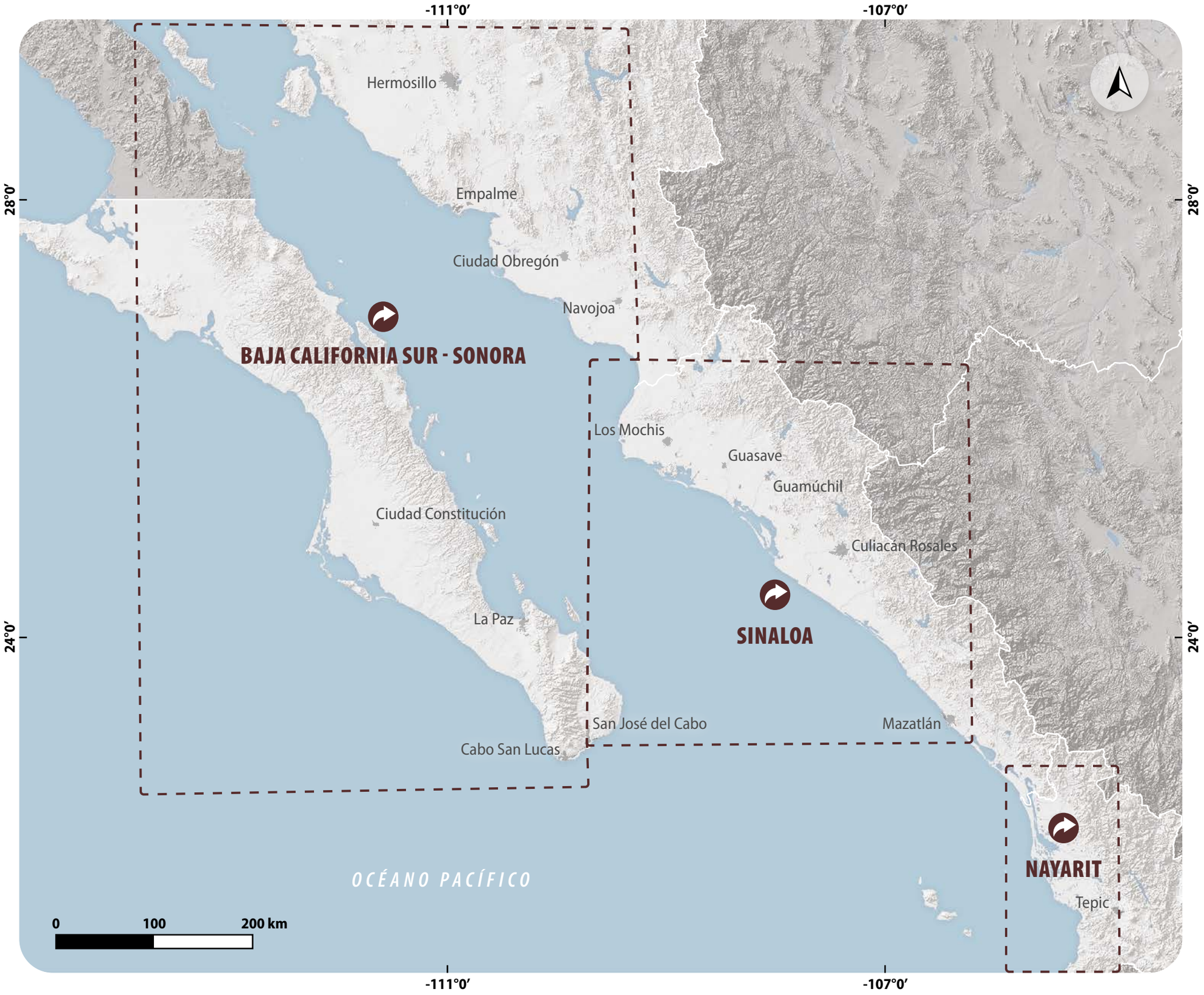
1. En el norte de la laguna de Agua Brava en Marismas Nacionales, Nayarit, se desarrollaron por primera vez los métodos para identificar manglares a nivel de especie: (https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/ecosistemas/smmanglares/files/Informe_Final_MangleRojo_Final.pdf).

Dados los buenos resultados obtenidos para *Rhizophora mangle*, después de un segundo estudio (https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/15446.pdf) se realizó el primer mapa de distribución de mangle rojo para toda la regiónPacífico Norte.

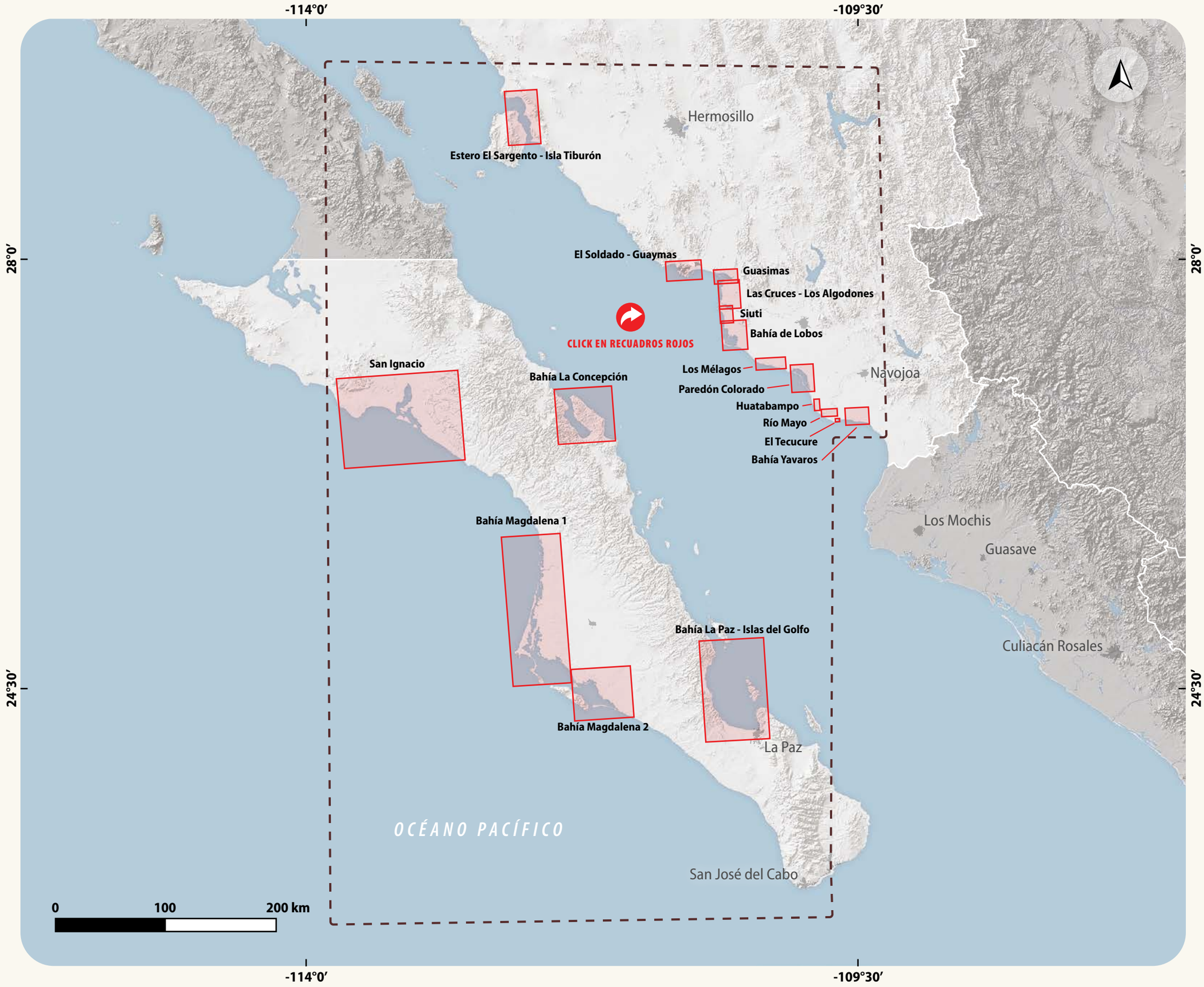
2. La región de Península de Yucatán concentra más del 60% de la cobertura de manglar en México. Se eligió un sitio piloto en Los Petenes, Campeche, para probar los métodos desarrollados en la región Pacífico Norte.

LOS MANGLARES Y SU IMPORTANCIA
ESPECIES EN MÉXICO
OBJETIVOS
UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO
PACIFICO NORTE (PN)
MAPA PACÍFICO NORTE
VARIABLES FENOLÓGICAS
CONTRASTES LOCALES
SITIO PILOTO (LOS PETENES)
DIFERENCIAS ENTRE PN Y SITIO PILOTO
IDENTIFICACIÓN DE MANGLE ROJO
CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN
MAPA DEL SITIO PILOTO
FENOLOGÍA
CONCLUSIONES

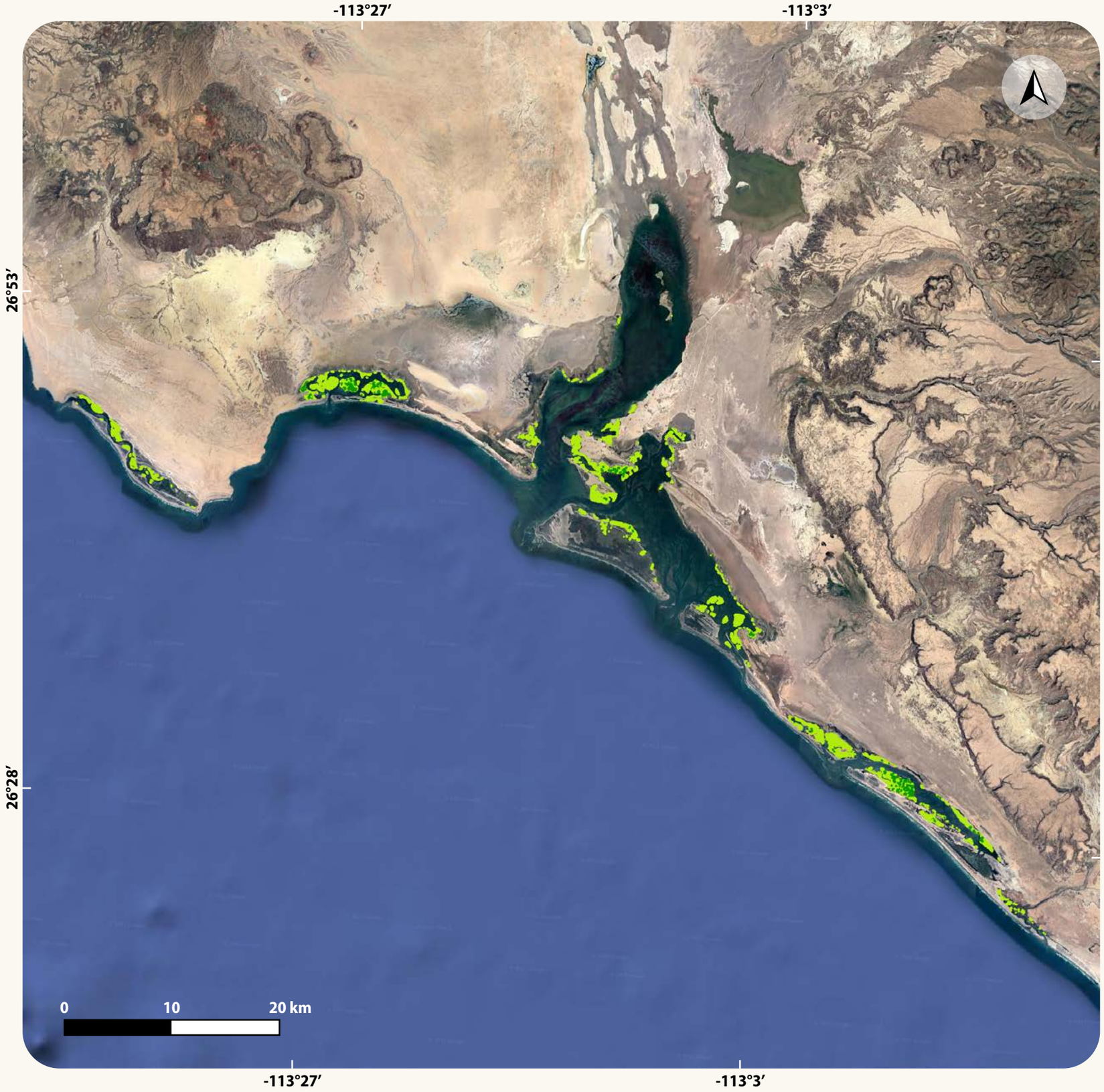
Distribución del mangle rojo
en la región Pacífico Norte



Baja California Sur y Sonora



San Ignacio

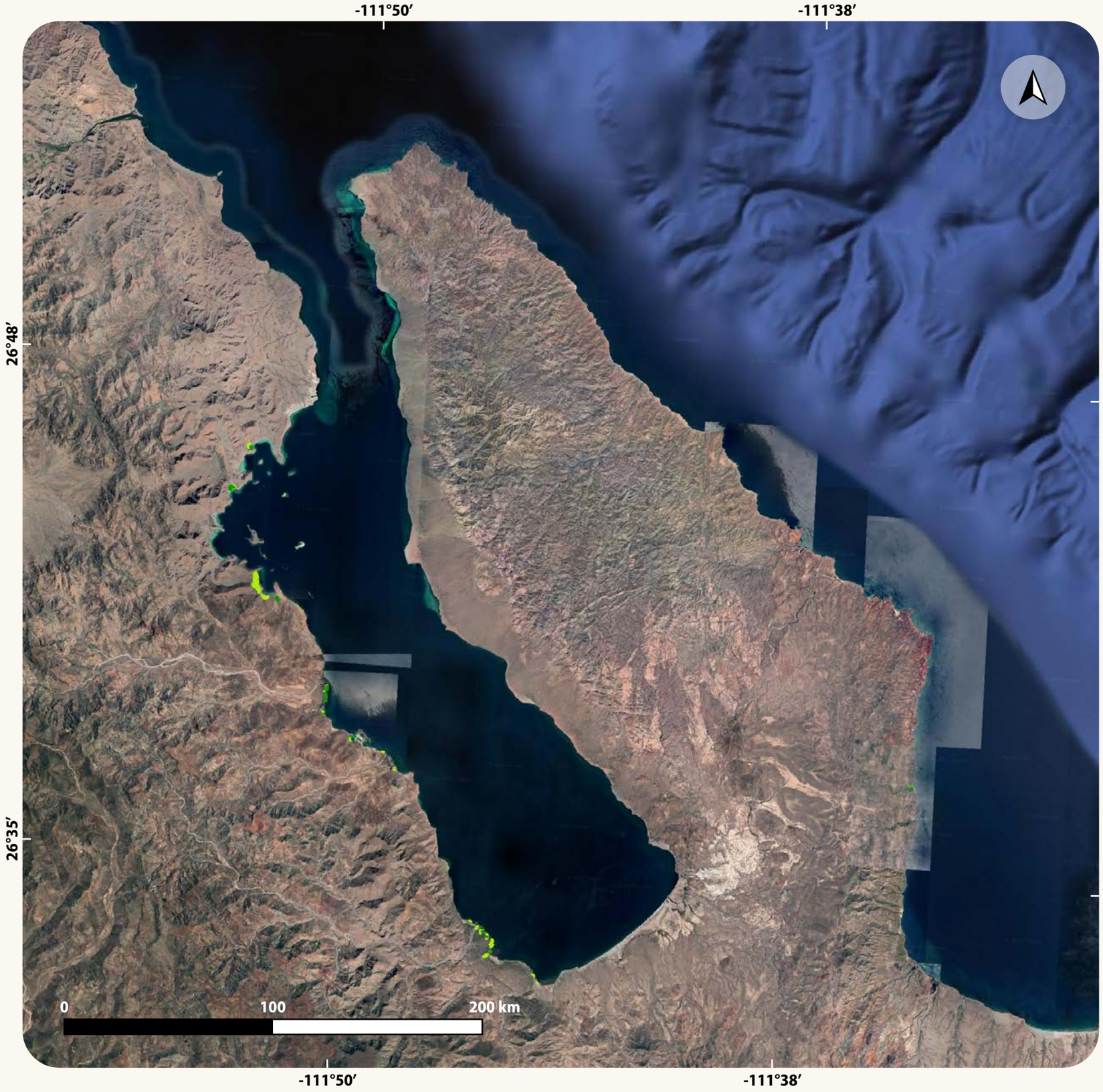


Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	318.21
Oe dominante	2,967.44
Proceso de cambio (–)	0.52
Proceso de cambio (+)	3.05

Bahía La Concepción

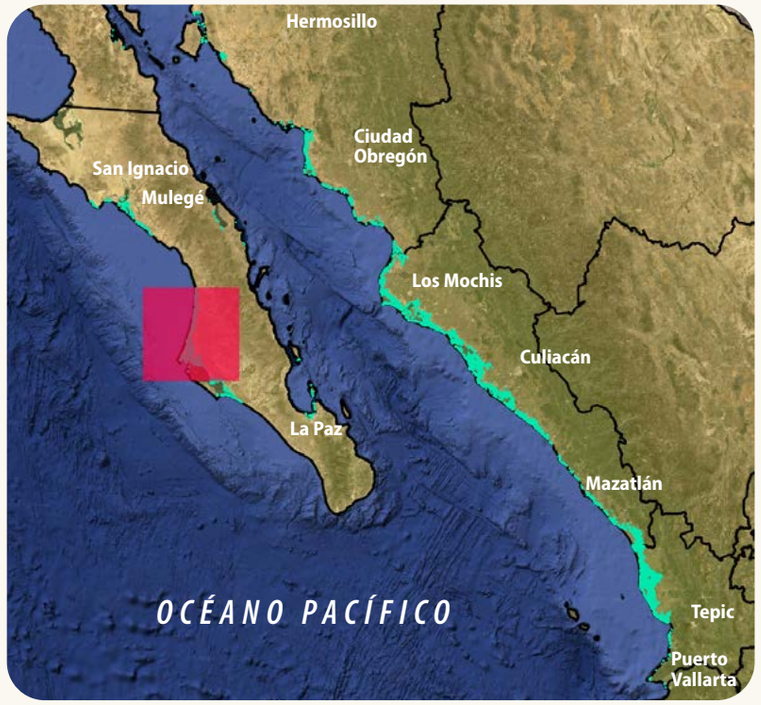


Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	16.34
Oe dominante	38.03
Proceso de cambio (–)	0
Proceso de cambio (+)	0

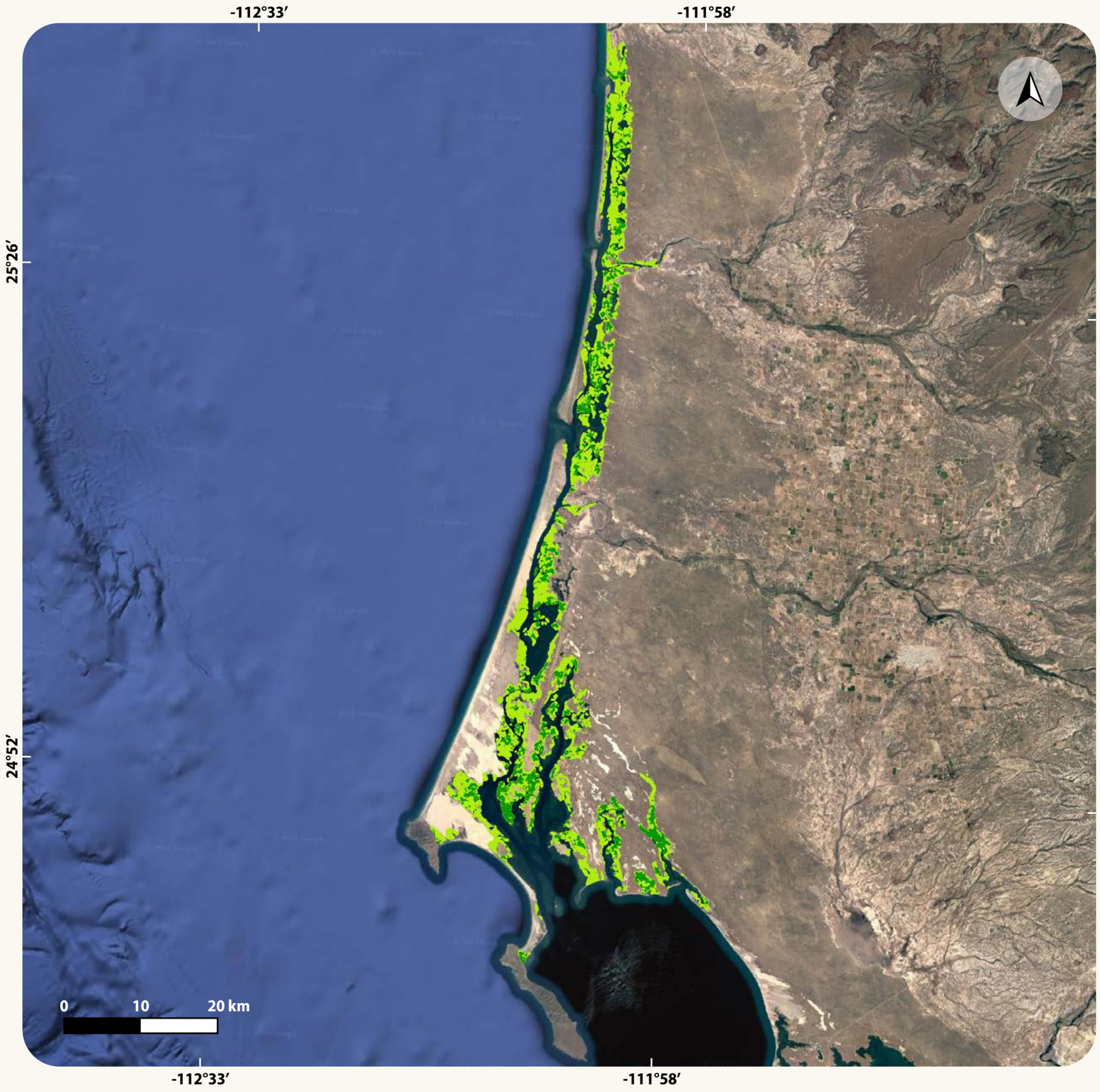
Bahía Magdalena 1



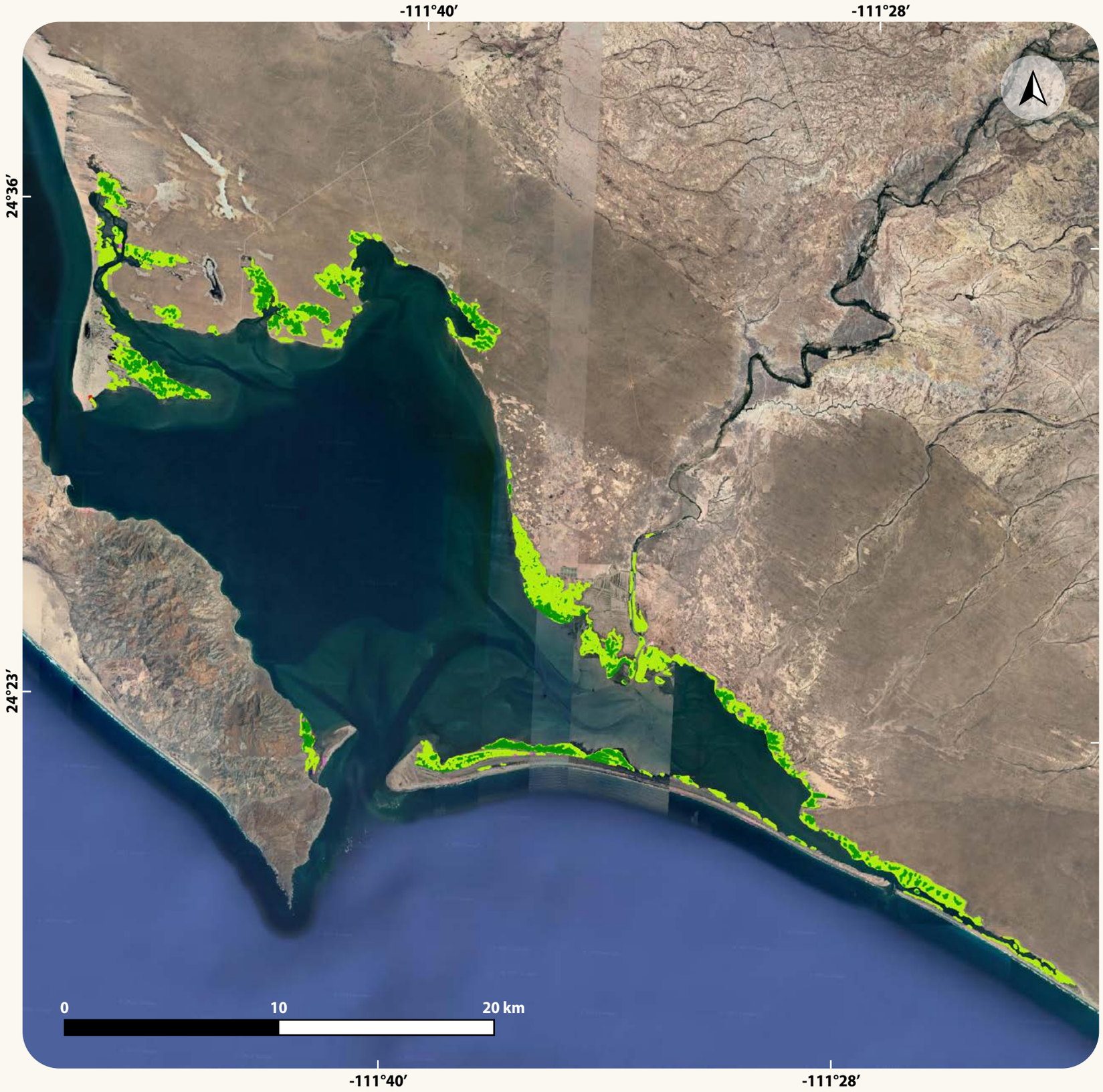
Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	4,031.16
Oe dominante	14,492.05
Proceso de cambio (–)	2.44
Proceso de cambio (+)	4.27



Bahía Magdalena 2



Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

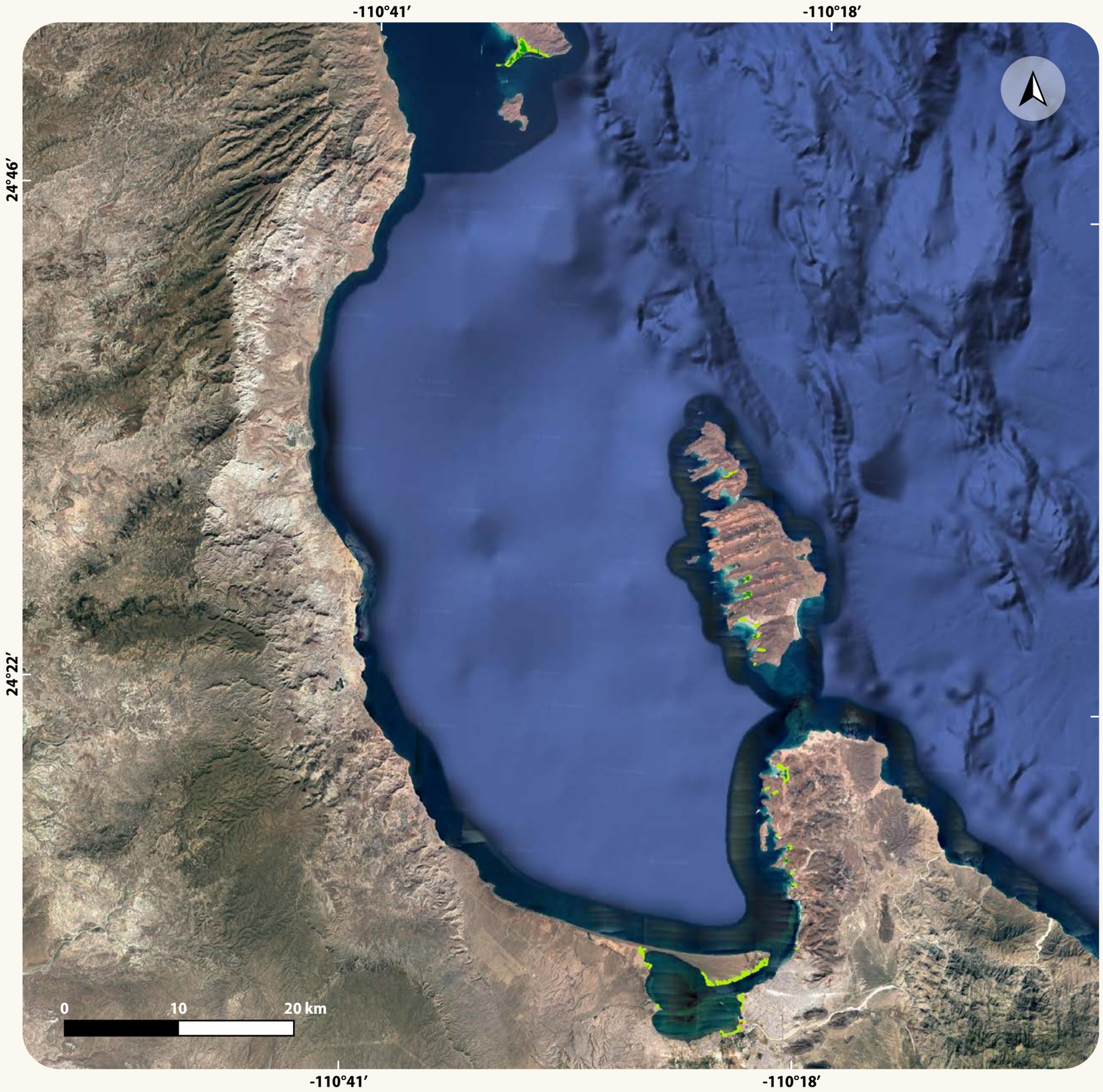
Clase	Área (ha)
Rm dominante	1,086.37
Oe dominante	2,808.86
Proceso de cambio (–)	1.97
Proceso de cambio (+)	11.01

Bahía La Paz - Islas del Golfo

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	61.87
Oe dominante	360.13
Proceso de cambio (–)	0.98
Proceso de cambio (+)	0

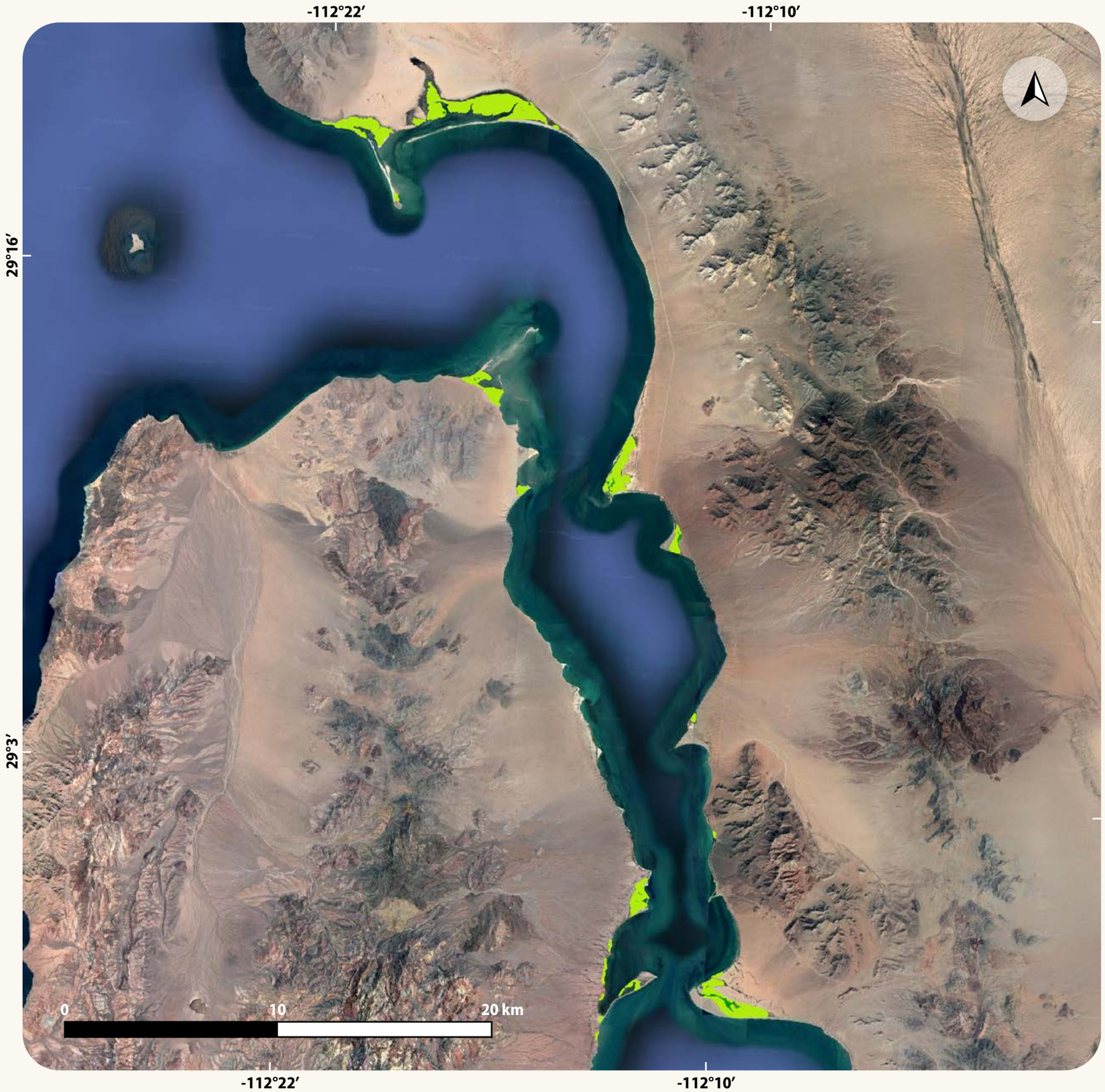


Estero El Sargento - Isla Tiburón

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	66.61
Oe dominante	903.14
Proceso de cambio (–)	0
Proceso de cambio (+)	0



El Soldado - Guaymas

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

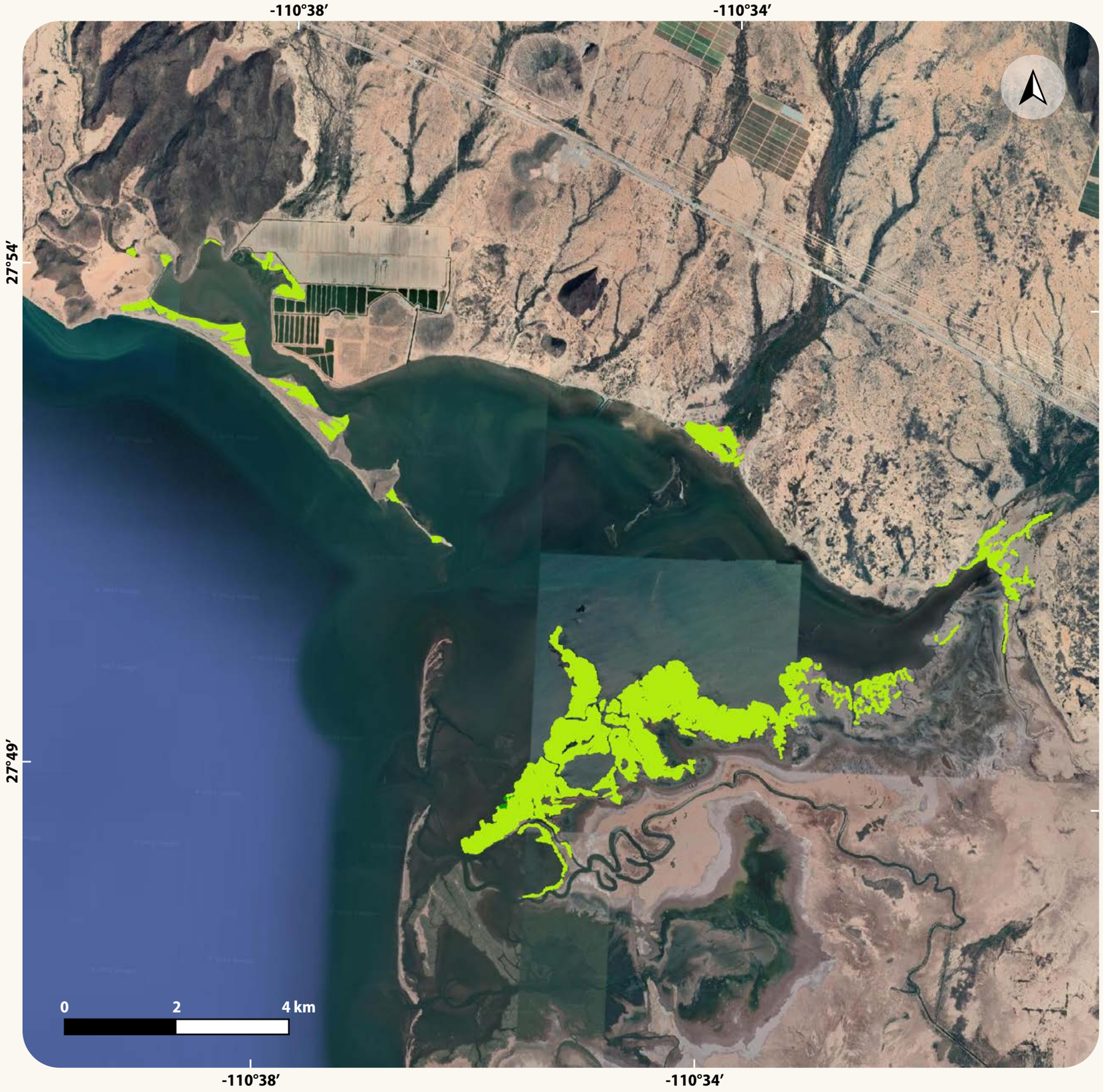
Clase	Área (ha)
Rm dominante	2.4
Oe dominante	82.86
Proceso de cambio (–)	0
Proceso de cambio (+)	0

Guasimas

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	1.17
Oe dominante	696.07
Proceso de cambio (–)	0
Proceso de cambio (+)	1.8

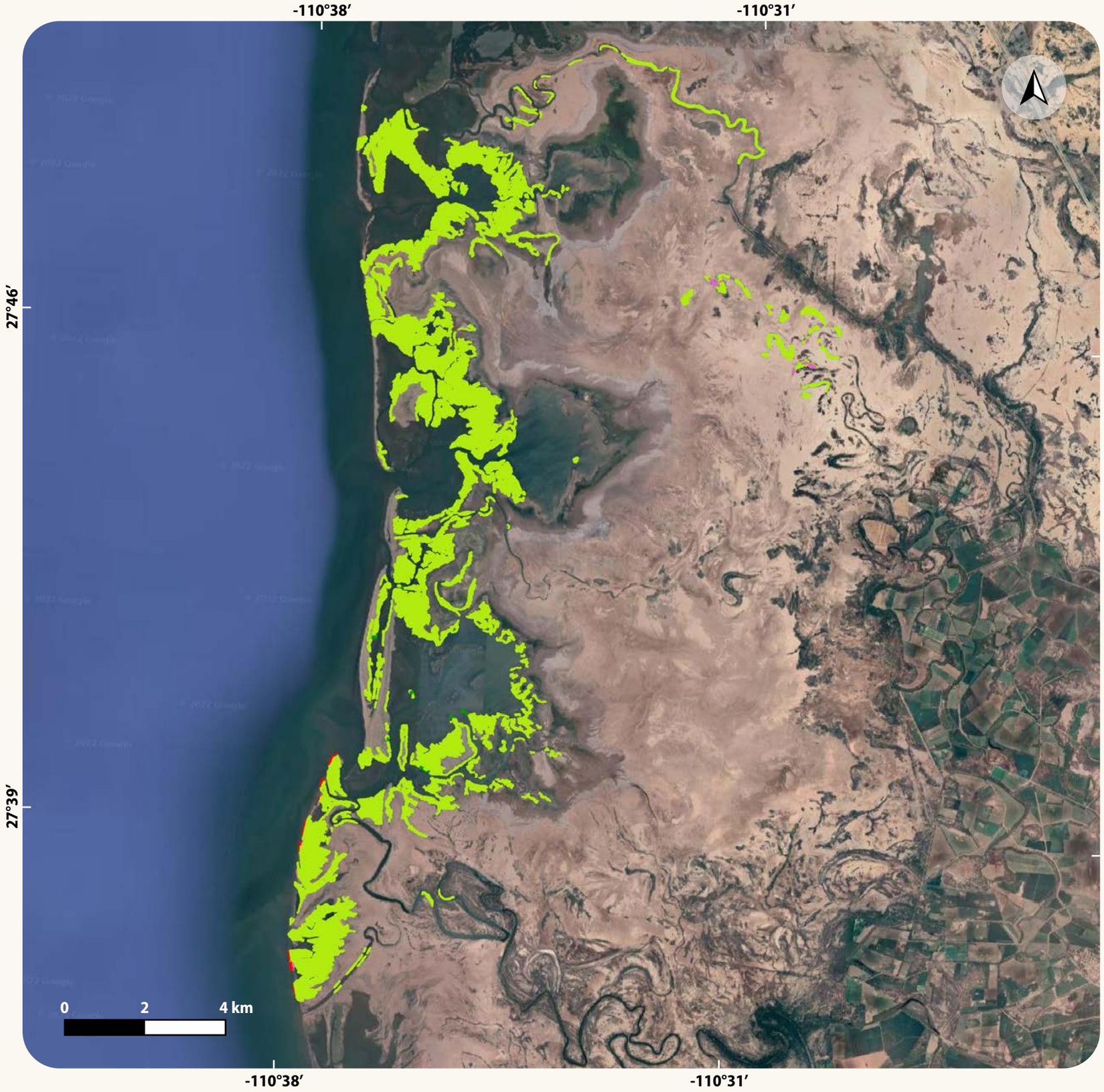


Las Cruces - Los Algodones

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

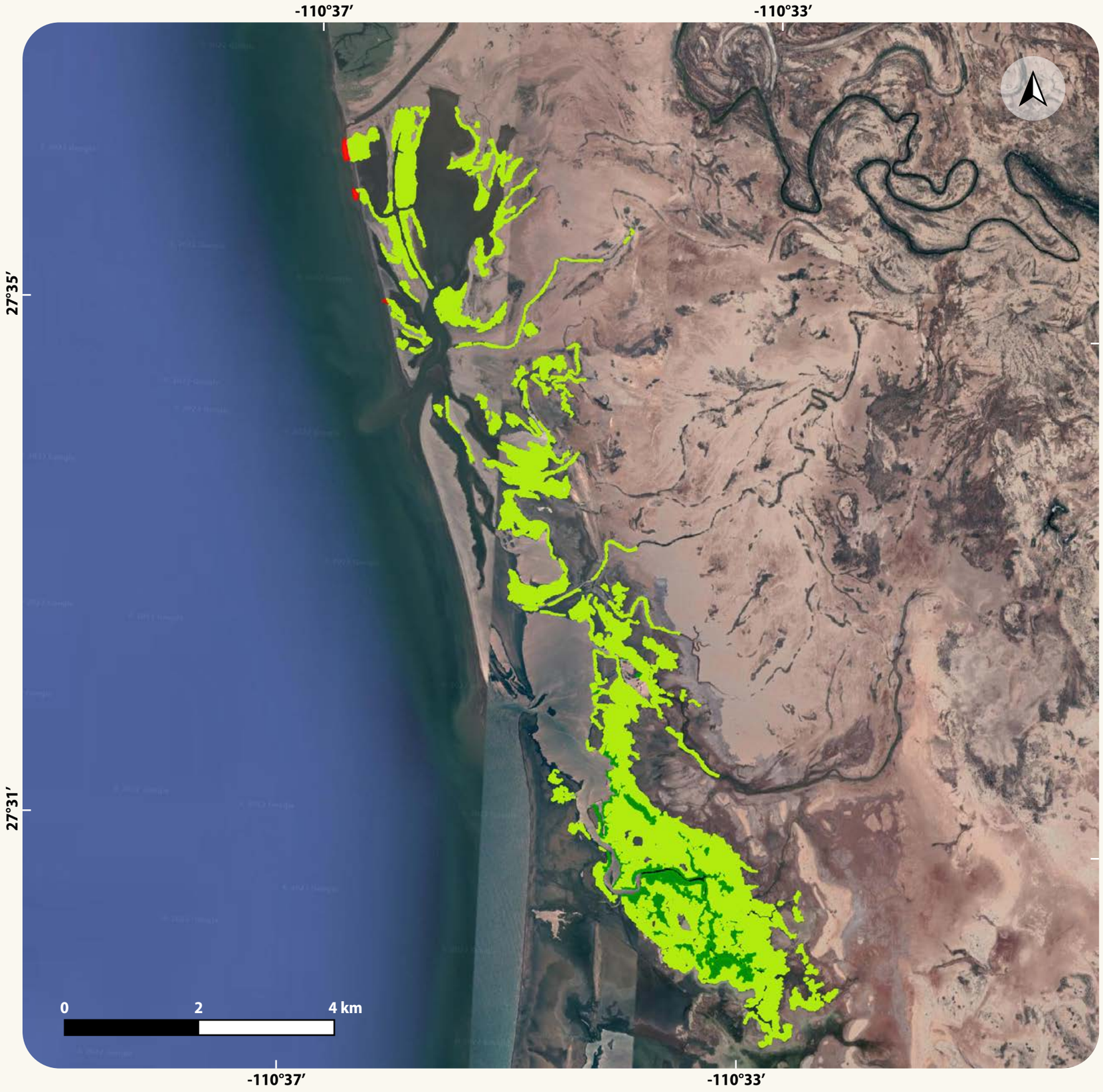
Clase	Área (ha)
Rm dominante	7.19
Oe dominante	2,028.67
Proceso de cambio (–)	7.47
Proceso de cambio (+)	10.88



Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	103.31
Oe dominante	828.62
Proceso de cambio (–)	2.68
Proceso de cambio (+)	0.71

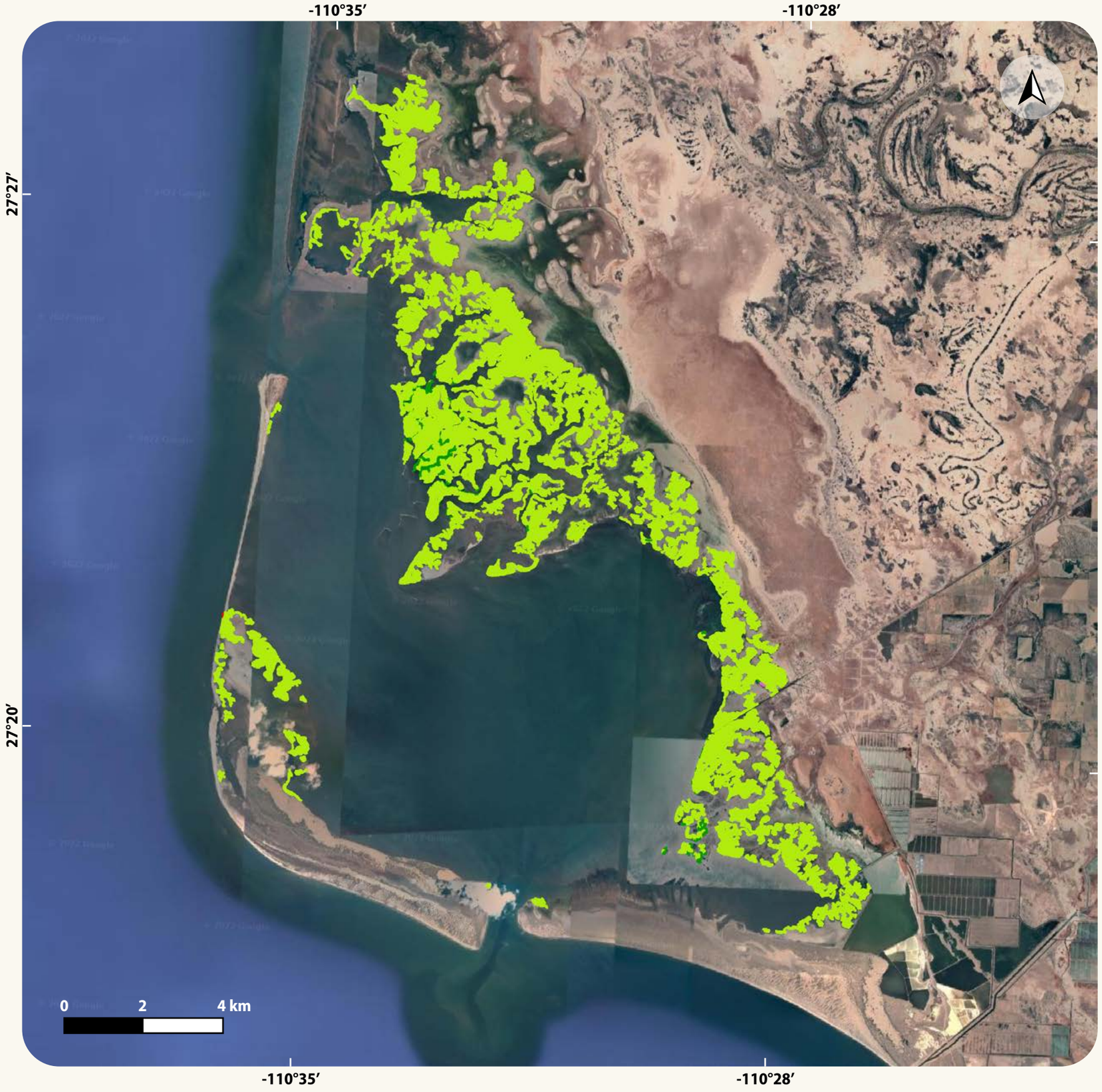


Bahía de Lobos

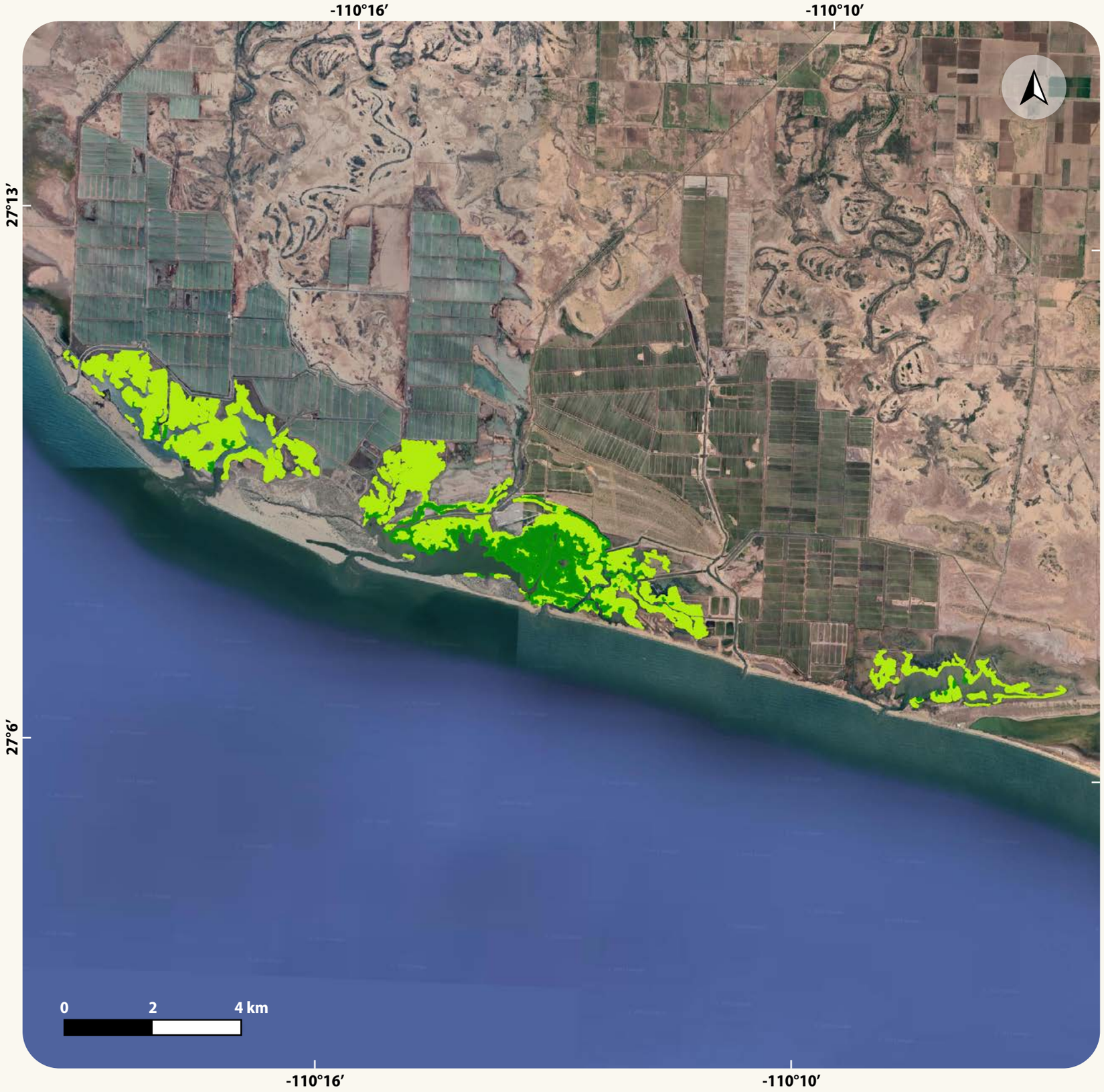
Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	47.81
Oe dominante	3,085.89
Proceso de cambio (–)	0.47
Proceso de cambio (+)	0.57



Los Mélagos



Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	310.38
Oe dominante	1,046.65
Proceso de cambio (–)	0
Proceso de cambio (+)	0

Paredón Colorado

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

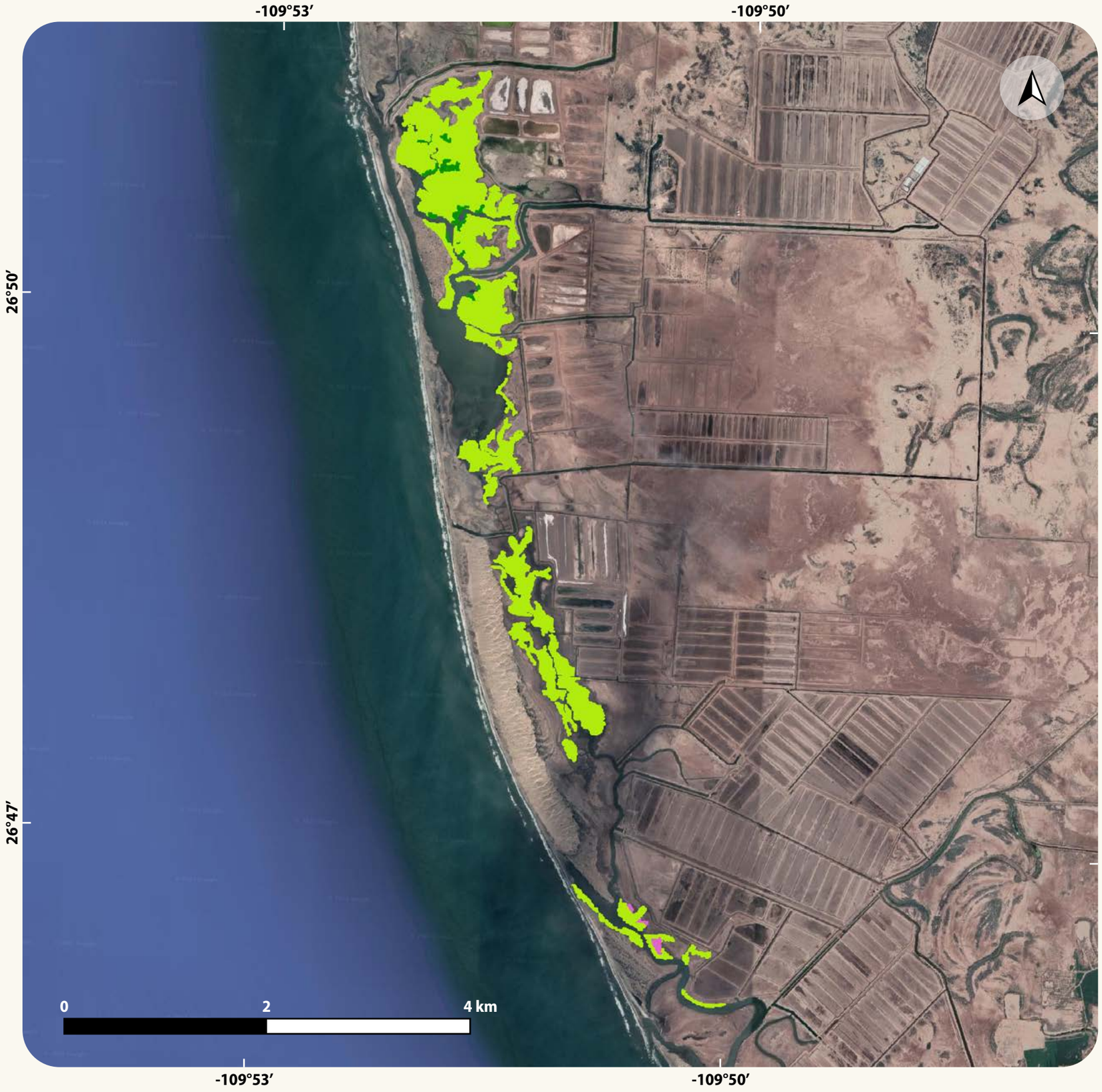
Clase	Área (ha)
Rm dominante	68.02
Oe dominante	865.9
Proceso de cambio (–)	1.1
Proceso de cambio (+)	1.49

Huatabampo

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	5.96
Oe dominante	196.18
Proceso de cambio (–)	0
Proceso de cambio (+)	1.53



Río Mayo

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	60.81
Oe dominante	253.95
Proceso de cambio (–)	0
Proceso de cambio (+)	0

El Tecucure

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

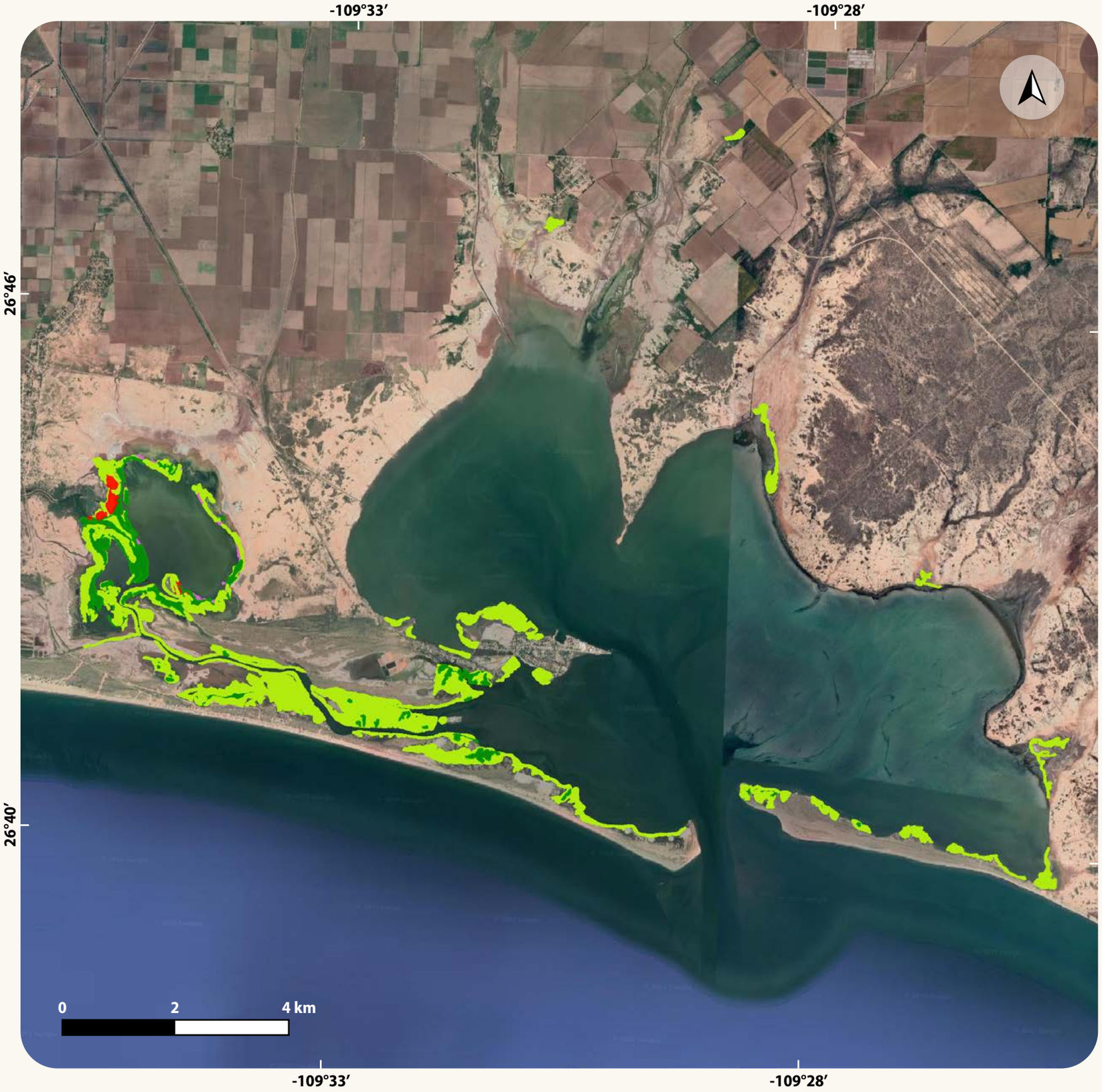
Clase	Área (ha)
Rm dominante	4.22
Oe dominante	15.55
Proceso de cambio (–)	0
Proceso de cambio (+)	0

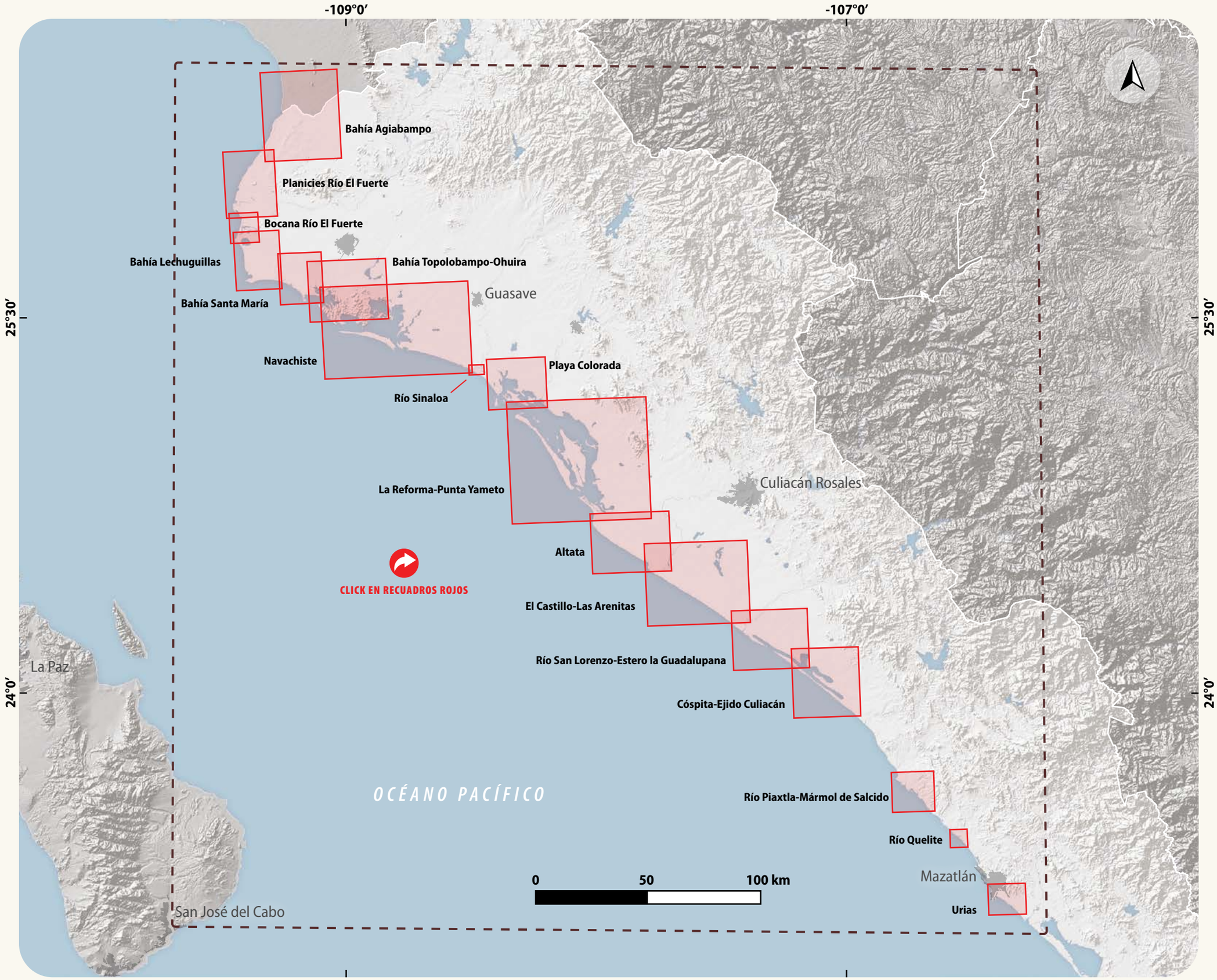
Bahía Yavaros

Leyenda

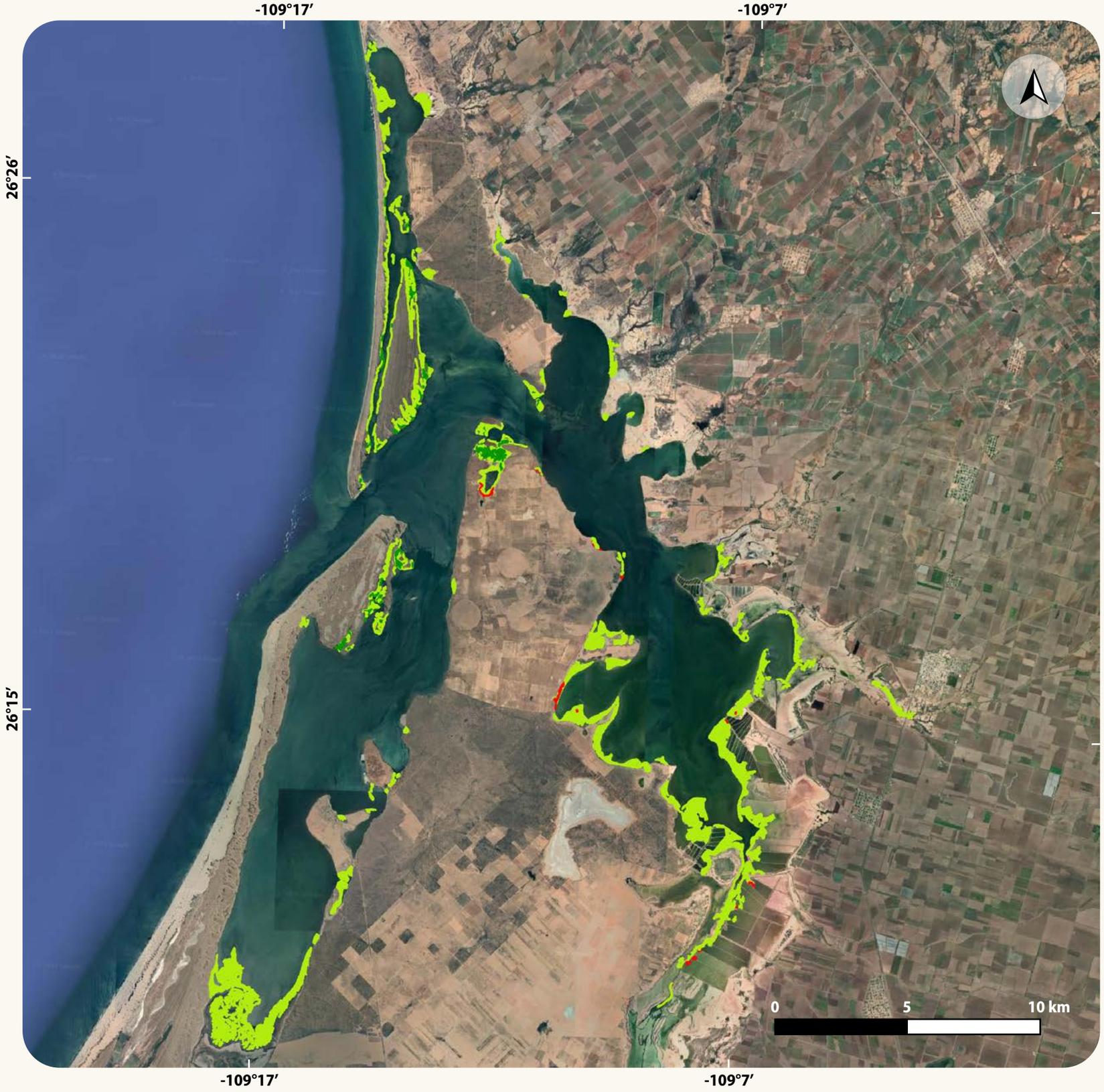
- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	124.94
Oe dominante	558.09
Proceso de cambio (–)	14.55
Proceso de cambio (+)	7.17




-109°0′
-107°0′
25°30′
24°0′
Bahía Agiabampo
Planicies Río El Fuerte
Bocana Río El Fuerte
Bahía Lechuguillas
Bahía Topolobampo-Ohuira
Bahía Santa María
Guasave
Navachiste
Playa Colorada
Río Sinaloa
La Reforma-Punta Yameto
Culiacán Rosales
Altata
CLICK EN RECUADROS ROJOS
El Castillo-Las Arenitas
Río San Lorenzo-Estero la Guadalupana
Cóspita-Ejido Culiacán
La Paz
OCÉANO PACÍFICO
Río Piaxtla-Mármol de Salcido
Río Quelite
Mazatlán
Urias
0
50
100 km
San José del Cabo

Bahía Agiabampo



Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	135.55
Oe dominante	1,815.62
Proceso de cambio (–)	15.55
Proceso de cambio (+)	1.05

Planicies Río El Fuerte

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	273.73
Oe dominante	931.78
Proceso de cambio (–)	38.06
Proceso de cambio (+)	0

Bocana Río El Fuerte

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

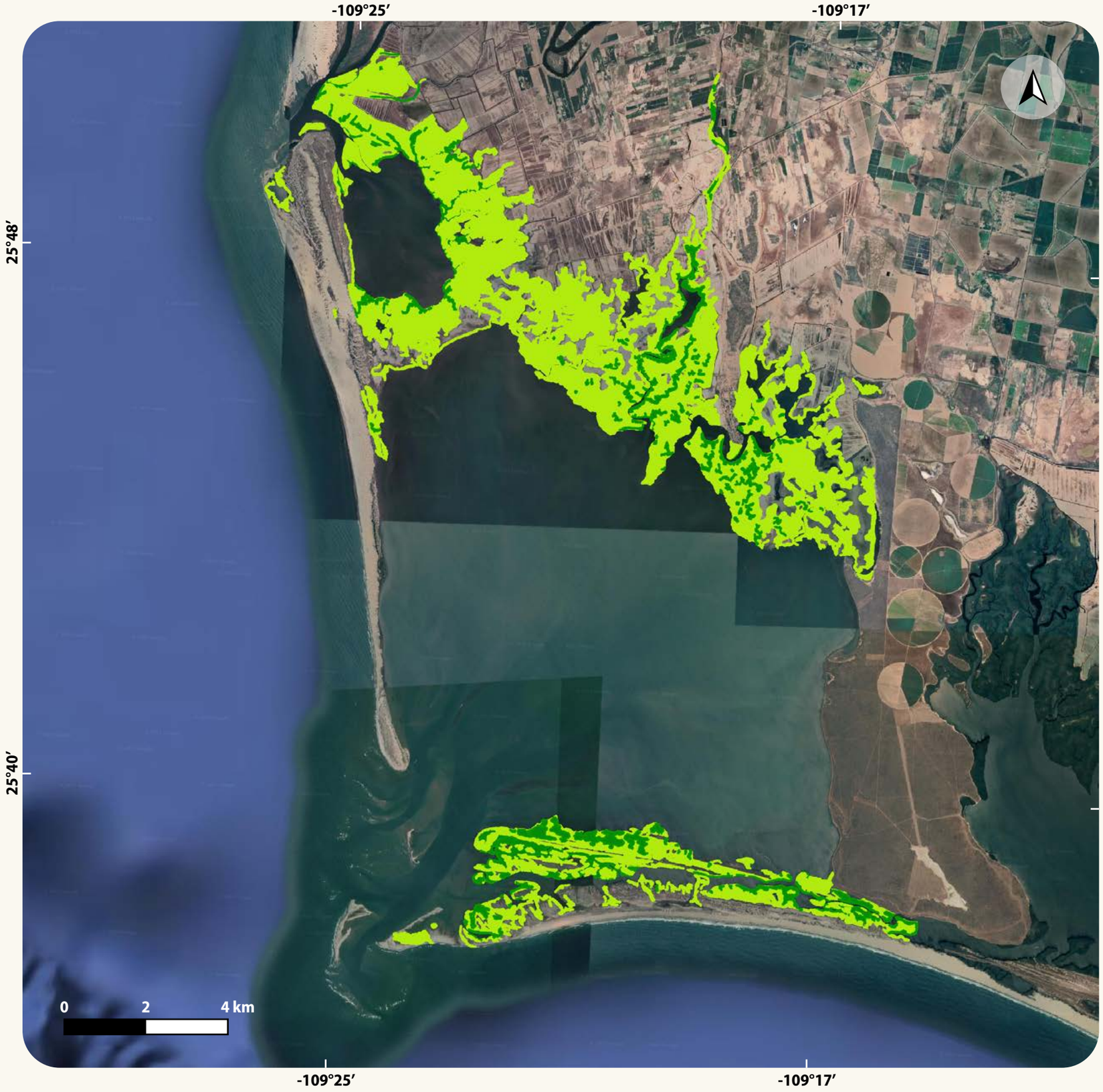
Clase	Área (ha)
Rm dominante	36.1
Oe dominante	340.42
Proceso de cambio (–)	3.39
Proceso de cambio (+)	0.21

Bahía Lechuguillas

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	623.1
Oe dominante	3,846.29
Proceso de cambio (–)	0
Proceso de cambio (+)	0.74



Bahía Santa María

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

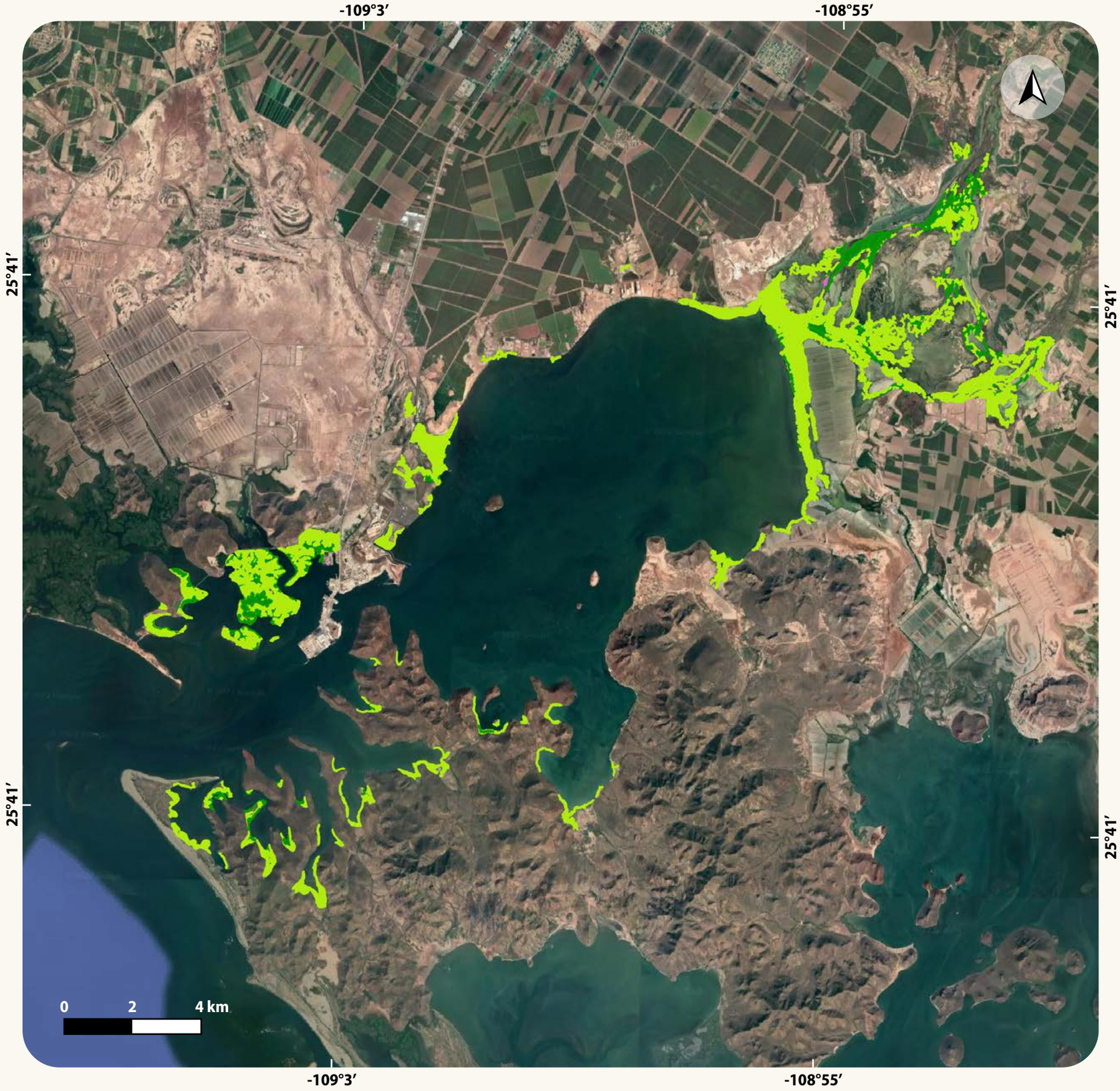
Clase	Área (ha)
Rm dominante	2,455.79
Oe dominante	4,330
Proceso de cambio (–)	17.29
Proceso de cambio (+)	0.92

Bahía Topolobampo-Ohuira

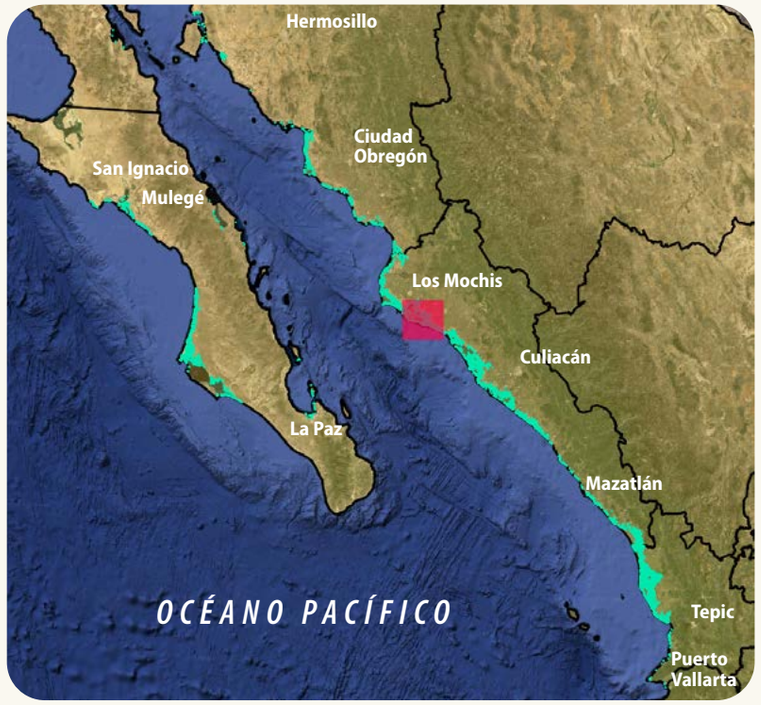
Leyenda

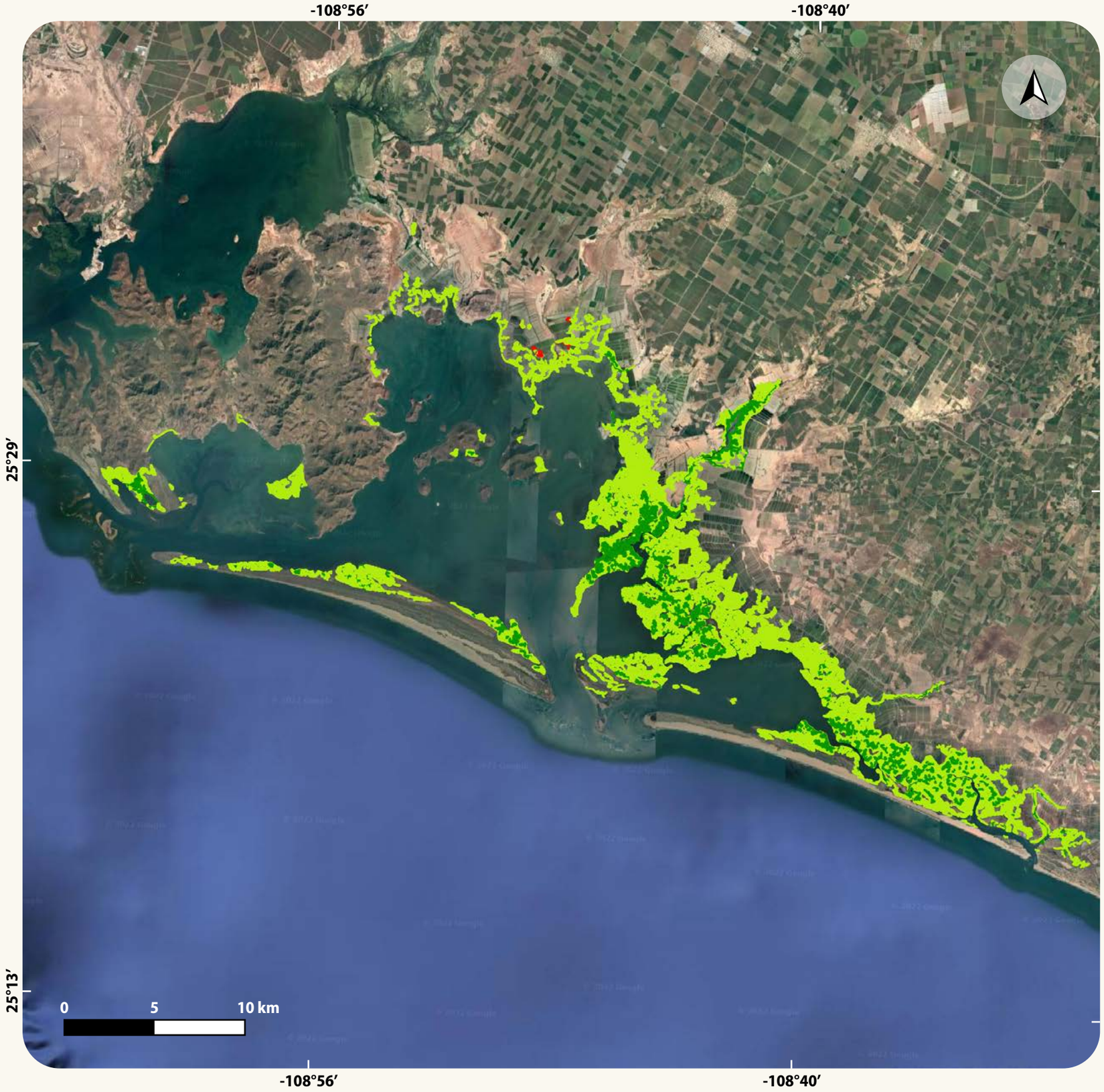
- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	499.02
Oe dominante	1,633.5
Proceso de cambio (–)	0.3
Proceso de cambio (+)	1.27



Navachiste





Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	2,832.81
Oe dominante	8,797.51
Proceso de cambio (–)	23.97
Proceso de cambio (+)	0

Río Sinaloa

Leyenda

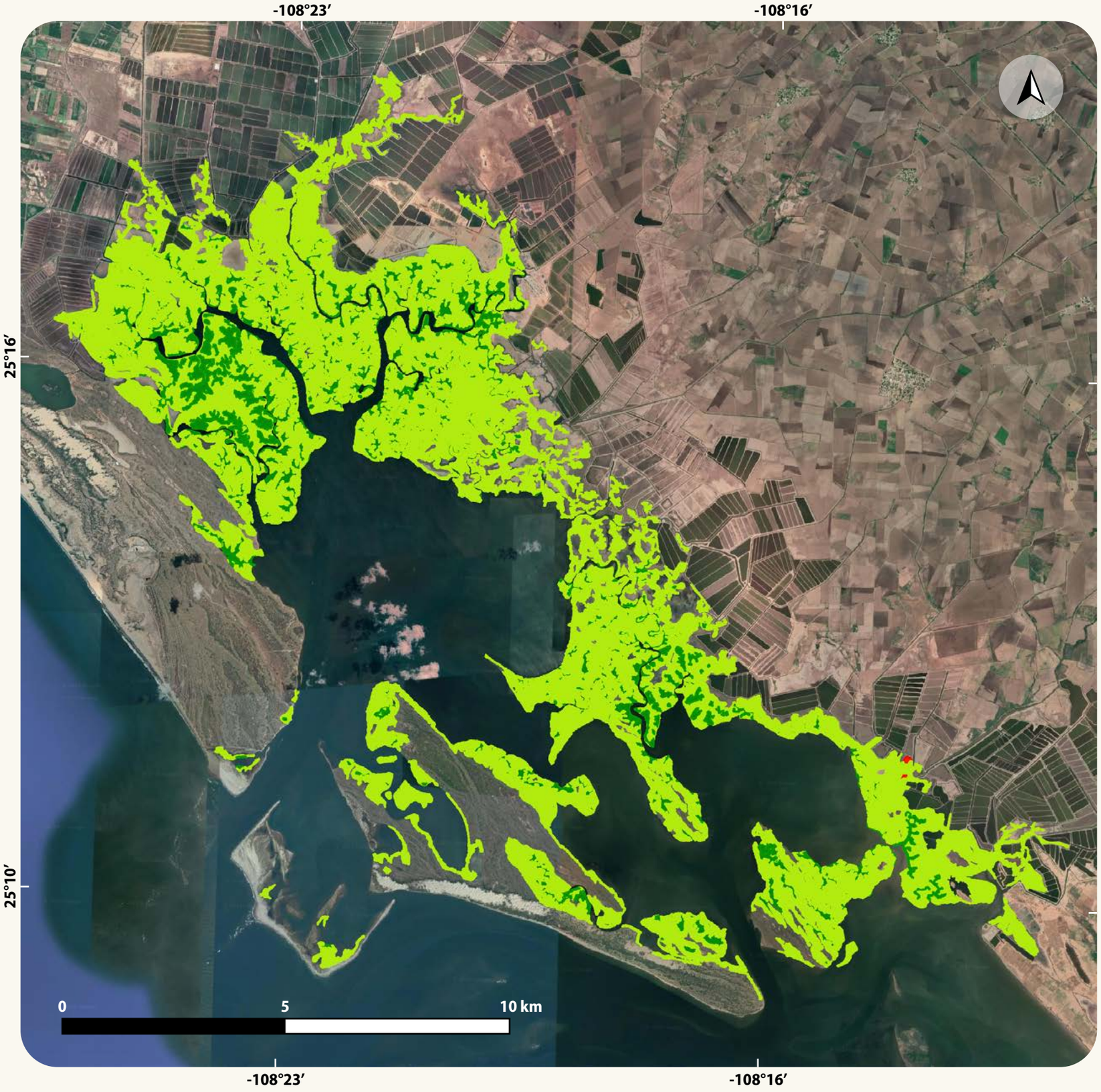
- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	25.06
Oe dominante	212.09
Proceso de cambio (–)	0
Proceso de cambio (+)	0

Playa Colorada

Leyenda
Rhizophora mangle dominante
Otras especies dominantes
Proceso de cambio (+)
Proceso de cambio (–)
Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	1,412.47
Oe dominante	6,027.79
Proceso de cambio (–)	3.89
Proceso de cambio (+)	1.26

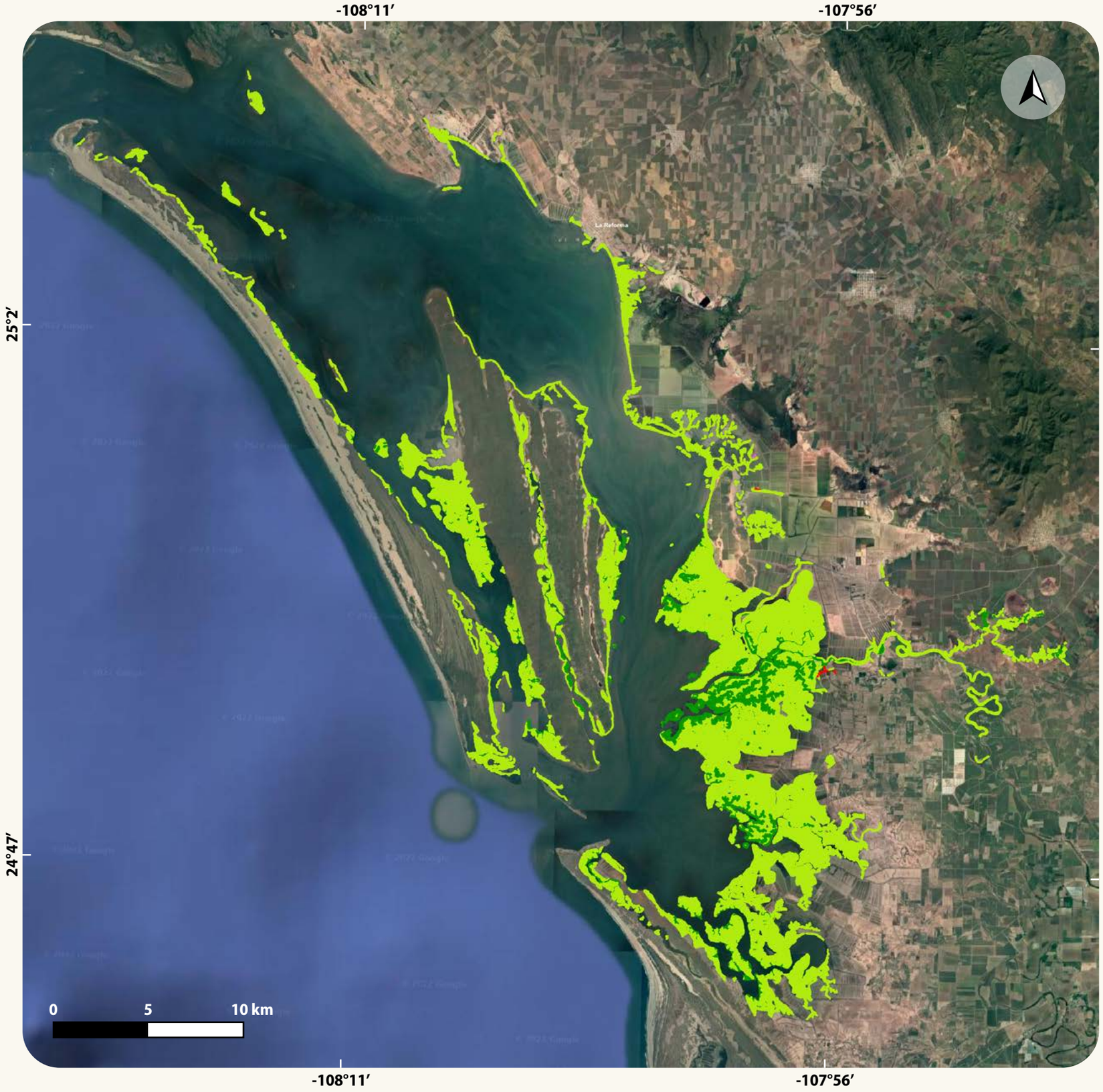


La Reforma-Punta Yameto

Leyenda

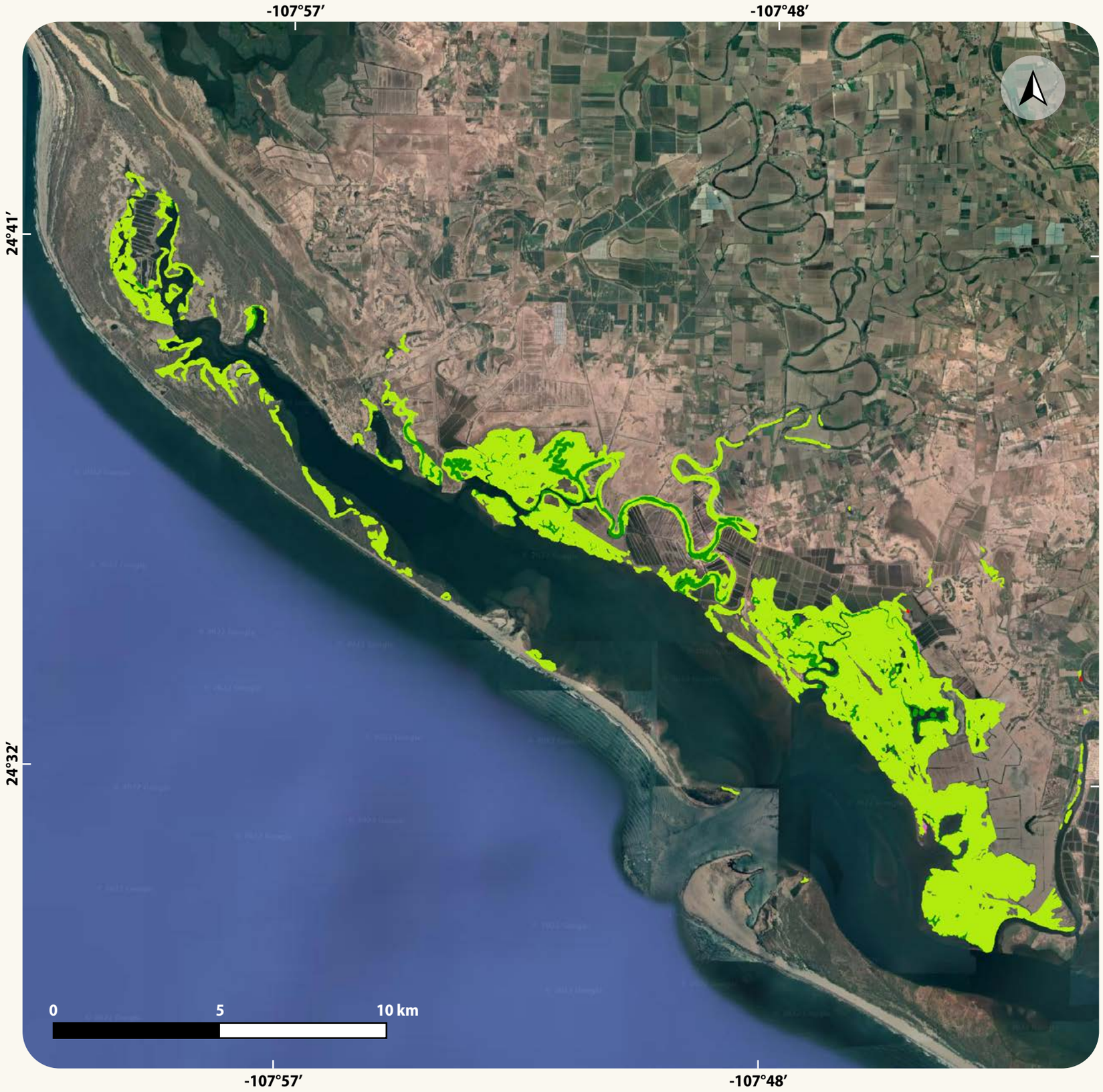
- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	2,417.22
Oe dominante	12,445.31
Proceso de cambio (–)	7.8
Proceso de cambio (+)	1.99

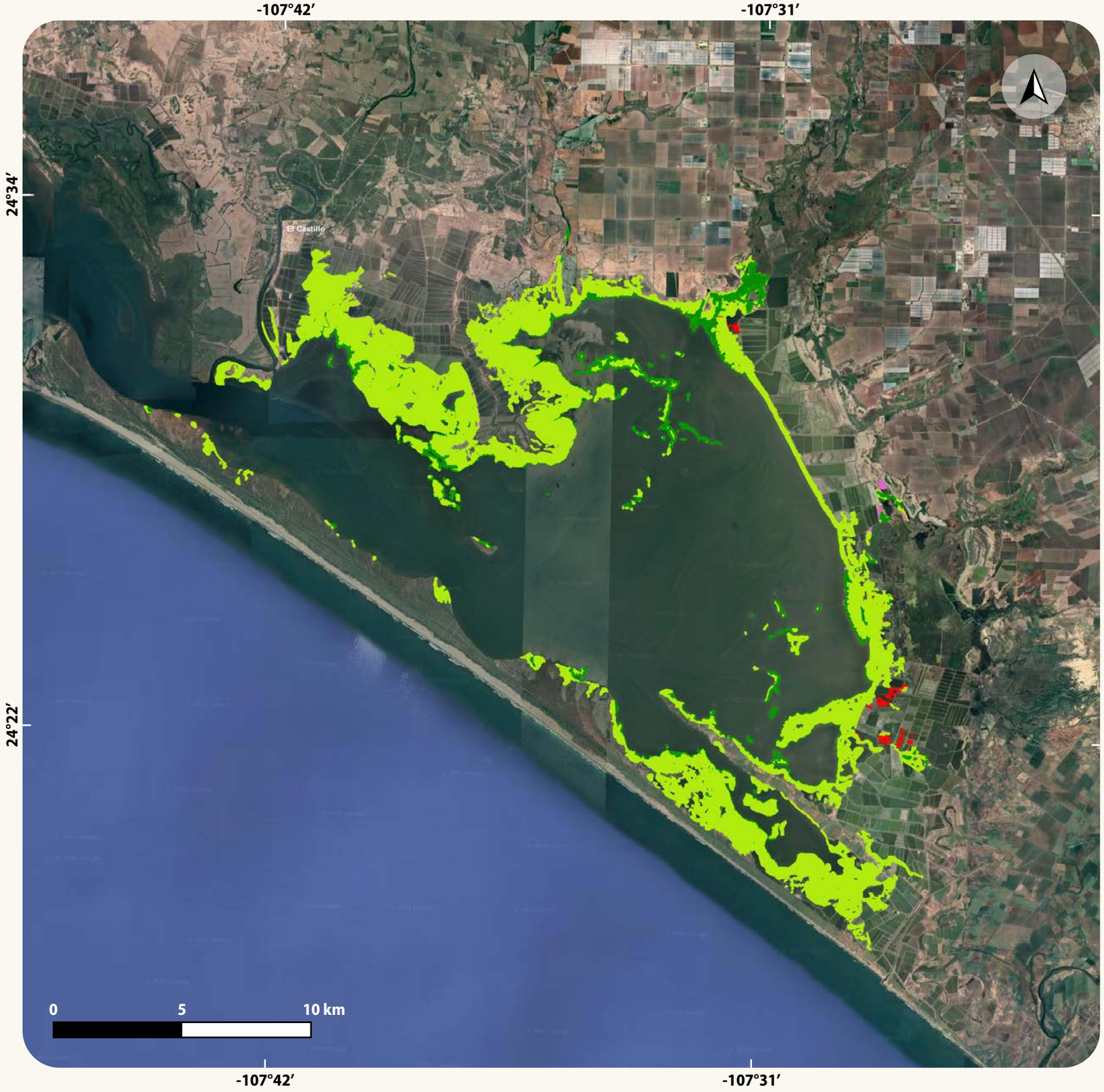


Leyenda
Rhizophora mangle dominante
Otras especies dominantes
Proceso de cambio (+)
Proceso de cambio (–)
Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	598.97
Oe dominante	3,917.41
Proceso de cambio (–)	1.06
Proceso de cambio (+)	5.26



El Castillo-Las Arenitas



Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

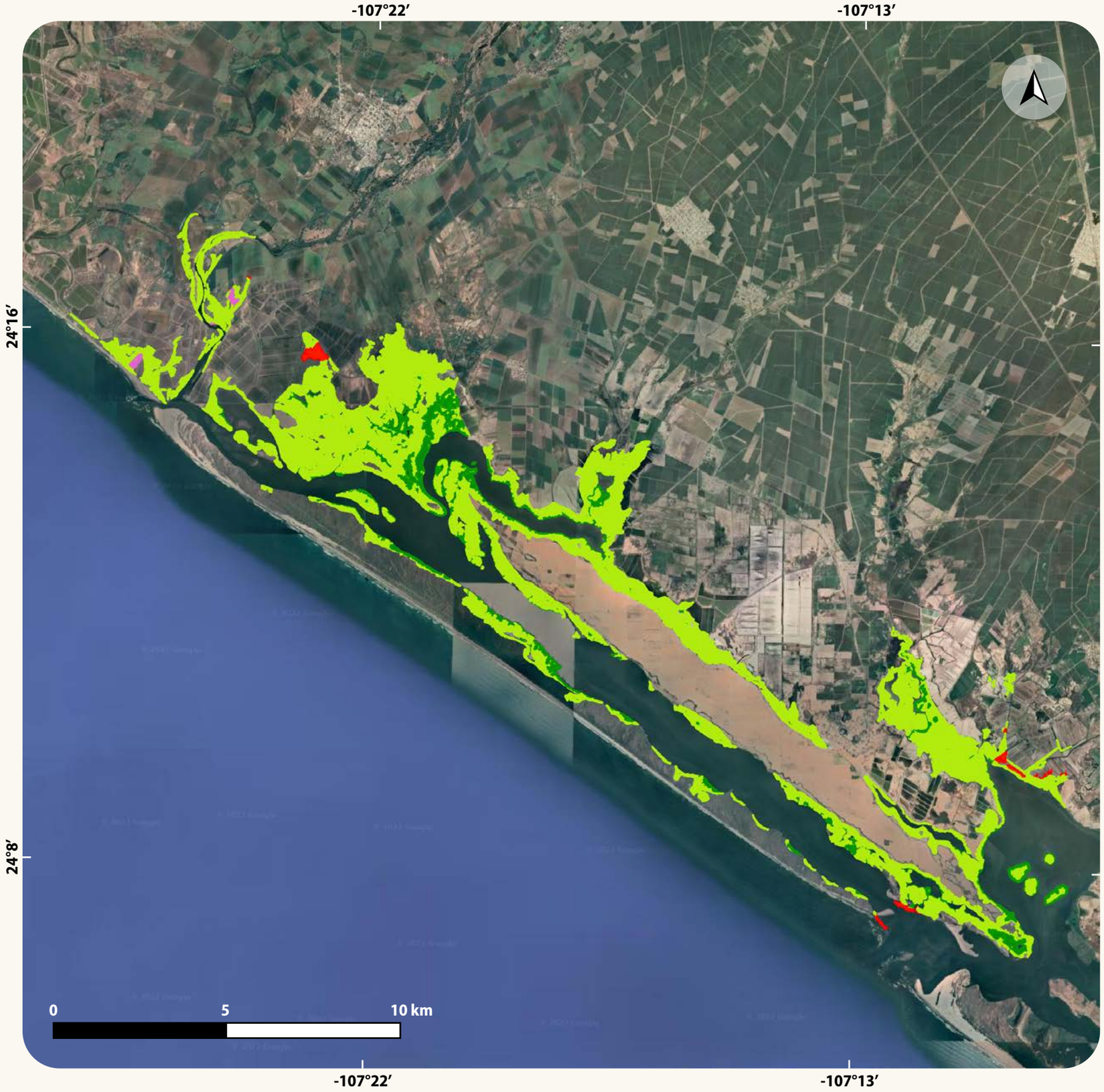
Clase	Área (ha)
Rm dominante	998.56
Oe dominante	6,124.72
Proceso de cambio (–)	43.92
Proceso de cambio (+)	33.15

Río San Lorenzo-Estero la Guadalupana

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	658.83
Oe dominante	3,720.8
Proceso de cambio (–)	44.83
Proceso de cambio (+)	18.07



Cóspita-Ejido Culiacán

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	795.19
Oe dominante	2,433.21
Proceso de cambio (–)	60.07
Proceso de cambio (+)	2.05

Río Piaxtla-Mármol de Salcido

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	12.65
Oe dominante	211.56
Proceso de cambio (–)	0.56
Proceso de cambio (+)	0

Río Quelite

Leyenda

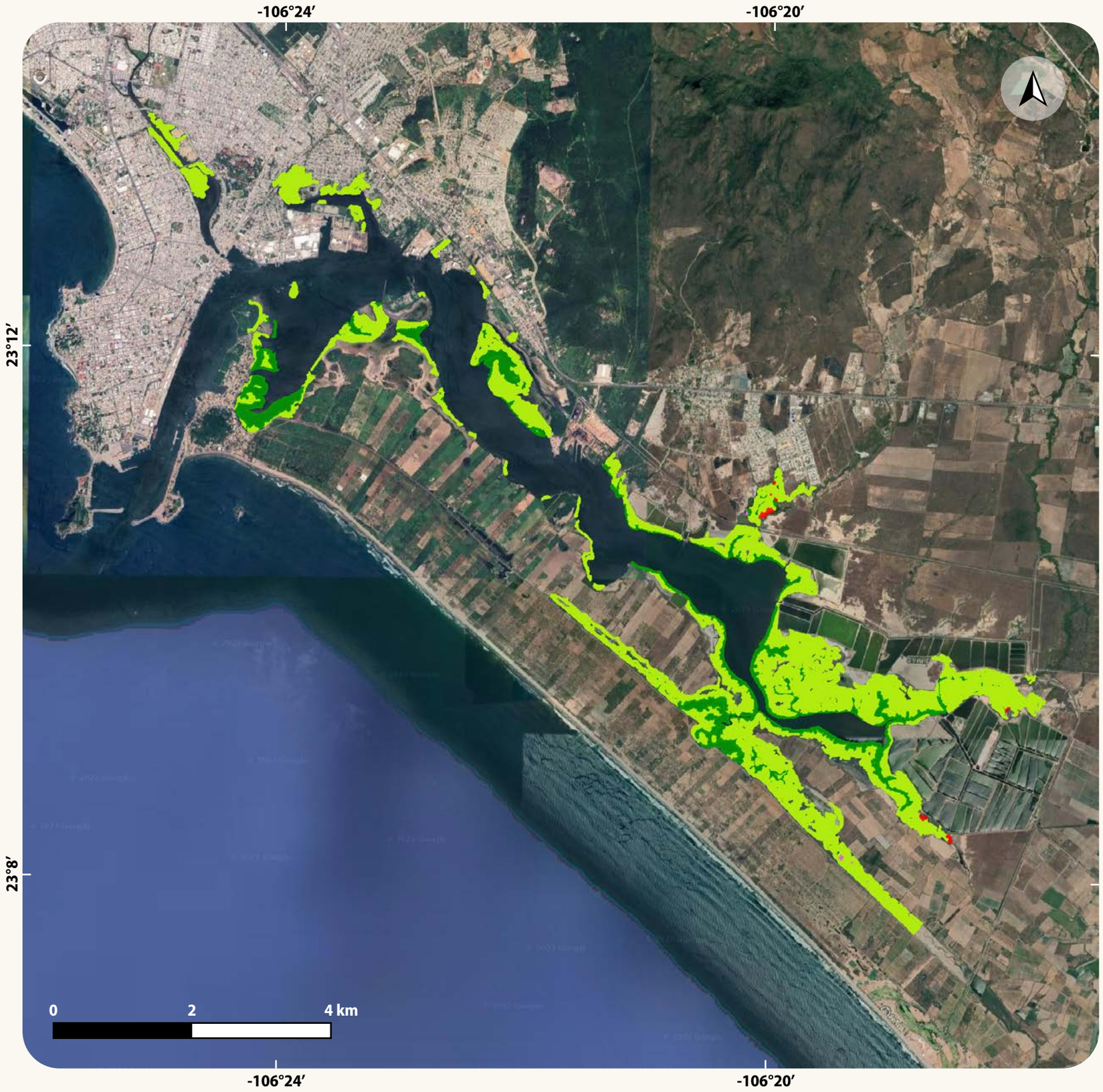
- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

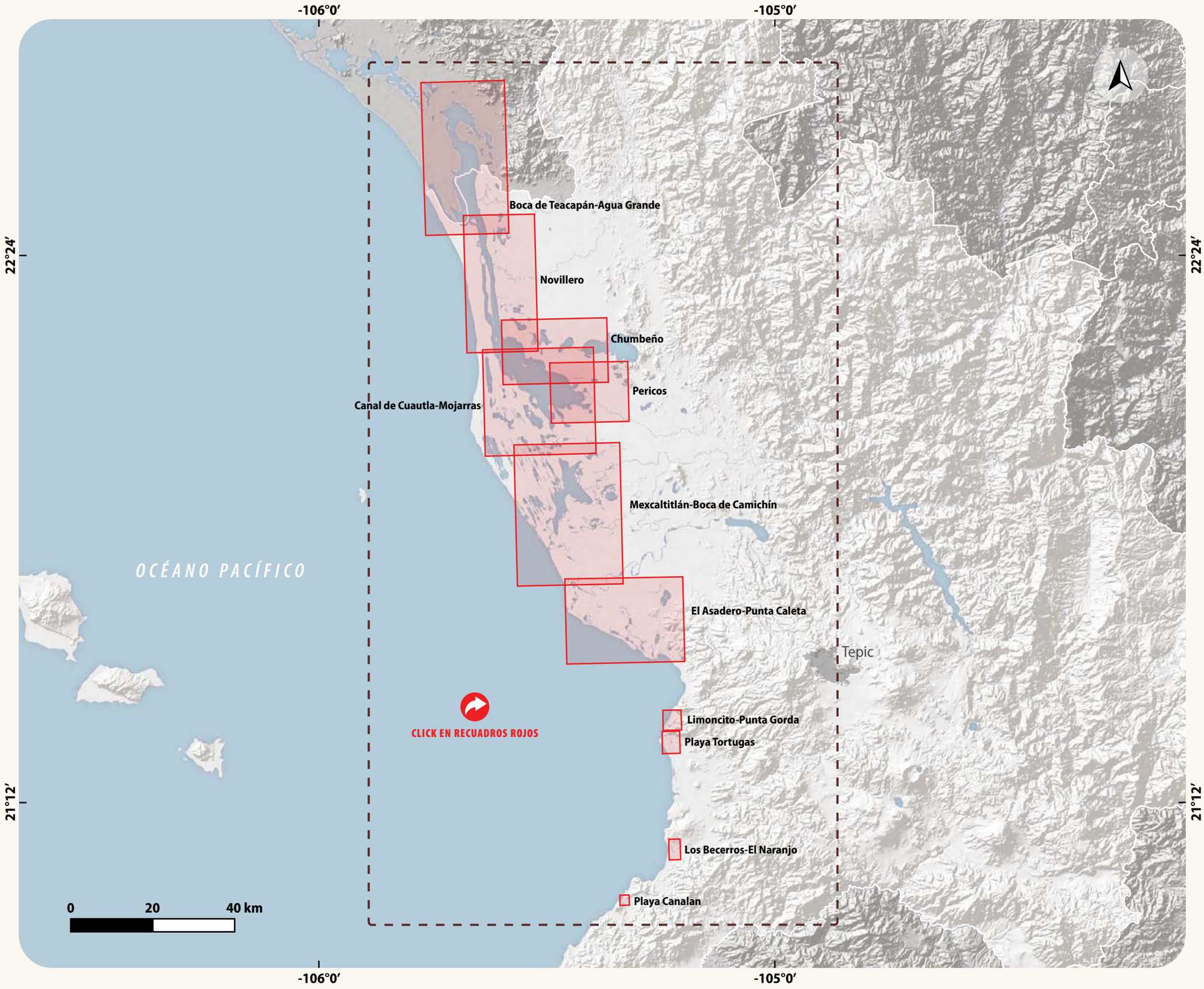
Clase	Área (ha)
Rm dominante	23.57
Oe dominante	99.13
Proceso de cambio (–)	1.86
Proceso de cambio (+)	0

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	184.81
Oe dominante	657.69
Proceso de cambio (–)	3.61
Proceso de cambio (+)	1.87



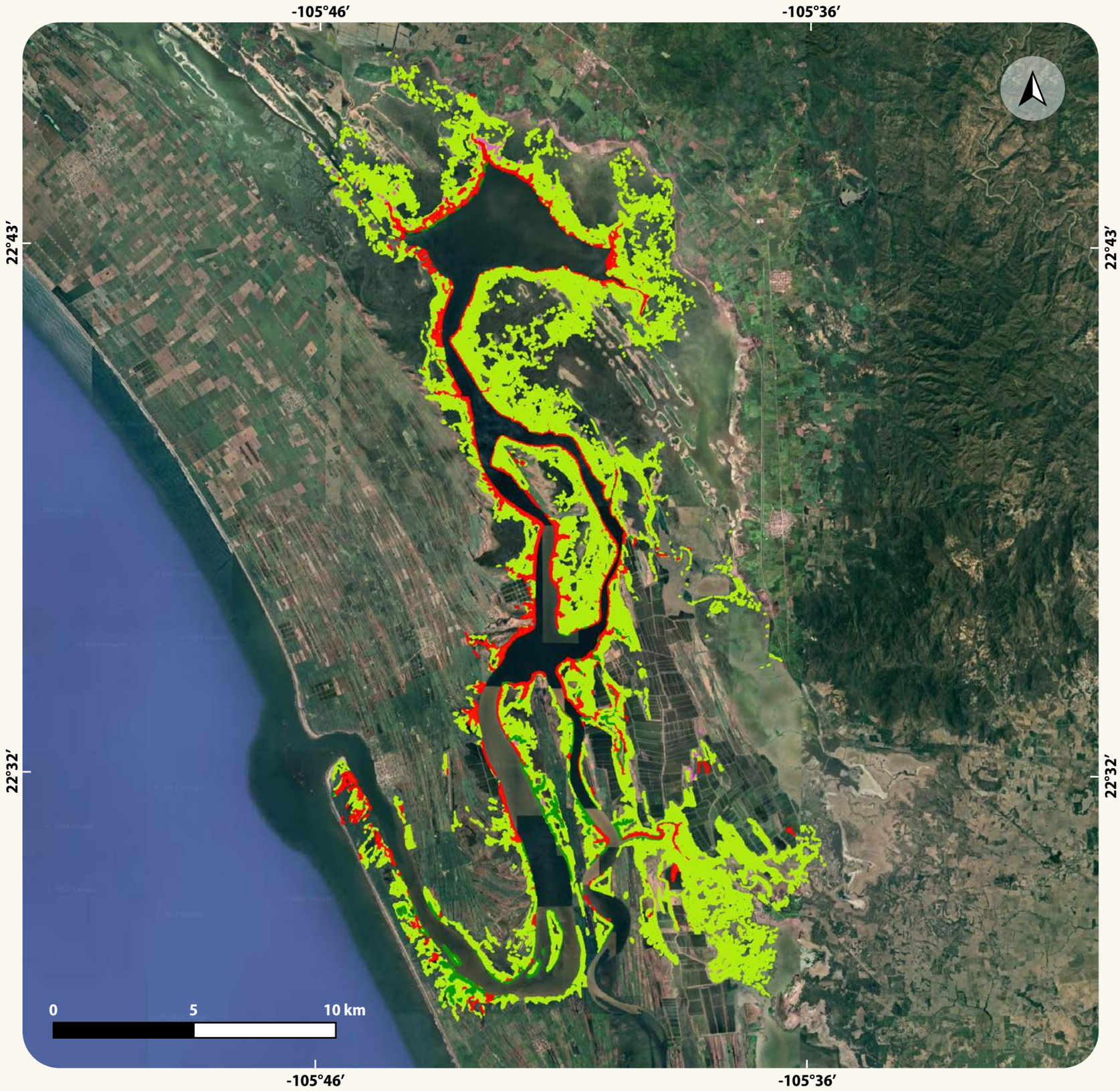

-106°0′
-105°0′
22°24′
21°12′
Boca de Teacapán-Agua Grande
Novillero
Chumbeño
Pericos
Canal de Cuautla-Mojarras
Mexcaltitlán-Boca de Camichín
El Asadero-Punta Caleta
Tepic
Limoncito-Punta Gorda
Playa Tortugas
Los Becerros-El Naranjo
Playa Canalan
OCÉANO PACÍFICO
CLICK EN RECUADROS ROJOS
0
20
40 km

Boca de Teacapán-Agua Grande

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

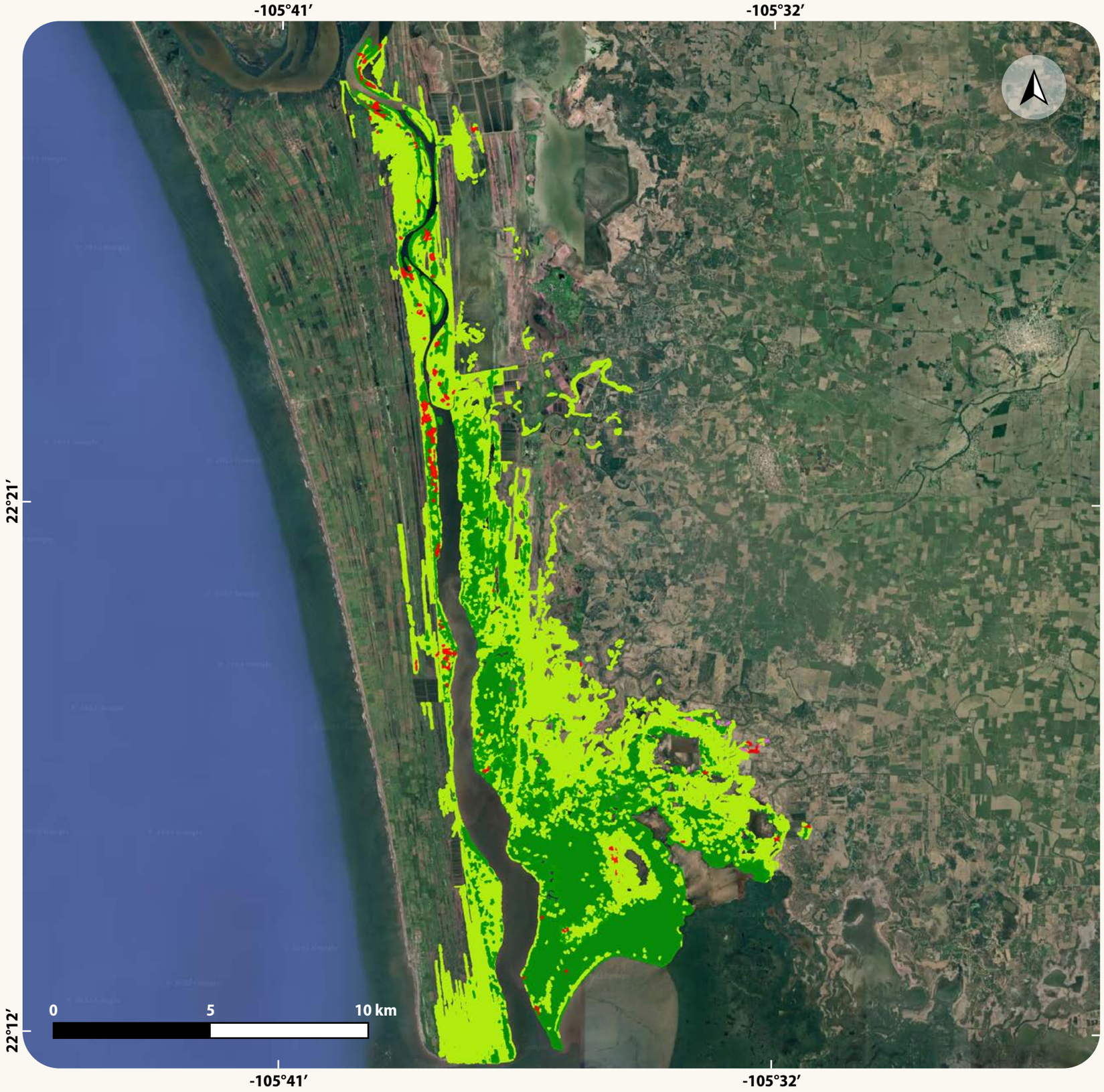
Clase	Área (ha)
Rm dominante	276.29
Oe dominante	6,602.03
Proceso de cambio (–)	1,269.45
Proceso de cambio (+)	32.36



Leyenda

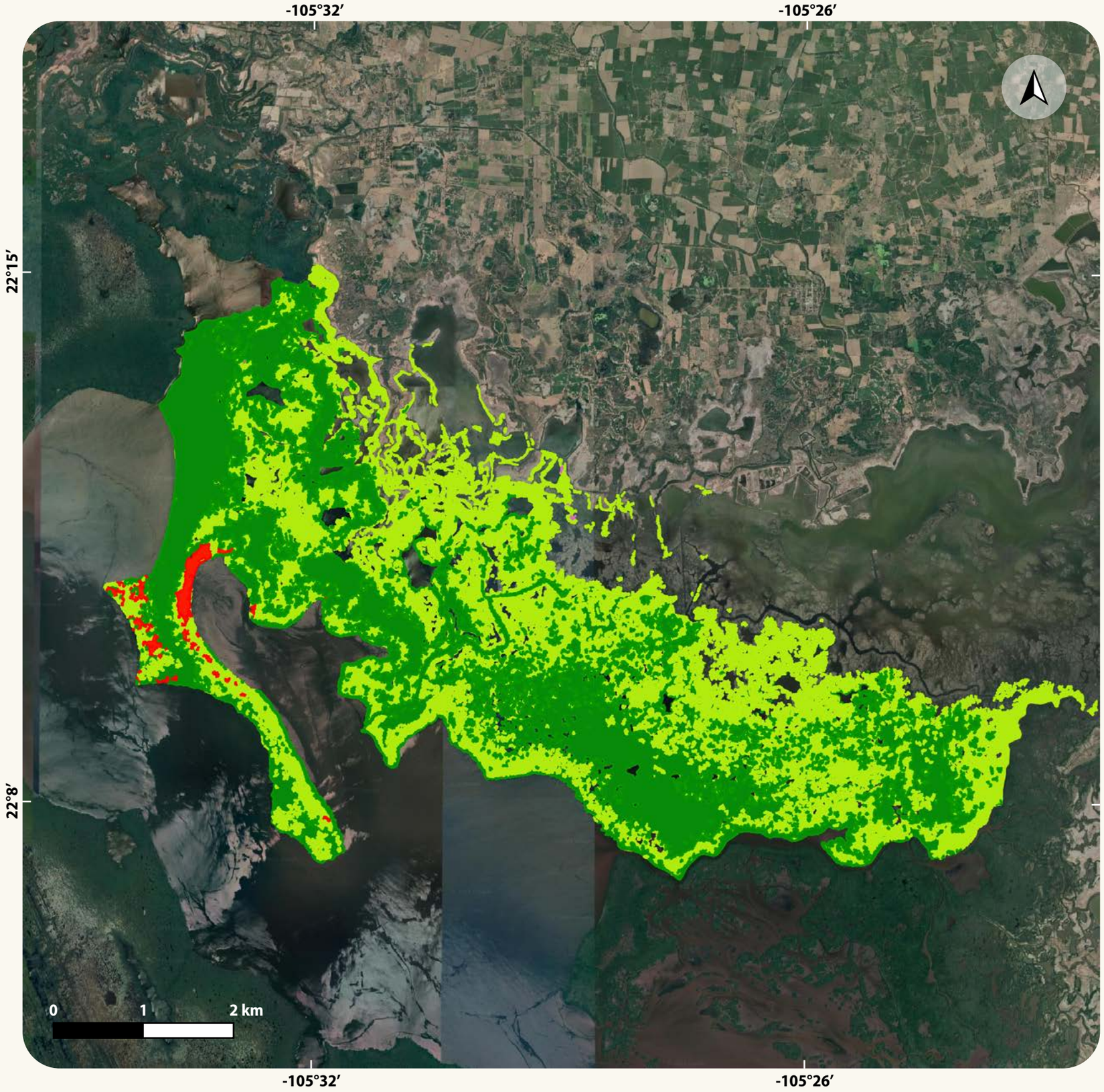
- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	4,044.28
Oe dominante	7,086.7
Proceso de cambio (–)	112.94
Proceso de cambio (+)	4.37



Leyenda
Rhizophora mangle dominante
Otras especies dominantes
Proceso de cambio (+)
Proceso de cambio (–)
Área de estudio

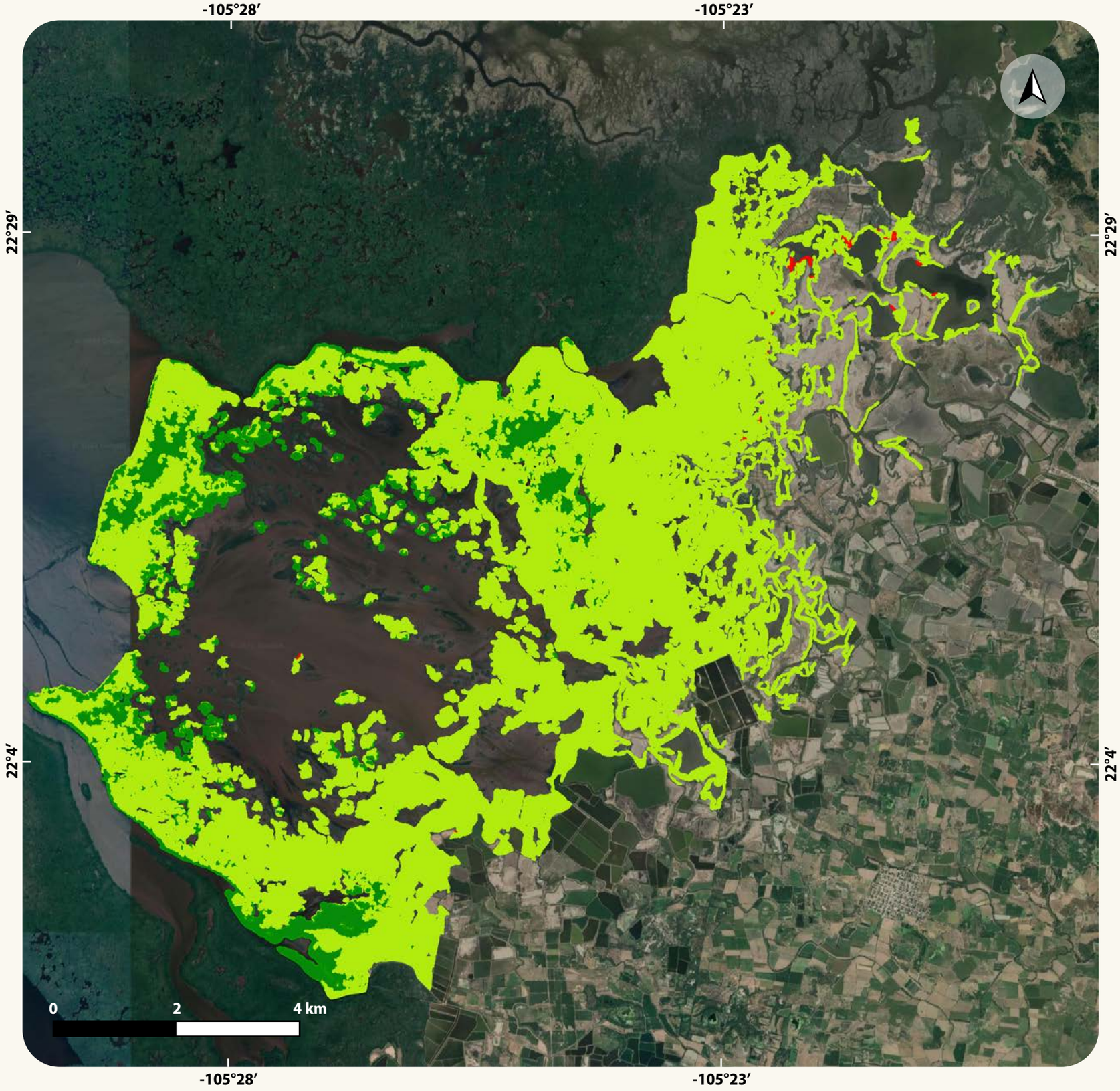
Clase	Área (ha)
Rm dominante	4,671.37
Oe dominante	4,976.39
Proceso de cambio (–)	82.25
Proceso de cambio (+)	0.95



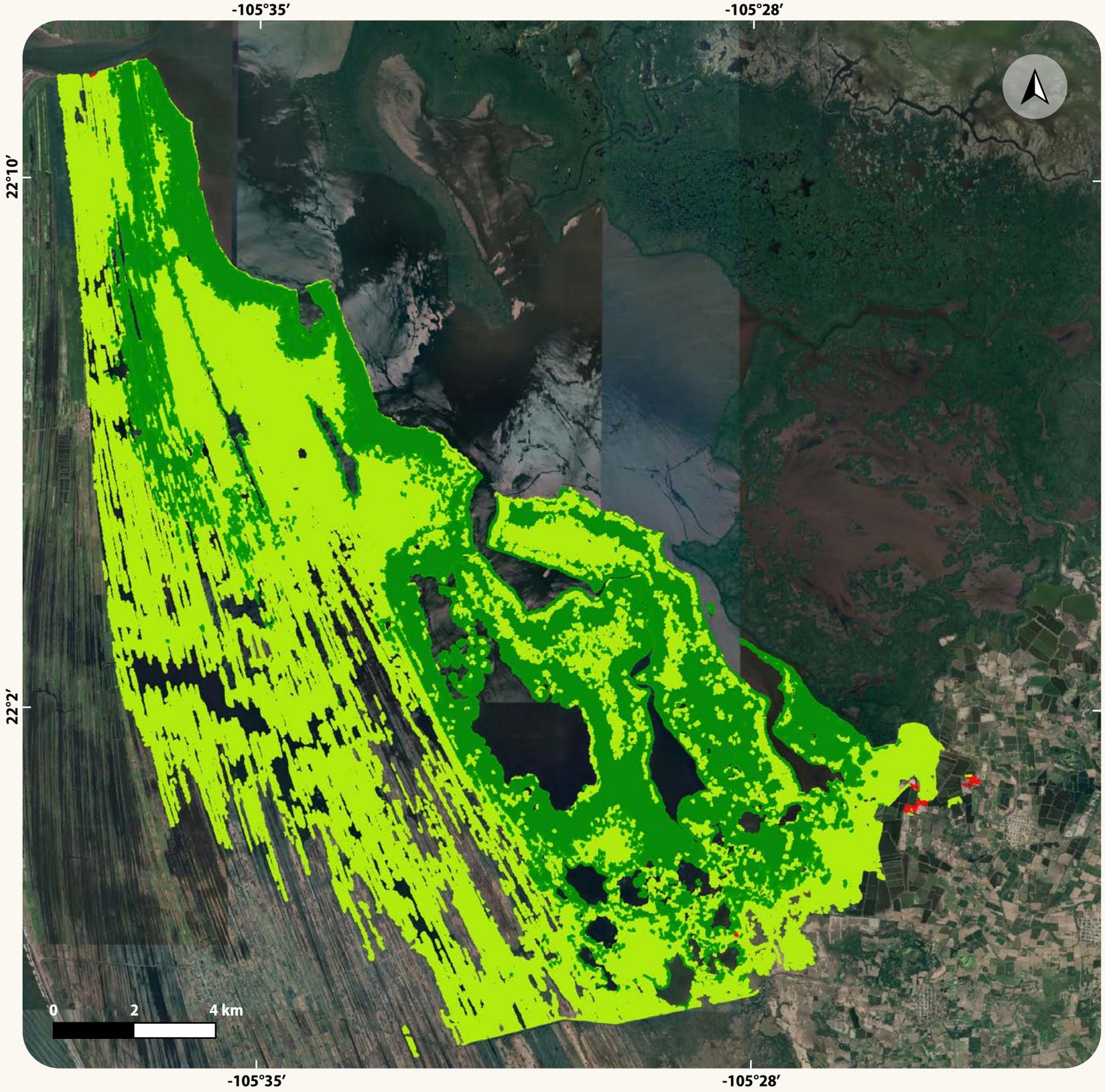
Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	1,529.63
Oe dominante	14,921.05
Proceso de cambio (–)	10.29
Proceso de cambio (+)	1.5



Canal de Cuautla-Mojarras



Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

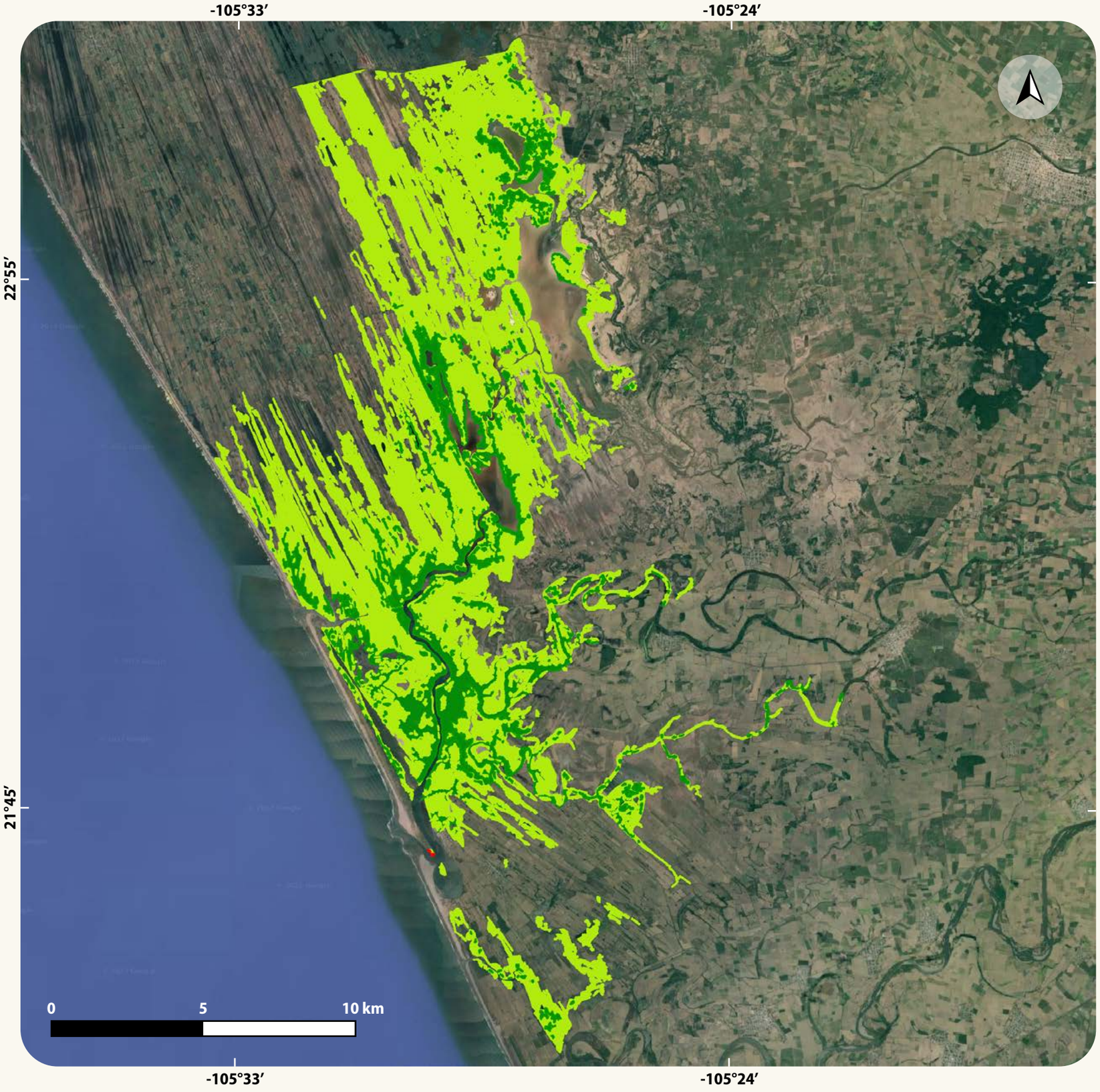
Clase	Área (ha)
Rm dominante	6,824.94
Oe dominante	52,398.68
Proceso de cambio (–)	9.65
Proceso de cambio (+)	0

Mexcaltitlán-Boca de Camichín

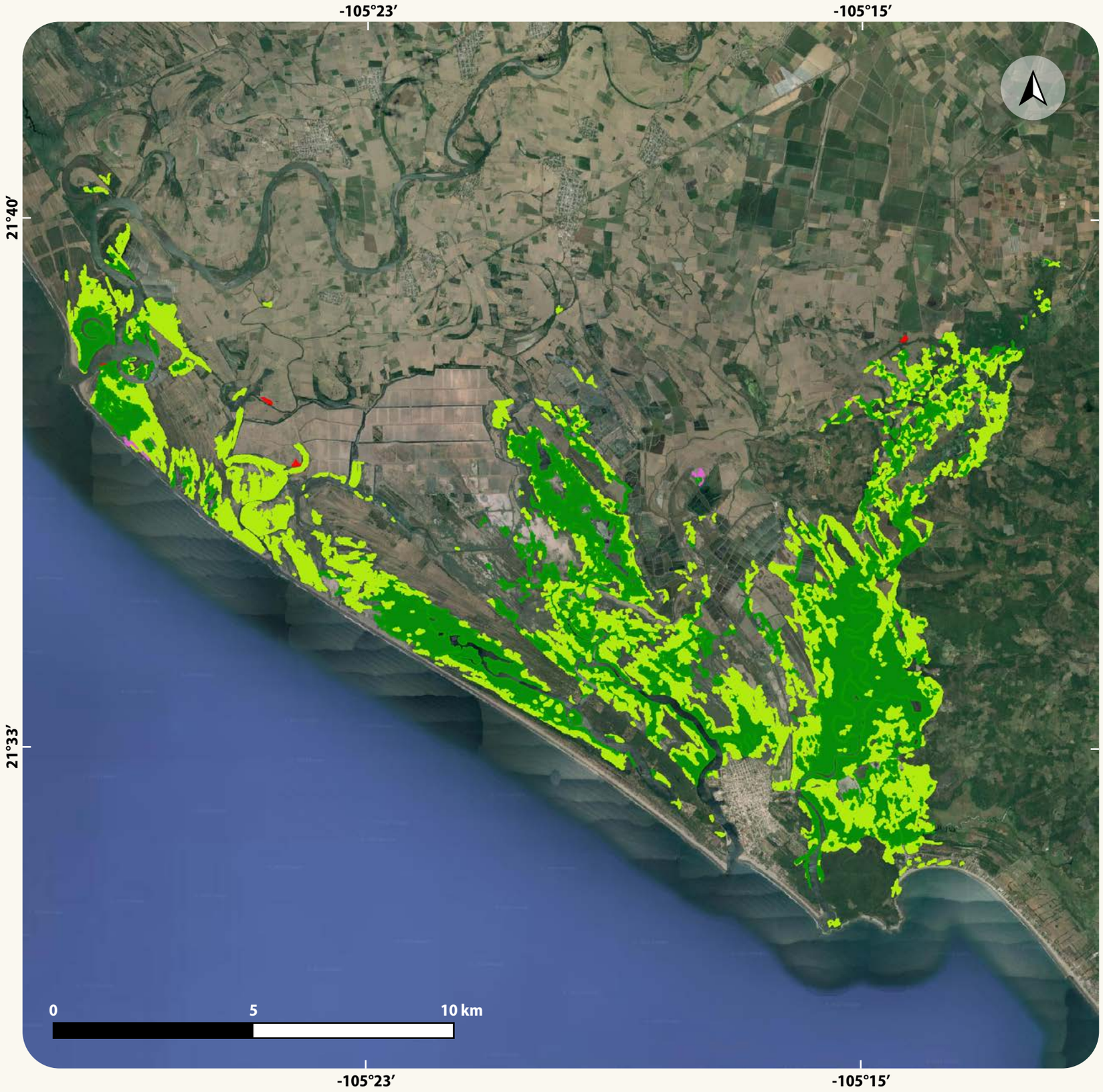
Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	2,617.08
Oe dominante	10,294.07
Proceso de cambio (–)	0.96
Proceso de cambio (+)	0



El Asadero-Punta Caleta

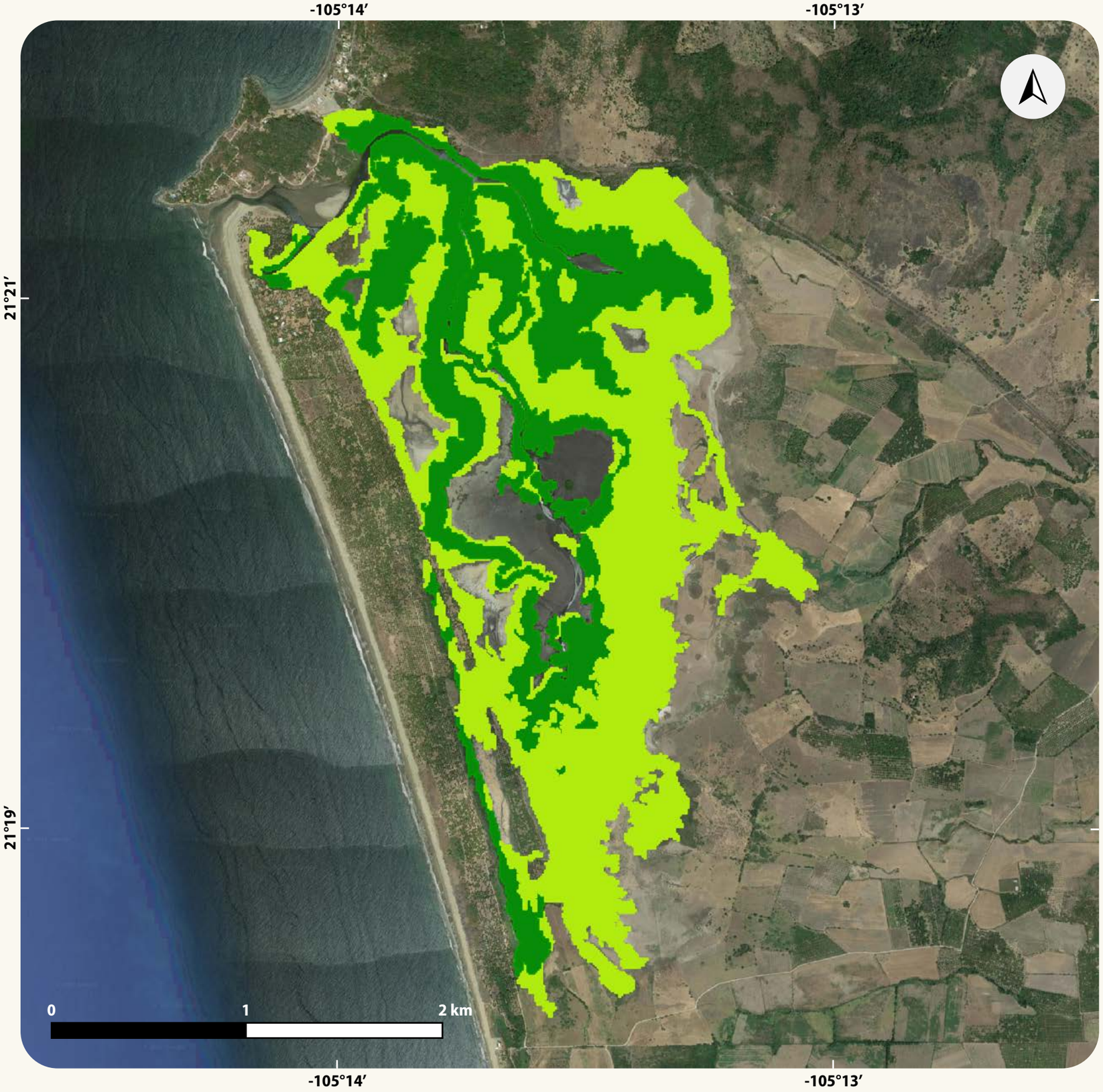


Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	3,172.17
Oe dominante	2,737.54
Proceso de cambio (–)	4.34
Proceso de cambio (+)	7.64

Playa Tortugas



Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	165.37
Oe dominante	296.89
Proceso de cambio (–)	0
Proceso de cambio (+)	0

Limoncito-Punta Gorda

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	24.19
Oe dominante	104.54
Proceso de cambio (–)	0
Proceso de cambio (+)	0.35

Los Becerros-El Naranjo

Leyenda

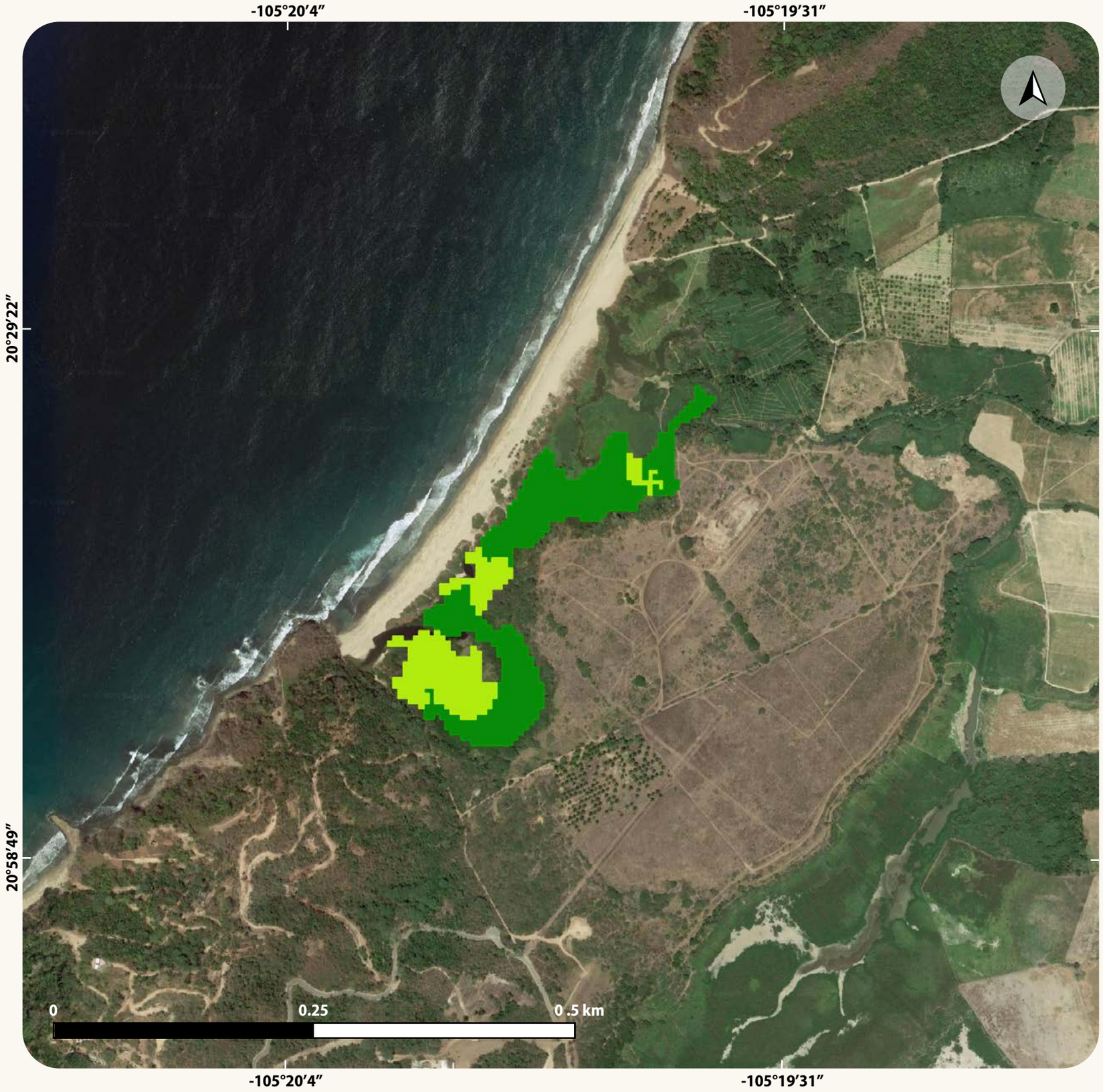
- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)
- Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	21.05
Oe dominante	51.95
Proceso de cambio (–)	1.53
Proceso de cambio (+)	0

Playa Canalan

Leyenda	
	Rhizophora mangle dominante
	Otras especies dominantes
	Proceso de cambio (+)
	Proceso de cambio (–)
	Área de estudio

Clase	Área (ha)
Rm dominante	6.84
Oe dominante	3
Proceso de cambio (–)	0
Proceso de cambio (+)	0



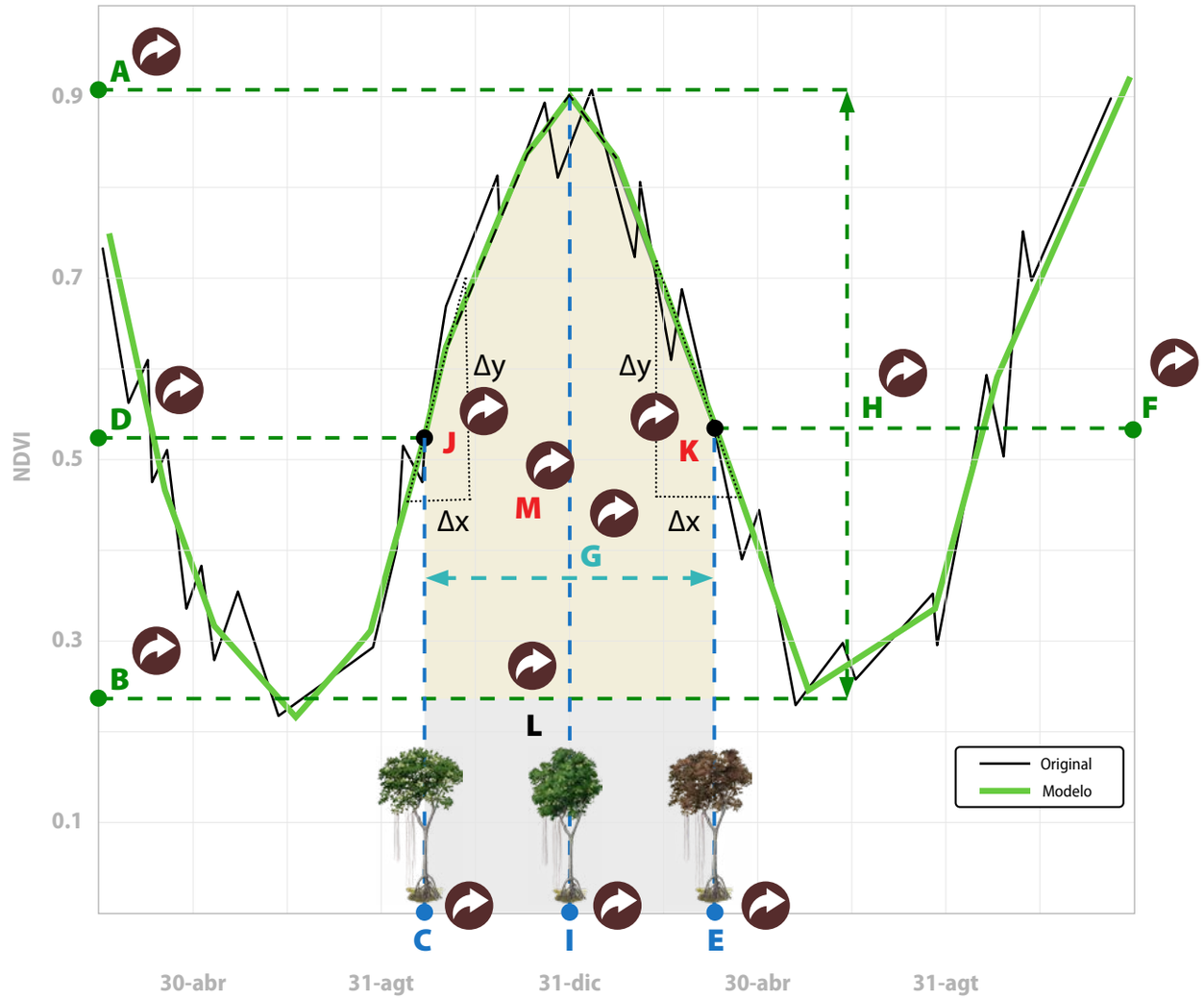
LOS MANGLARES Y SU IMPORTANCIA
ESPECIES EN MÉXICO
OBJETIVOS
UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO
PACIFICO NORTE (PN)
MAPA PACÍFICO NORTE
VARIABLES FENOLÓGICAS
CONTRASTES LOCALES
SITIO PILOTO (LOS PETENES)
DIFERENCIAS ENTRE PN Y SITIO PILOTO
IDENTIFICACIÓN DE MANGLE ROJO
CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN
MAPA DEL SITIO PILOTO
FENOLOGÍA
CONCLUSIONES

Variables fenológicas
en la región Pacífico norte

Usando el programa Timesat, se estimaron 13 variables que describen la forma en la que cambian los manglares a lo largo de las épocas del año utilizando las variaciones del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI*).

Se identificaron gradientes latitudinales en algunas de ellas. Para ver los mapas y saber mas de cada variable, da clic en su nombre.

ID	Variable
A	Máximo
B	Mínimo
C	Inicio de la estación de crecimiento
D	Valor de NDVI al inicio de la estación de crecimiento
E	Final de la estación de crecimiento
F	Valor de NDVI al final de la estación de crecimiento
G	Duración de la estación de crecimiento
H	Amplitud
I	Mitad de la estación de crecimiento
J	Derivada izquierda
K	Derivada derecha
L	Integral corta
M	Integral extendida

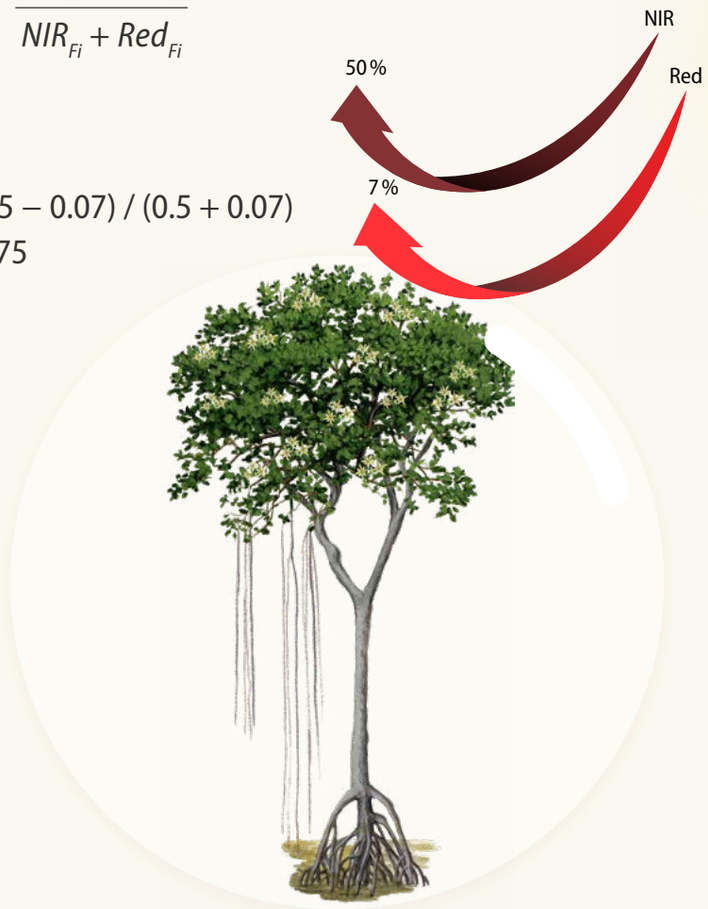


* Para saber más de este índice da clic aquí

Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

$$NDVI_{Fi} = \frac{NIR_{Fi} - Red_{Fi}}{NIR_{Fi} + Red_{Fi}}$$

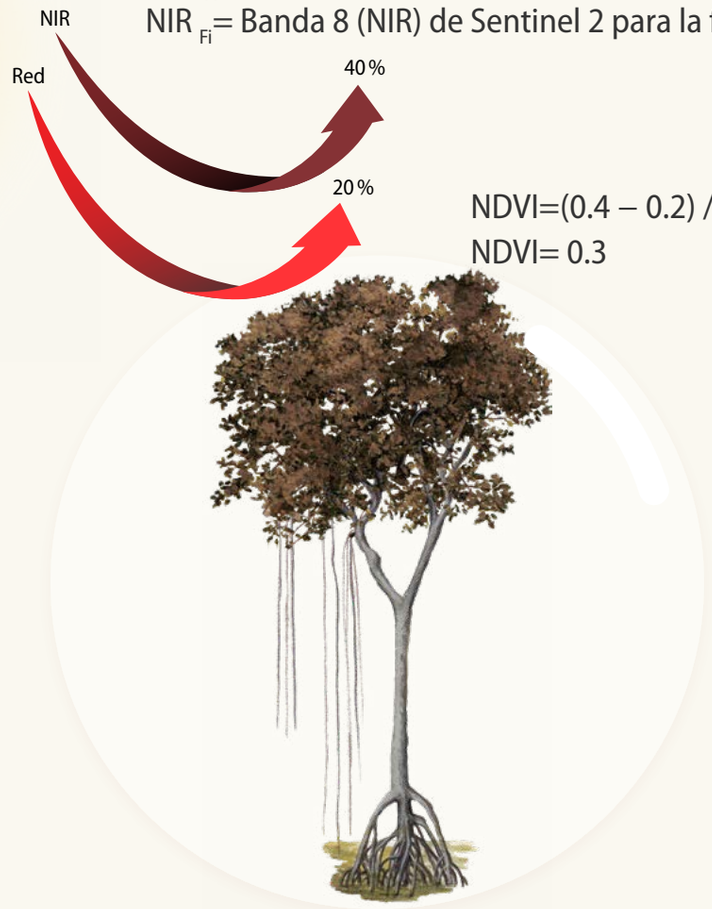
NDVI=(0.5 – 0.07) / (0.5 + 0.07)
NDVI= 0.75



Las hojas verdes y fotosintéticamente activas reflejan una mayor cantidad de energía proveniente del sol en la región infrarroja del espectro electromagnético (NIR) y absorben la mayor parte en la región que corresponde al rojo visible (Red). Por eso en nuestra visión vemos las hojas en diferentes tonos de verde, dependiendo del tipo o la especie.

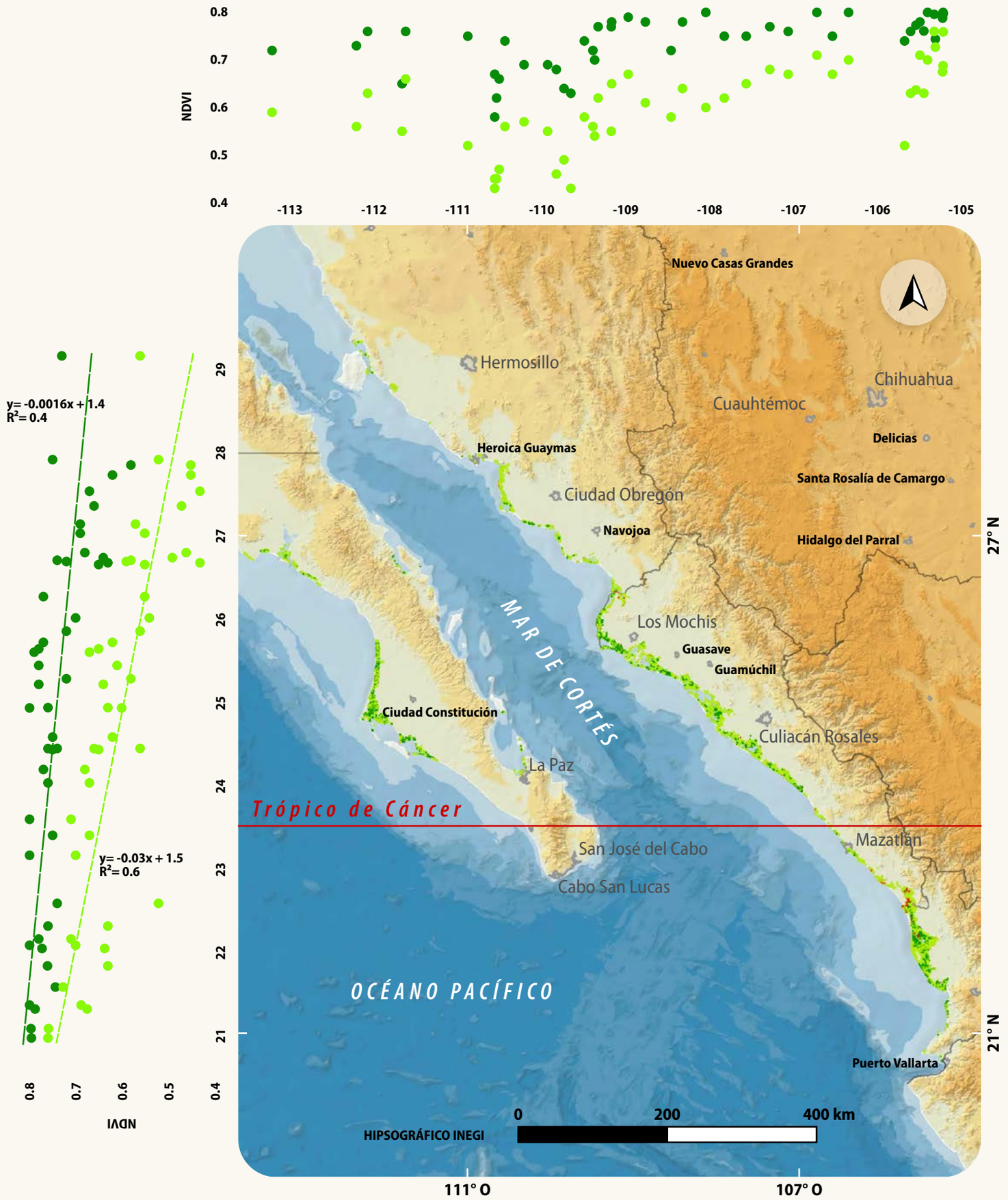
Red $_{Fi}$= Banda 4 (Rojo) de Sentinel 2 para la fecha i.
NIR $_{Fi}$= Banda 8 (NIR) de Sentinel 2 para la fecha i.

NDVI=(0.4 – 0.2) / (0.4 + 0.2)
NDVI= 0.3



Cuando por causas naturales o inducidas la vegetación pierde vigor, las hojas absorben un poco más de energía en la región infrarroja (NIR) y comienzan a reflejar más energía en la región roja visible (Red). Esta es una de las razones por las cuales nuestros ojos las perciben en tonos cobrizos o amarillentos.

El índice puede tomar valores de –1 a 1. Valores por encima de 0 corresponden a sitios con vegetación, entre más cercana a 1, mayor verdor, vigor o densidad. Valores de 0 o negativos corresponden a suelo desnudo o áreas inundadas.



Variable

Máximo

Descripción

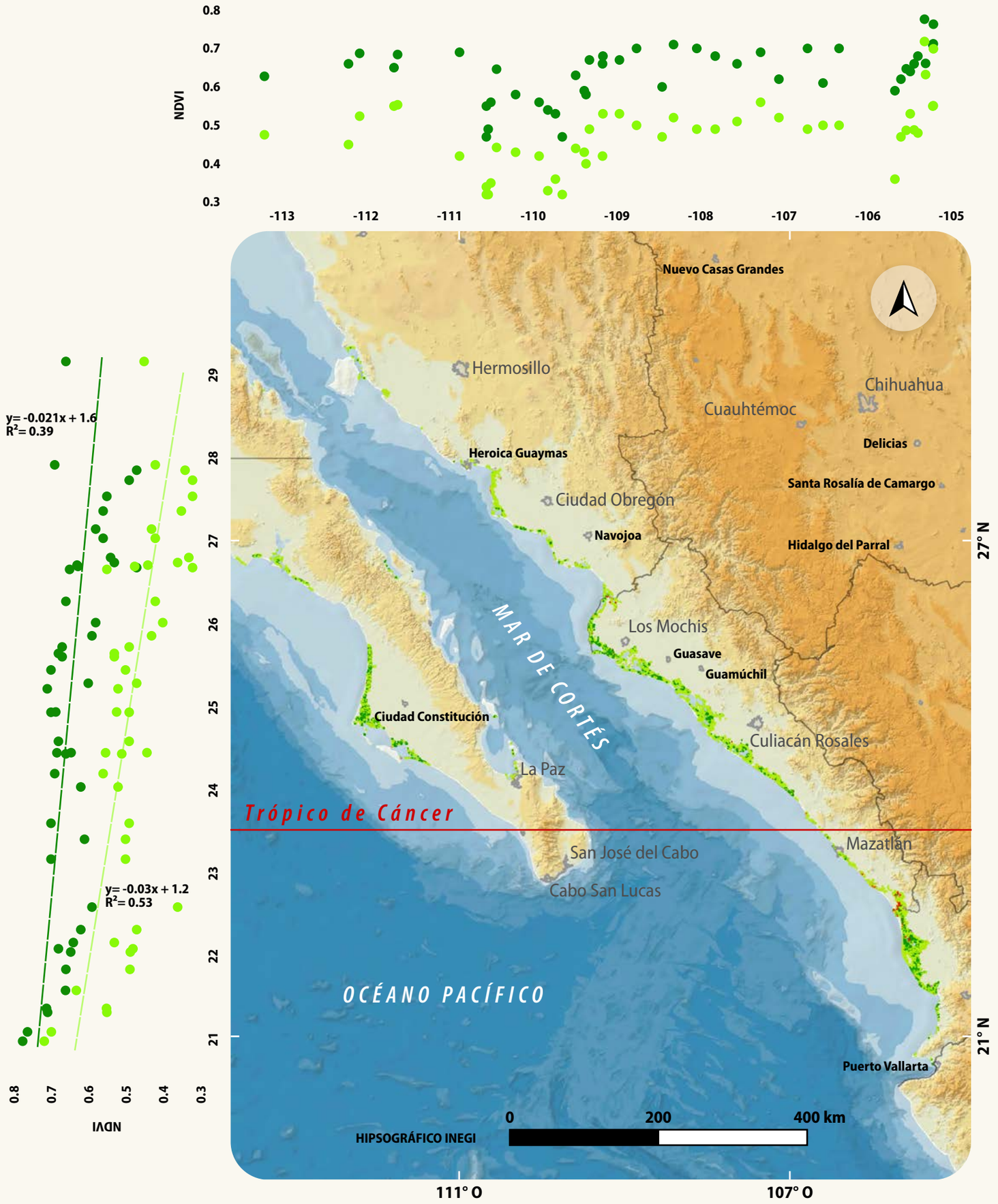
Valor máximo del índice evaluado registrado en la estación de crecimiento.

Unidades

NDVI

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)



Variable

Valor base (mínimo local)

Descripción

Promedio de los valores mínimos al principio y al final de la estación de crecimiento.

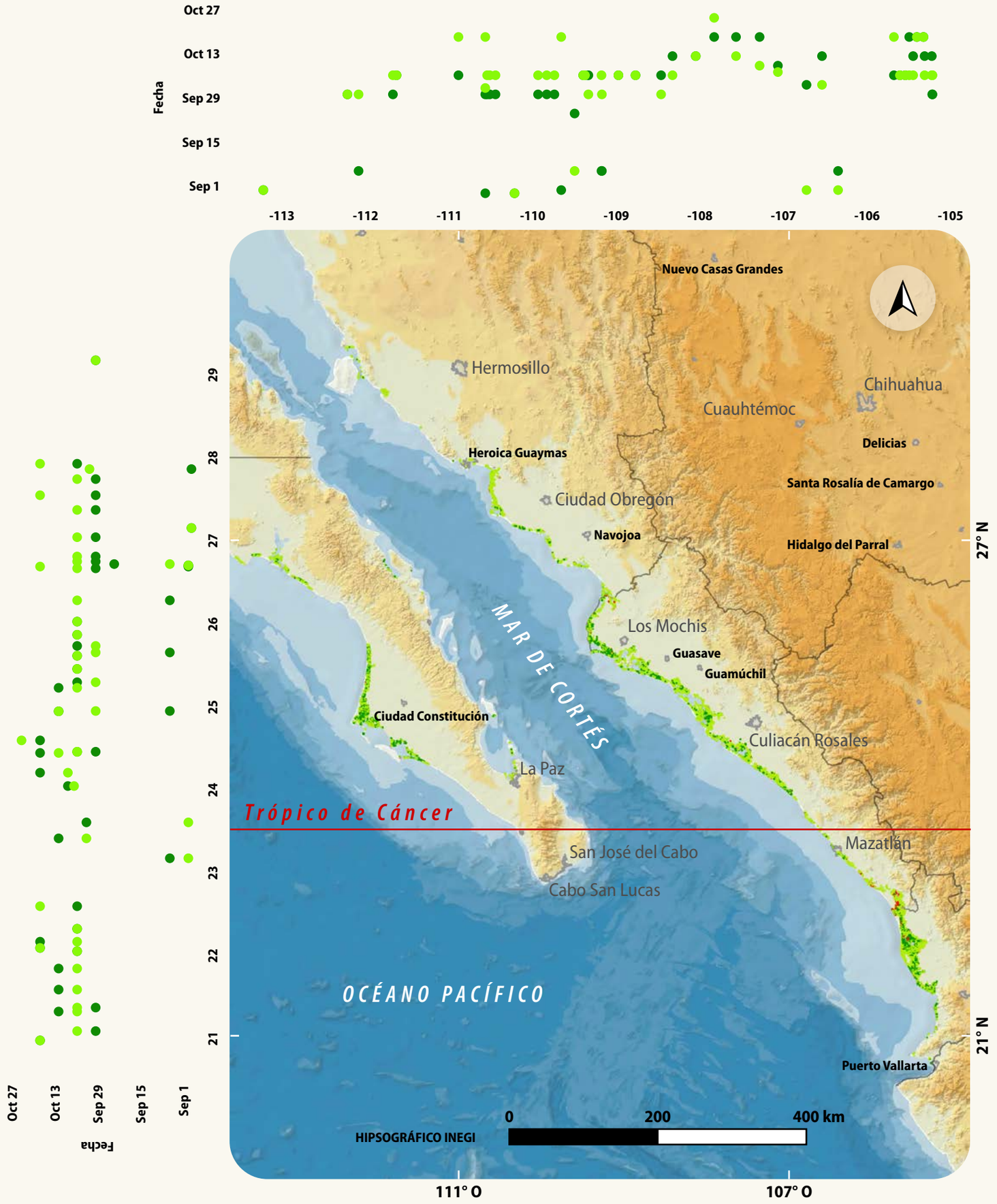
Unidades

NDVI

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)

Inicio de la estación de crecimiento



Variable

Inicio de estación de crecimiento

Descripción

Tiempo que le toma al índice de vegetación evaluado incrementarse cierto porcentaje a partir del valor base. La versión 3.3 de TIMESAT admite ahora otros métodos, pero para este trabajo se estableció como el 50% de la amplitud (diferencia entre el mínimo y el máximo local).

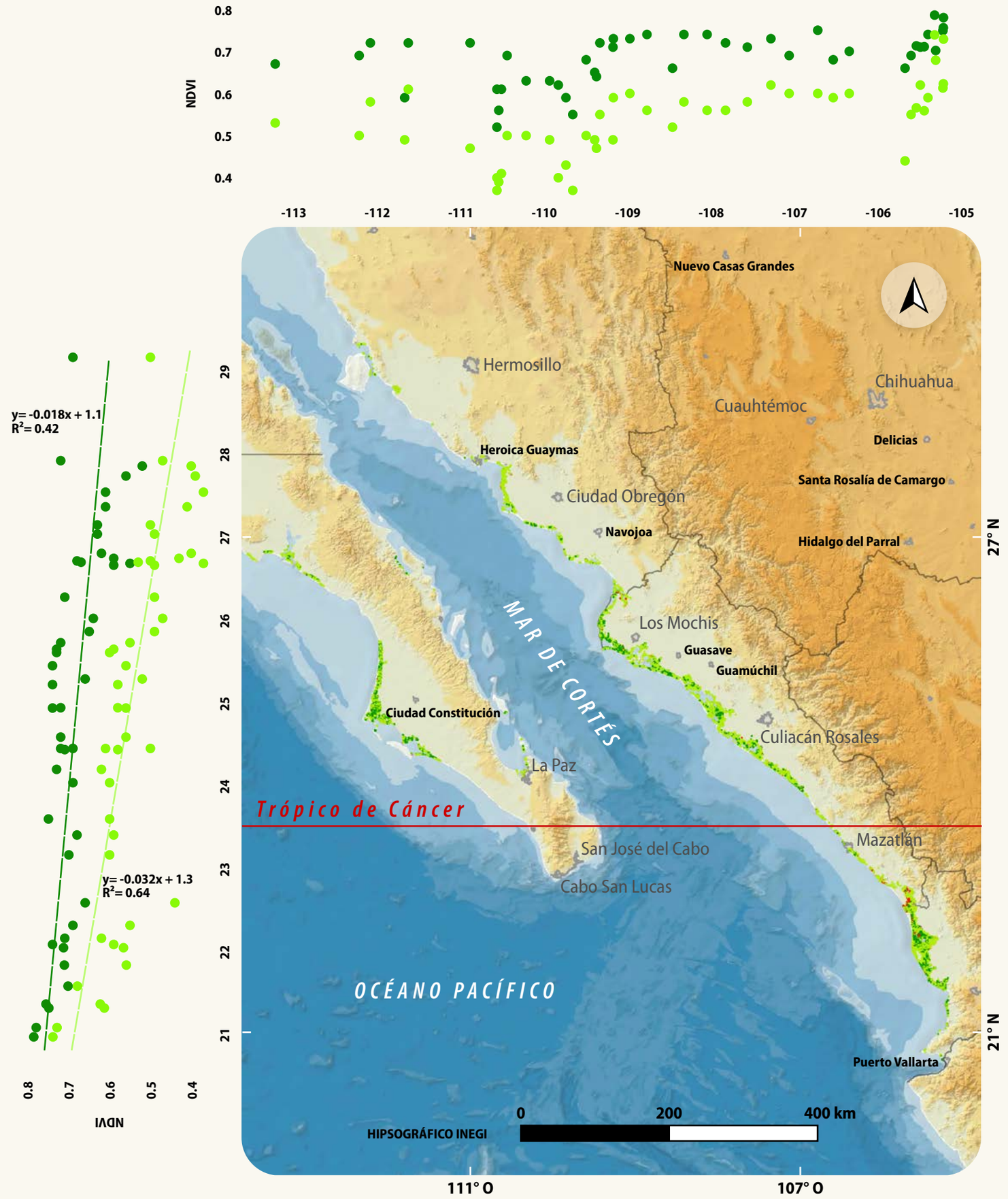
Unidades

Fecha

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)

Valor de NDVI al inicio de la estación de crecimiento



Variable

Valor al inicio de la estación de crecimiento

Descripción

Valor del índice en la fecha estimada para el inicio de la estación de crecimiento.

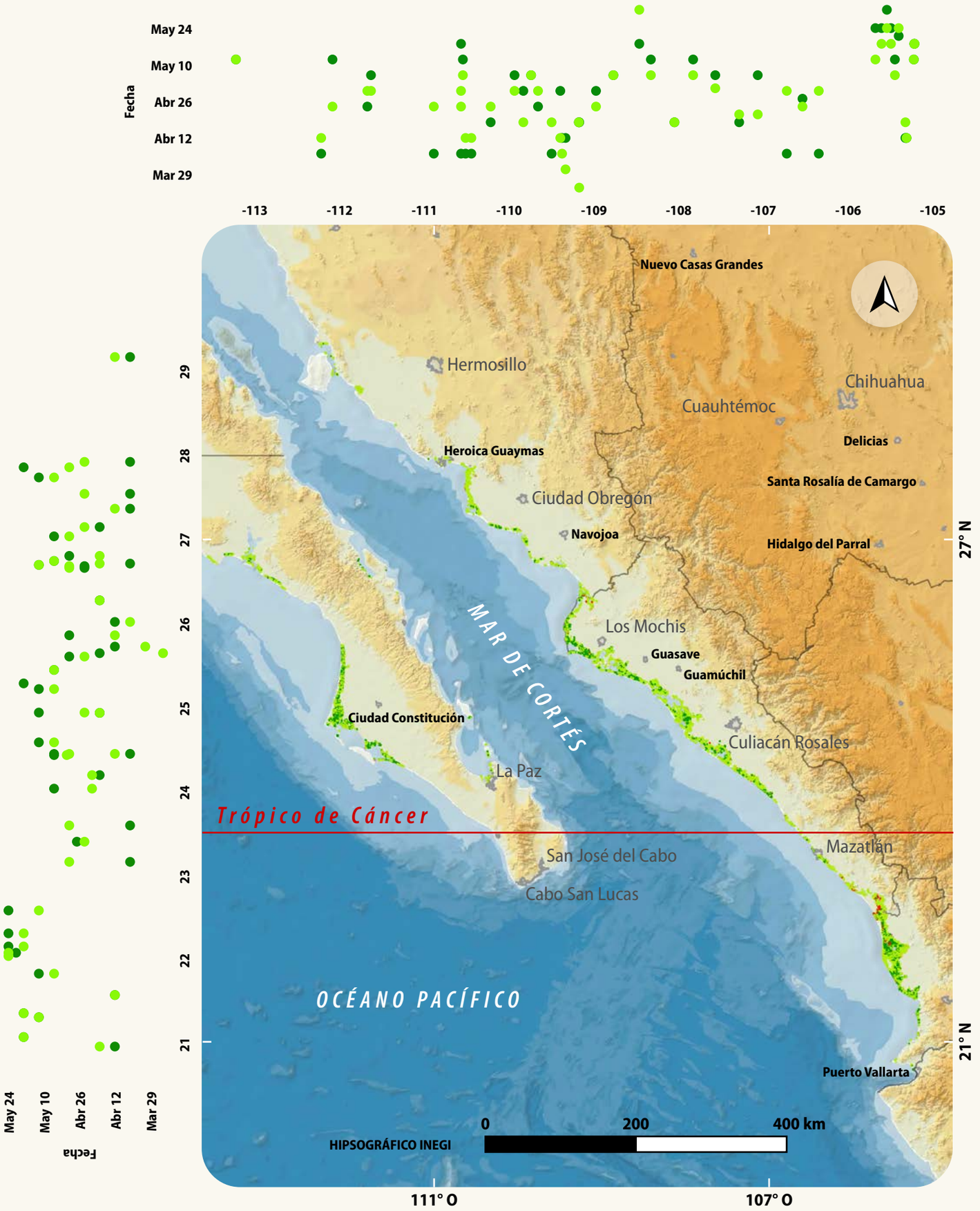
Unidades

NDVI

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)

Final de la estación de crecimiento



Variable

Fin de estación de crecimiento

Descripción

Tiempo que le toma al índice de vegetación evaluado decrecer cierto porcentaje a partir del valor máximo. La versión 3.3 de TIMESAT admite ahora otros métodos, pero trabajo se estableció como el 50% de la amplitud (diferencia entre el mínimo y el máximo local).

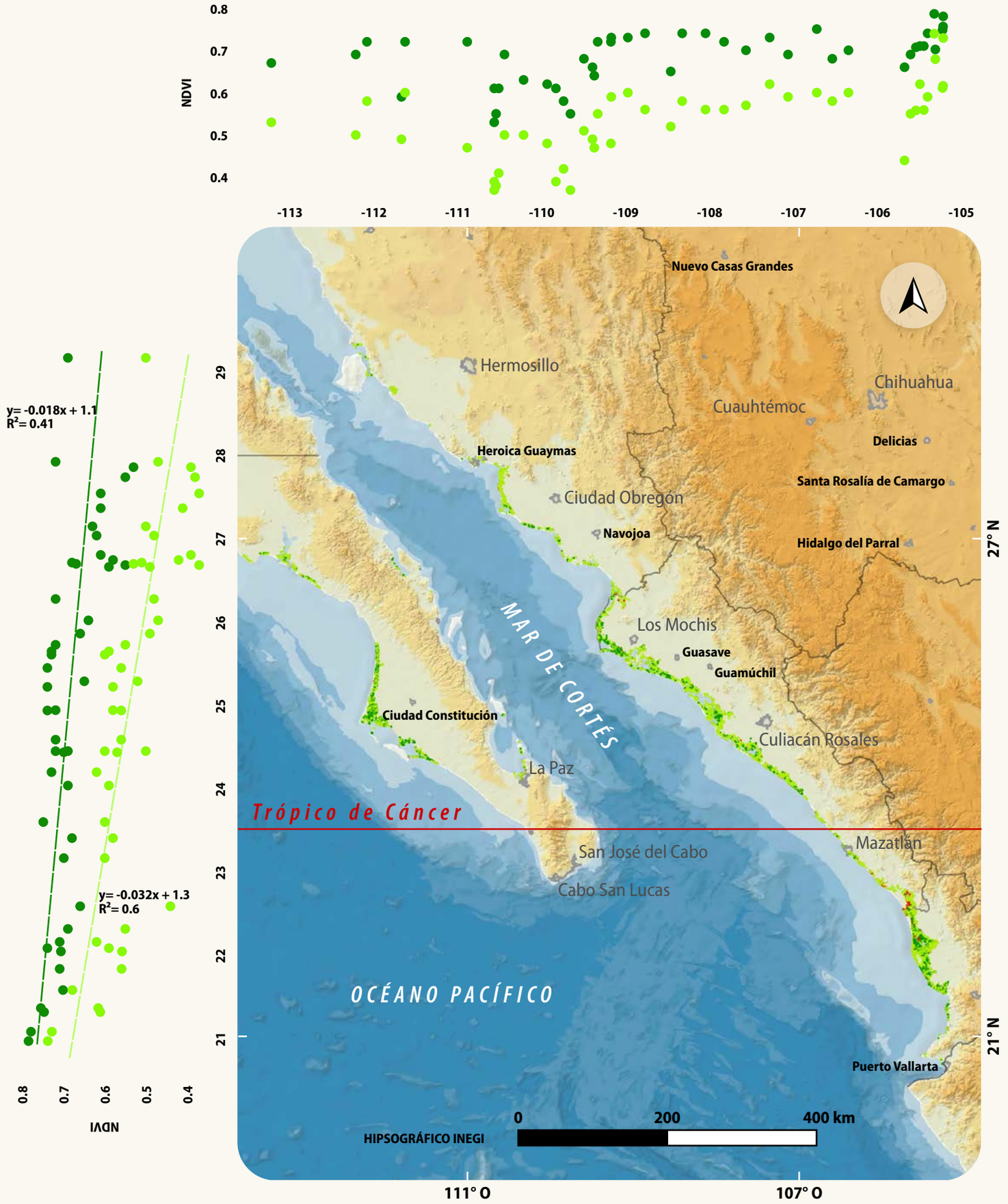
Unidades

Fecha

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)

Valor de NDVI al final de la estación de crecimiento



Variable

Valor al final de la estación de crecimiento

Descripción

Valor del índice en la fecha estimada para el final de la estación de crecimiento.

Unidades

NDVI

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)

Duración de la estación de crecimiento

Variable

Longitud/duración de la estación de crecimiento

Descripción

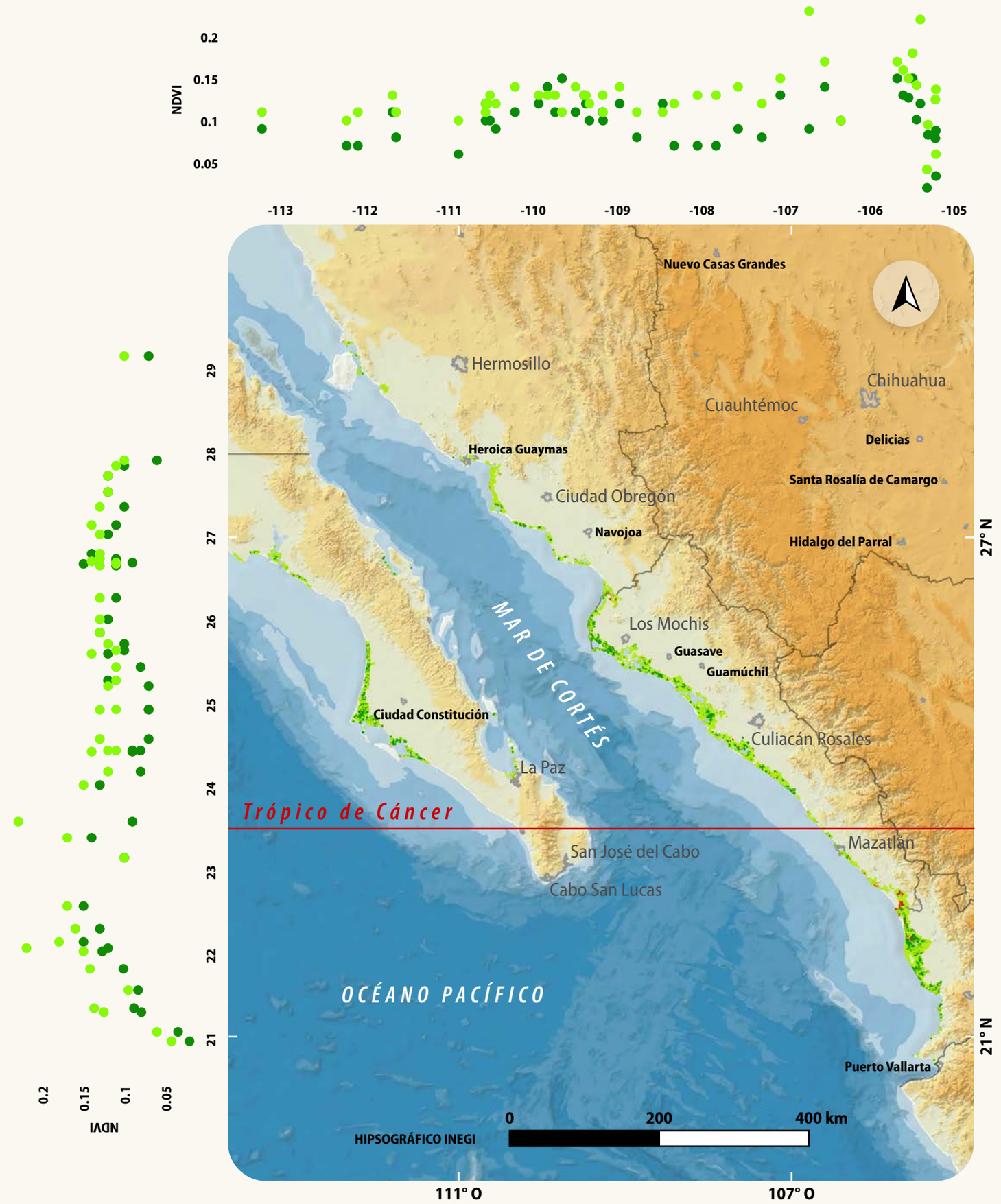
Tiempo entre el inicio y el fin de la estación de crecimiento.

Unidades

Días

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)



Variable

Amplitud

Descripción

Diferencia entre el valor máximo de la estación de crecimiento y el valor base o mínimo.

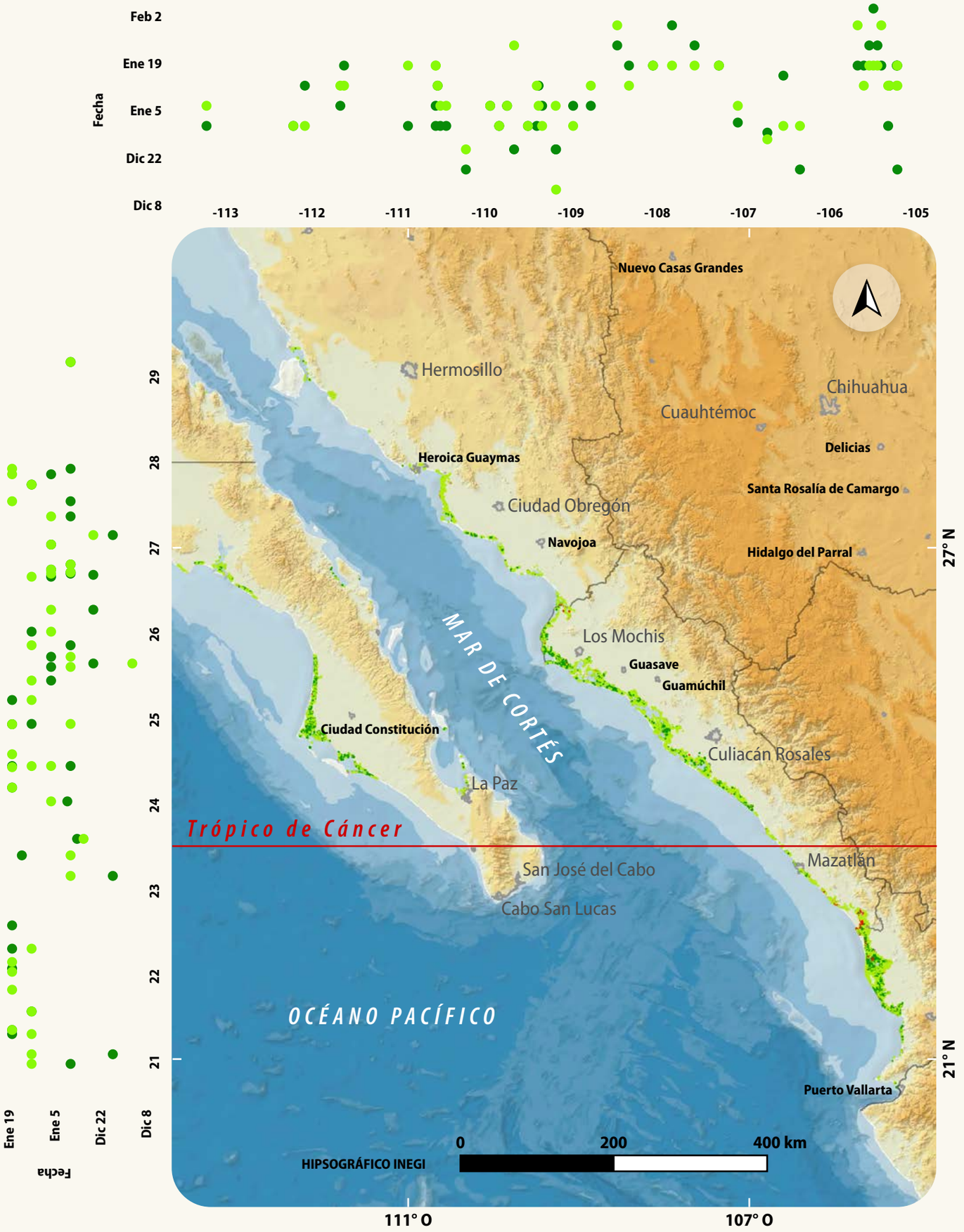
Unidades

NDVI

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)

Mitad de la estación de crecimiento



Variable

Tiempo para el pico de la estación de crecimiento (mitad de la estación de crecimiento)

Descripción

Fecha del valor máximo. Se estima como el promedio de los tiempos para los cuales el límite izquierdo ha incrementado a un 80% del nivel de la amplitud de la estación y el límite derecho ha decrecido a un 80% este nivel.

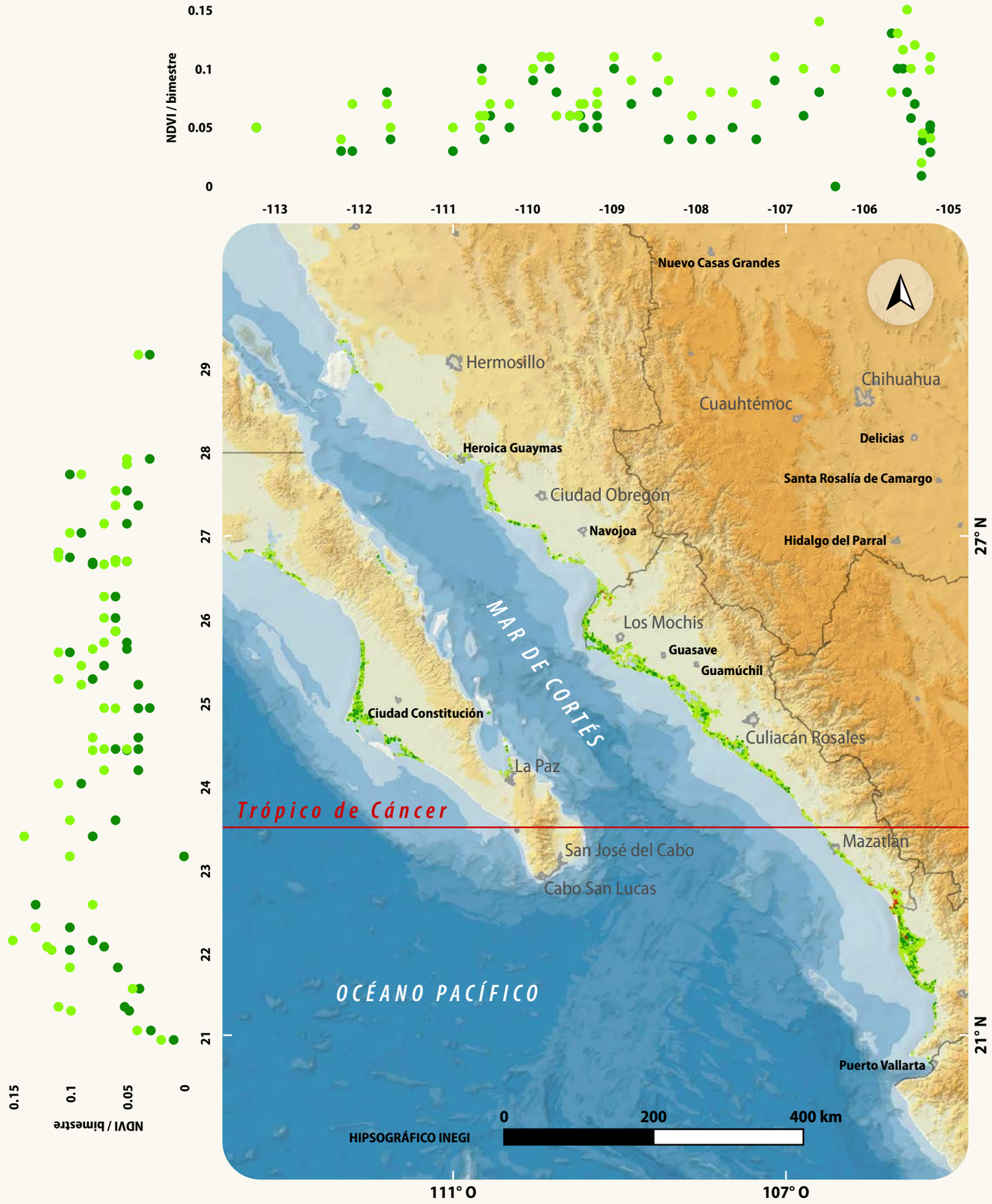
Unidades

Fecha

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)

Derivada izquierda



Variable

Derivada Izquierda

Descripción

Proporción entre el valor del índice estimado al comienzo de la estación y el 80% del nivel de la amplitud de la estación. Es un estimado de la rapidez con la que la vegetación reverdece.

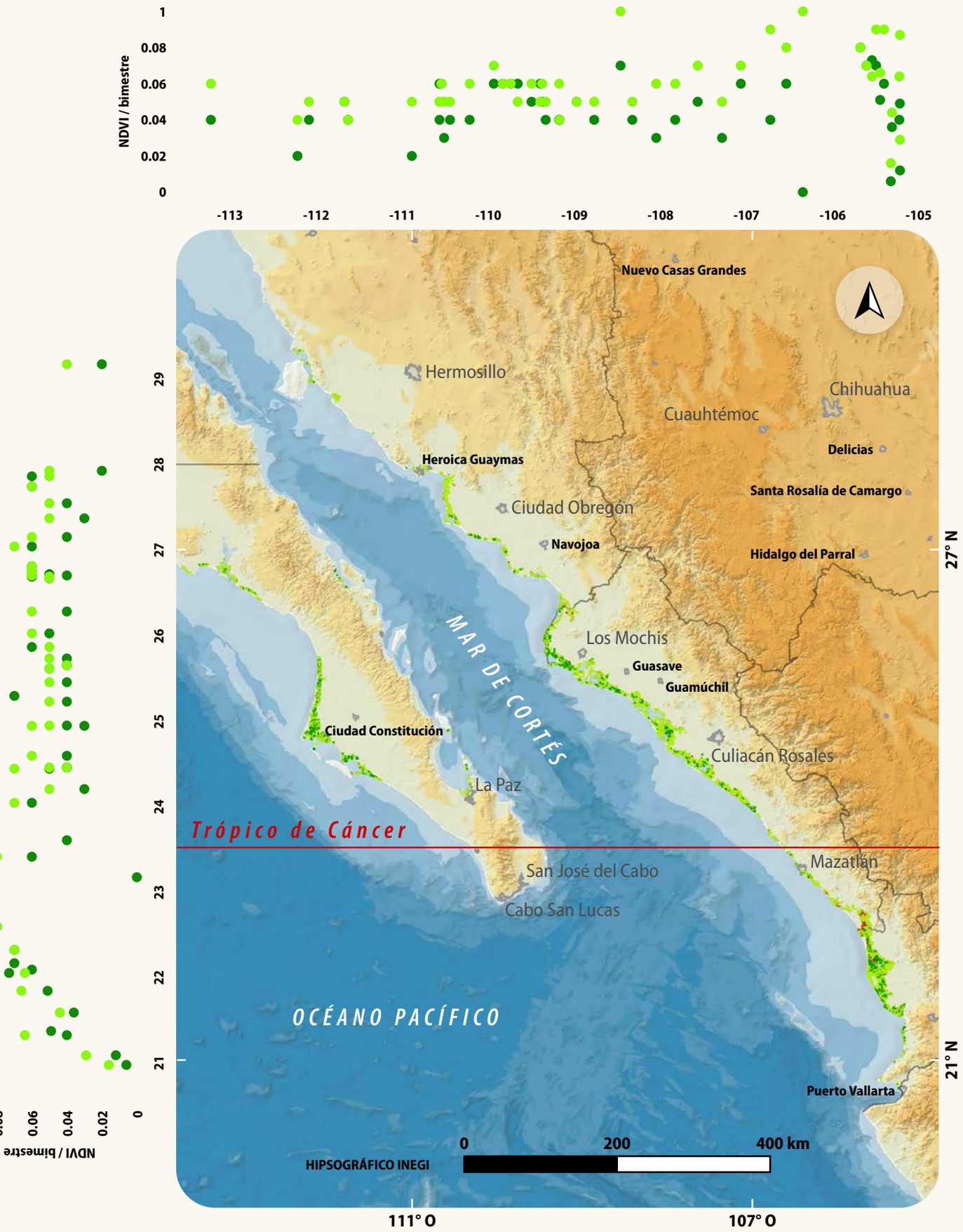
Unidades

NDVI / bimestre

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)

Derivada derecha



Variable

Derivada Derecha

Descripción

Derivada derecha: Razón entre los valores evaluados al fin de la estación y el 80% del nivel de la amplitud de la estación dividido por la correspondiente diferencia de tiempo. Es un estimado de la rapidez con la que la vegetación pierde verdor.

Unidades

NDVI / bimestre

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)

Variable

Integral corta

Descripción

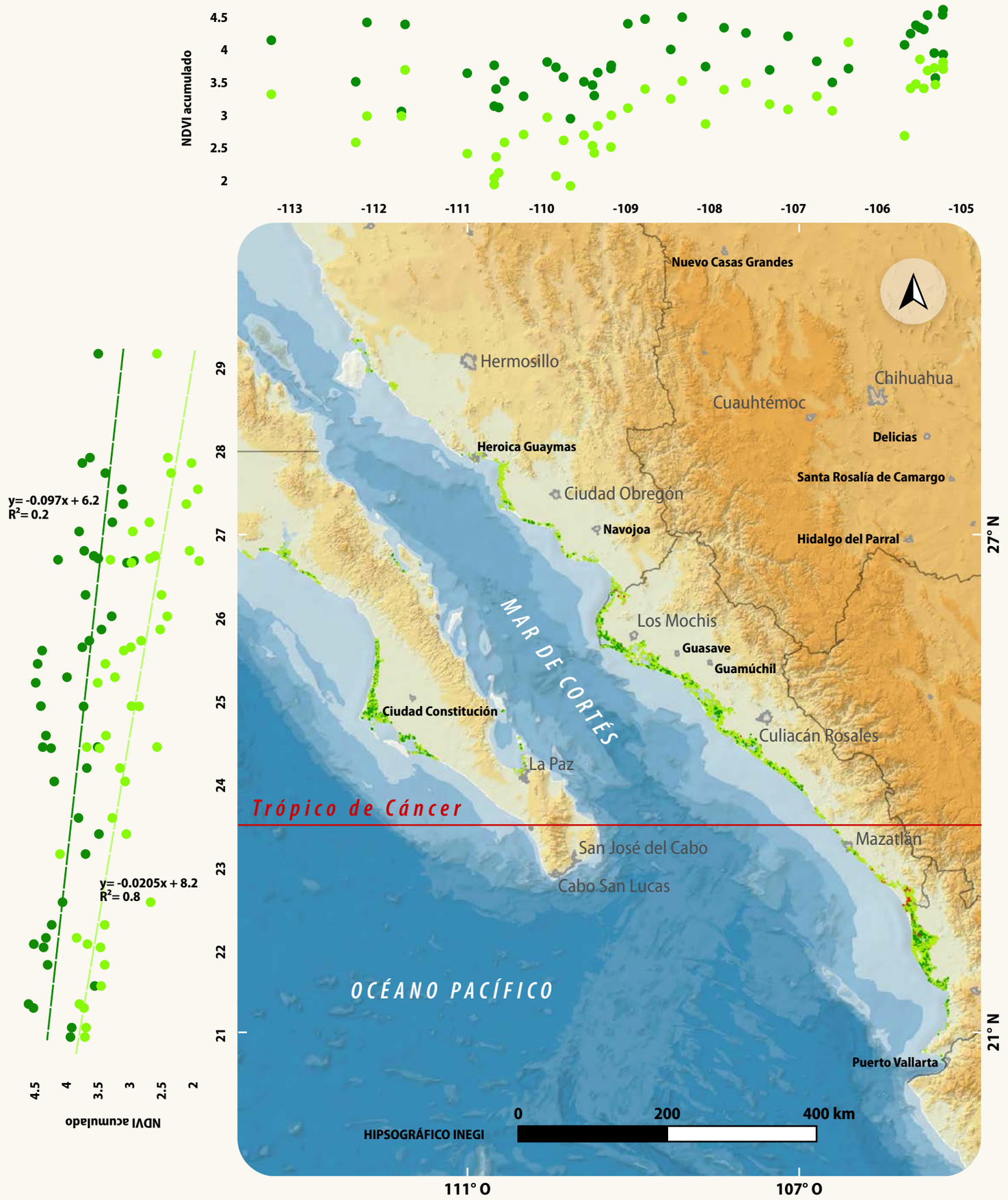
Integral corta: Área bajo la curva en el periodo de tiempo comprendido por la estación de crecimiento, considerado sólo hasta el nivel establecido por el valor mínimo. Representa el verdor acumulado a lo largo de la estación de crecimiento sin considerar el verdor constante en el sitio. Es un estimador de la productividad primaria neta considerando sólo el crecimiento estacional de la vegetación.

Unidades

NDVI / bimestre

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)



Variable

Integral Extendida

Descripción

Área bajo la curva en el periodo de tiempo comprendido por la estación de crecimiento y el eje horizontal. Representa el verdor acumulado a lo largo de la estación de crecimiento considerando el verdor base o existente en el sitio. Es un estimador de la productividad primaria neta.

Unidades

NDVI / bimestre

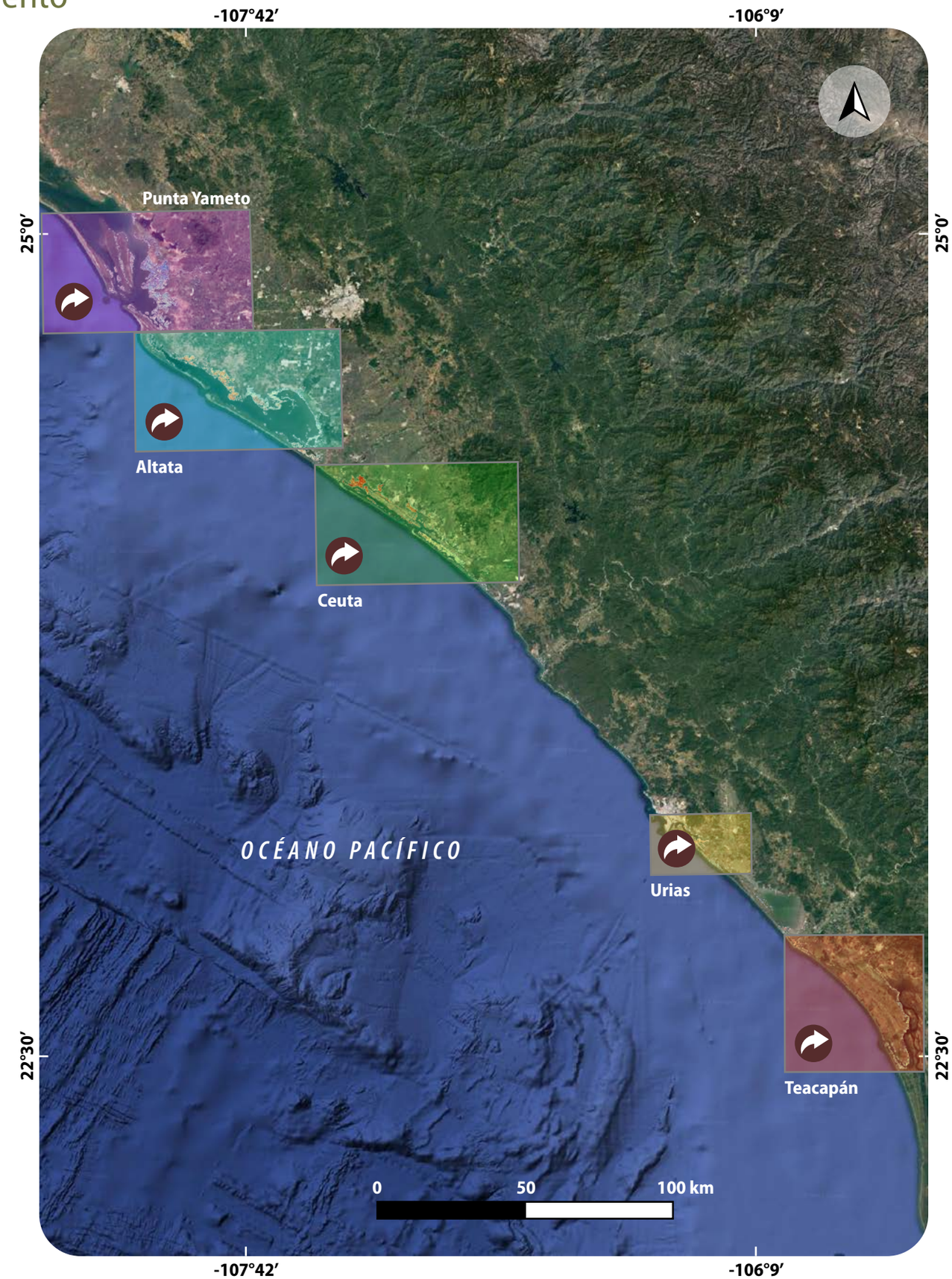
Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Proceso de cambio (+)
- Proceso de cambio (–)

LOS MANGLARES Y SU IMPORTANCIA
ESPECIES EN MÉXICO
OBJETIVOS
UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO
PACIFICO NORTE (PN)
MAPA PACÍFICO NORTE
VARIABLES FENOLÓGICAS
CONTRASTES LOCALES
SITIO PILOTO (LOS PETENES)
DIFERENCIAS ENTRE PN Y SITIO PILOTO
IDENTIFICACIÓN DE MANGLE ROJO
CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN
MAPA DEL SITIO PILOTO
FENOLOGÍA
CONCLUSIONES

Contrastes locales
de la duración de la estación de crecimiento

El balance de agua dulce y salada, además de las condiciones locales entre las que se encuentran las actividades humanas, influyen en la fenología de los manglares. Obsérvense los contrastes de la duración de la estación de crecimiento entre sistemas hidrológicos en Sinaloa. Da clic en el mapa de interés para verlo a mayor resolución.



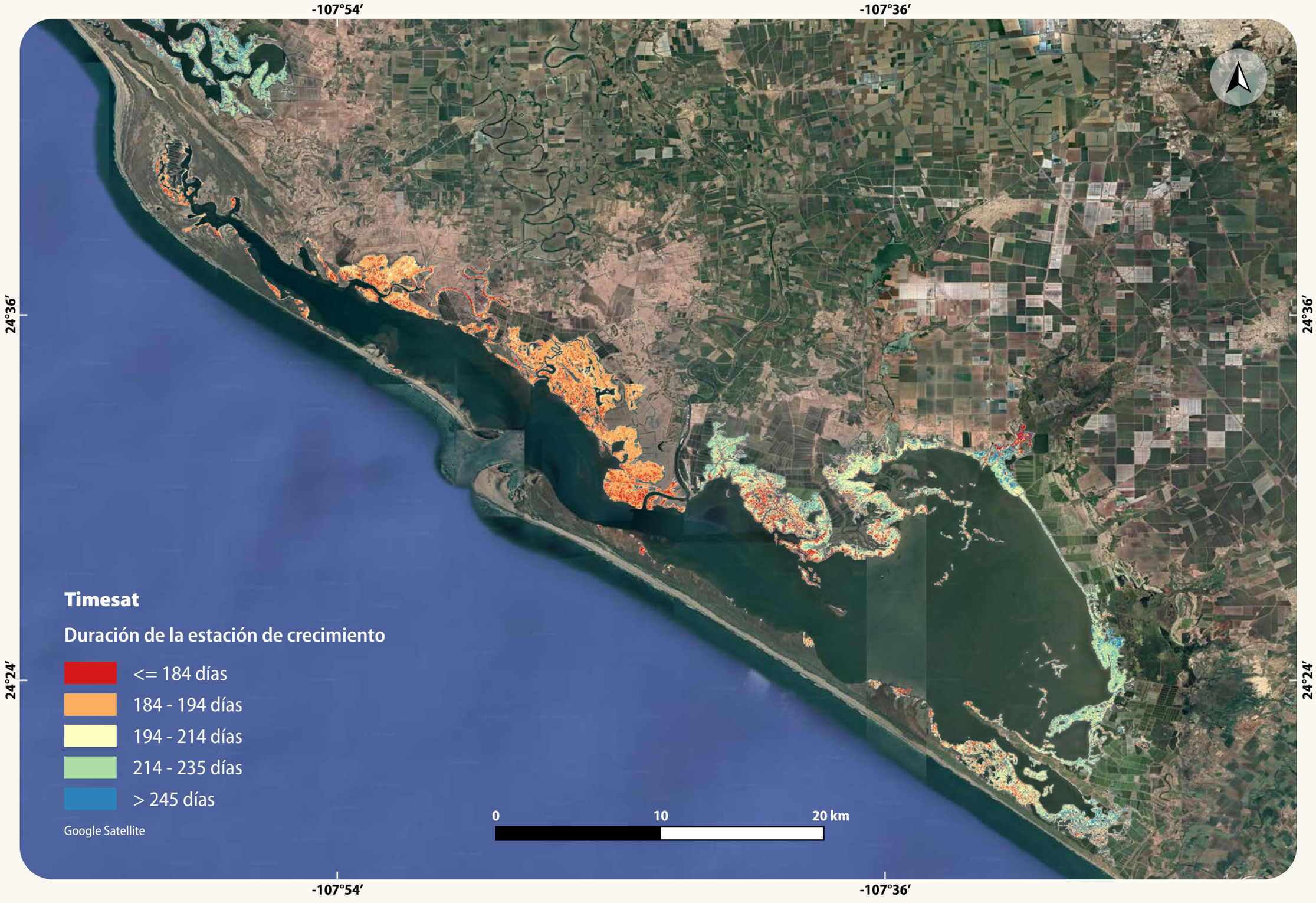
Timesat

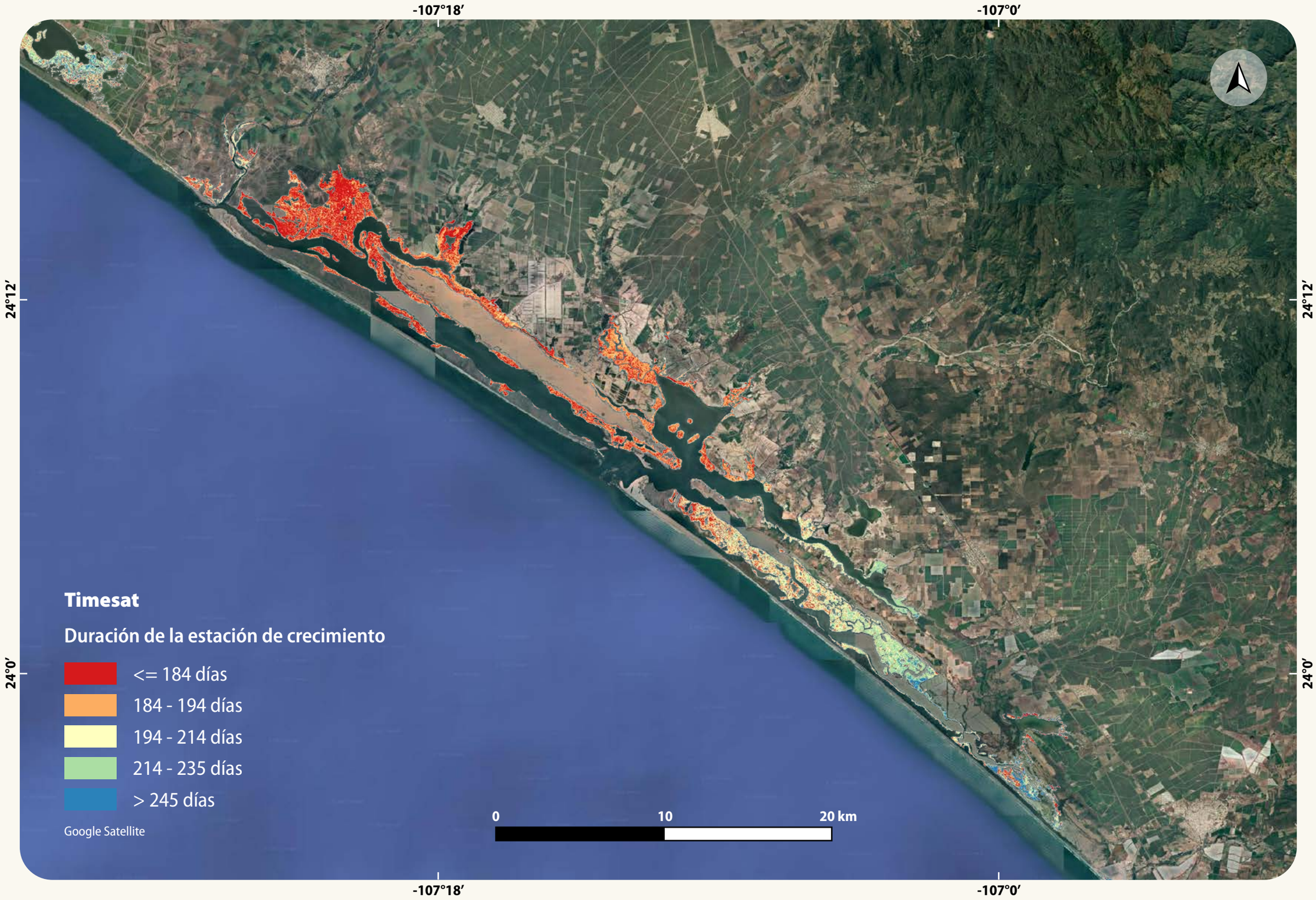
Duración de la estación de crecimiento

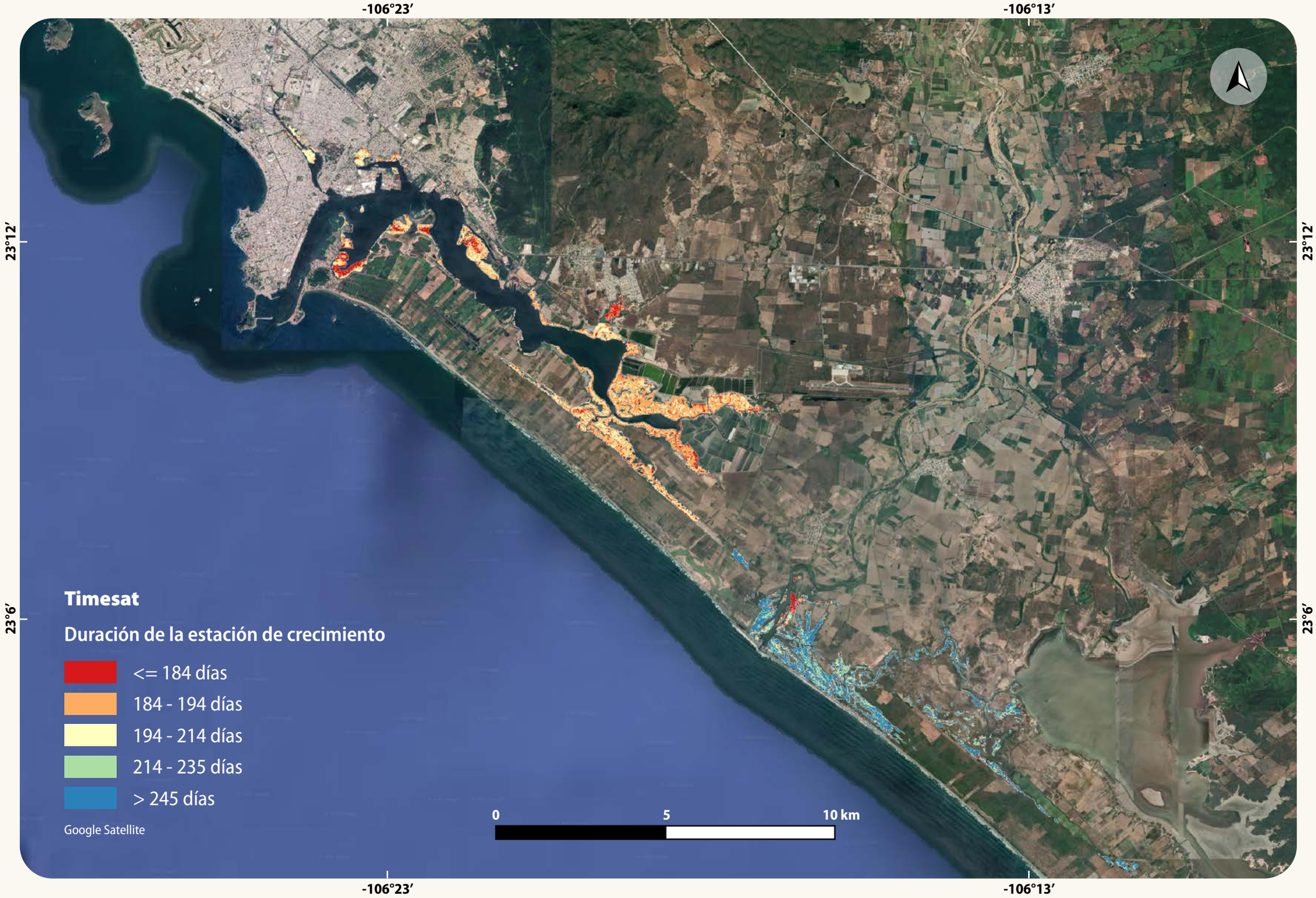
- <= 184 días
- 184 - 194 días
- 194 - 214 días
- 214 - 235 días
- > 245 días

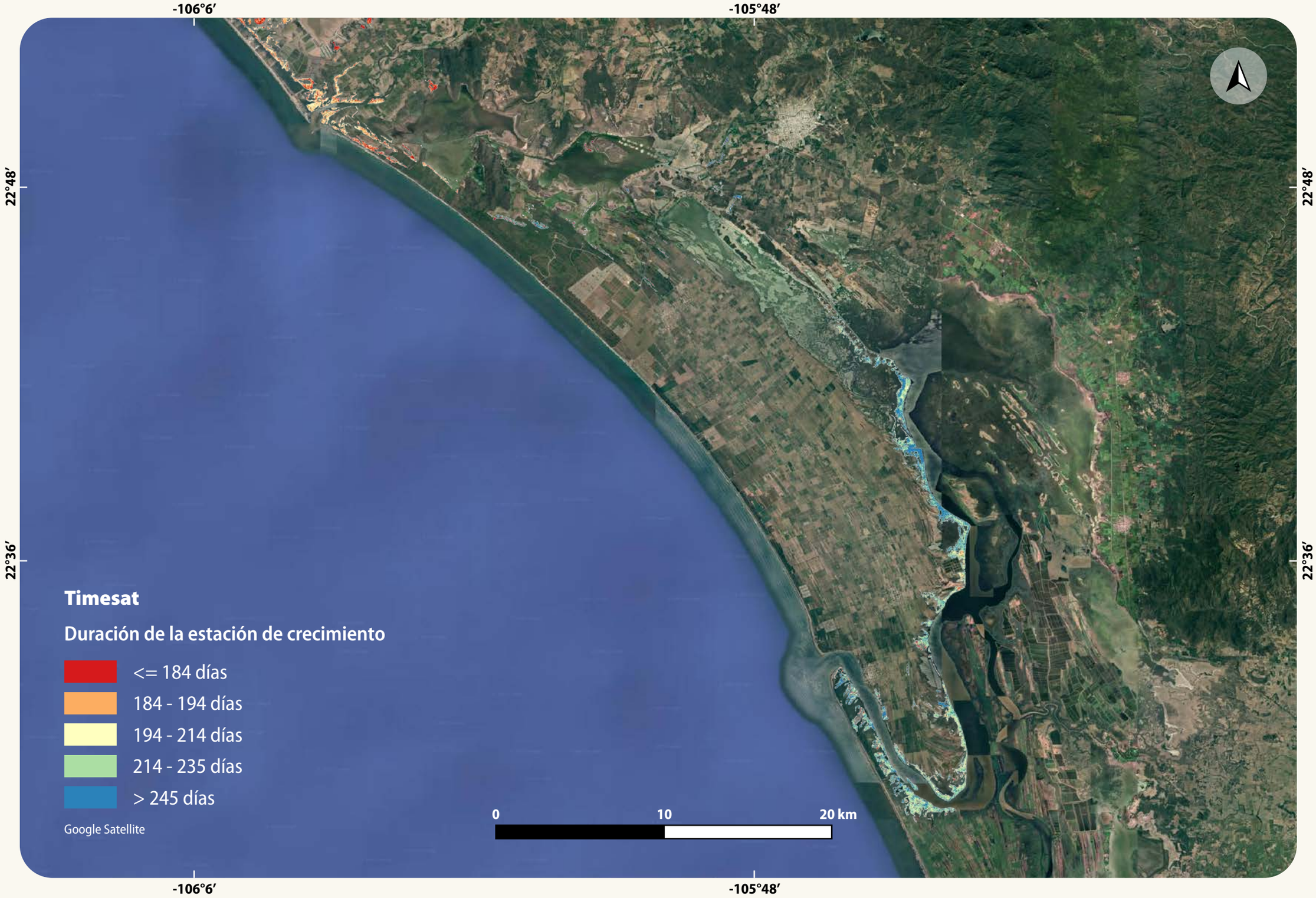
Google Satellite

-108°17′
-107°53′
25°0′
24°48′
Timesat
Duración de la estación de crecimiento
<= 184 días
184 - 194 días
194 - 214 días
214 - 235 días
> 245 días
Google Satellite
0
10
20 km


-107°54′
-107°36′
24°36′
24°24′
Timesat
Duración de la estación de crecimiento
<= 184 días
184 - 194 días
194 - 214 días
214 - 235 días
> 245 días
Google Satellite
0
10
20 km


-107°18′
-107°0′
24°12′
24°0′
Timesat
Duración de la estación de crecimiento
<= 184 días
184 - 194 días
194 - 214 días
214 - 235 días
> 245 días
Google Satellite
0
10
20 km


-106°23′
-106°13′
23°12′
23°6′
Timesat
Duración de la estación de crecimiento
<= 184 días
184 - 194 días
194 - 214 días
214 - 235 días
> 245 días
Google Satellite
0
5
10 km


-106°6′
-105°48′
22°48′
22°36′
Timesat
Duración de la estación de crecimiento
<= 184 días
184 - 194 días
194 - 214 días
214 - 235 días
> 245 días
Google Satellite
0
10
20 km

LOS MANGLARES Y SU IMPORTANCIA
ESPECIES EN MÉXICO
OBJETIVOS
UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO
PACIFICO NORTE (PN)
MAPA PACÍFICO NORTE
VARIABLES FENOLÓGICAS
CONTRASTES LOCALES
SITIO PILOTO (LOS PETENES)
DIFERENCIAS ENTRE PN Y SITIO PILOTO
IDENTIFICACIÓN DE MANGLE ROJO
CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN
MAPA DEL SITIO PILOTO
FENOLOGÍA
CONCLUSIONES

Diferencias entre los manglares
de la región Pacífico Norte y los Petenes en la península de Yucatán

Existen diferentes características ambientales en la Región Pacífico norte y Península de Yucatán que han propiciado que los manglares se desarrollen de forma distinta. En la región Península de Yucatán las condiciones climáticas que predominan son cálidas subhúmedas mientras que en el Pacífico Norte son secas.

R. mangle en Pacífico Norte (Bahía Magdalena, BCS.)
Foto: Samuel Velázquez 8/feb/2018

R. mangle arbustivo y arbóreo en Península de Yucatán (Los Petenes, Camp.)
Foto: Samuel Velázquez 17/jun/2022

LOS MANGLARES Y SU IMPORTANCIA
ESPECIES EN MÉXICO
OBJETIVOS
UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO
PACIFICO NORTE (PN)
MAPA PACÍFICO NORTE
VARIABLES FENOLÓGICAS
CONTRASTES LOCALES
SITIO PILOTO (LOS PETENES)
DIFERENCIAS ENTRE PN Y SITIO PILOTO
IDENTIFICACIÓN DE MANGLE ROJO
CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN
MAPA DEL SITIO PILOTO
FENOLOGÍA
CONCLUSIONES

A pesar de que en ambas regiones es común el desarrollo de los manglares en talla reducida (arbustivos), en la Península de Yucatán alcanzan alturas más altas que en Pacífico Norte. Esto se debe principalmente a que la Península de Yucatán presenta mejores condiciones para su desarrollo, siendo además la región con mayor superficie de manglares en el país. Por otro lado, la región Pacífico Norte se encuentra en los límites latitudinales de distribución de los manglares en la costa oeste del continente Americano.

• Toma panorámica de dron en la región Pacífico Norte
Autor: CONABIO, 02/feb/2018

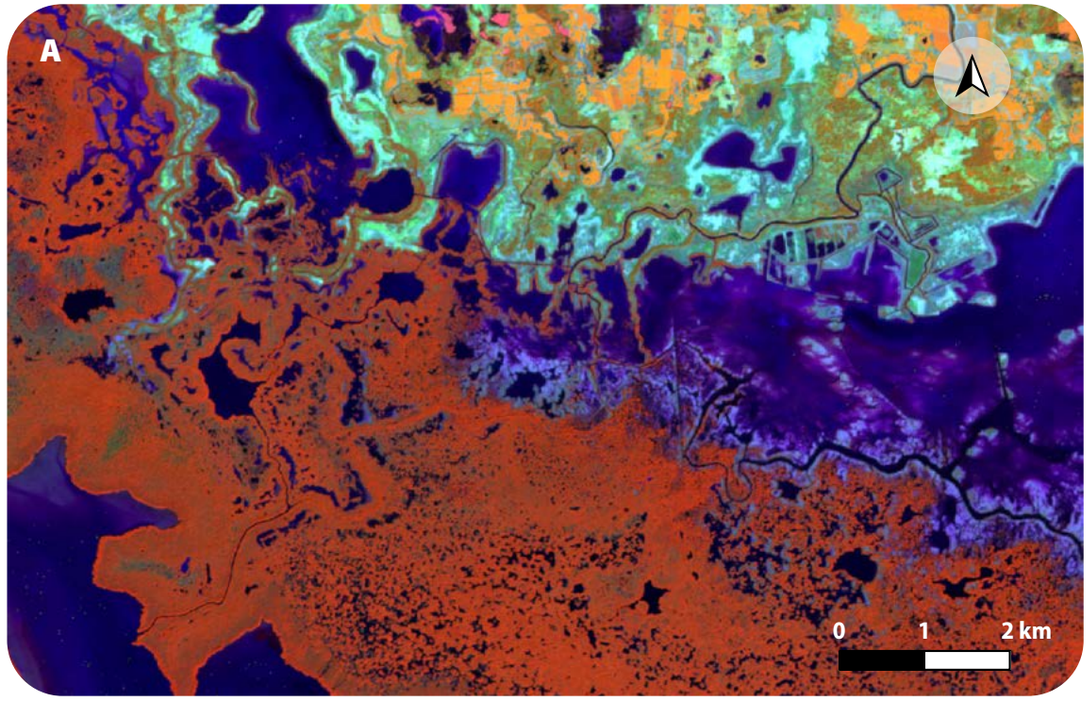
Selecciona el video: **2. Pacifico Norte.mp4** en la barra de archivos adjuntos

• Video panorámico con dron en la zona de Los Petenes, Península de Yucatán
Autor: CONABIO, 16/jun/2022

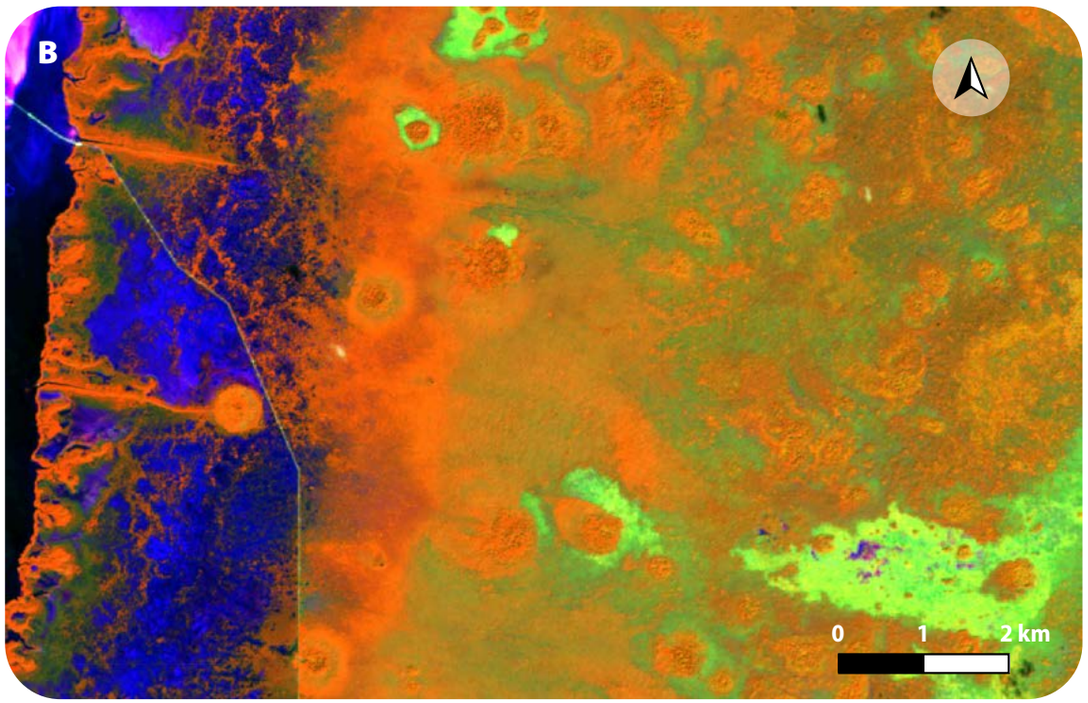
Selecciona el video: **3. Peninsula Yucatan.mp4** en la barra de archivos adjuntos

LOS MANGLARES Y SU IMPORTANCIA
ESPECIES EN MÉXICO
OBJETIVOS
UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO
PACIFICO NORTE (PN)
MAPA PACÍFICO NORTE
VARIABLES FENOLÓGICAS
CONTRASTES LOCALES
SITIO PILOTO (LOS PETENES)
DIFERENCIAS ENTRE PN Y SITIO PILOTO
IDENTIFICACIÓN DE MANGLE ROJO
CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN
MAPA DEL SITIO PILOTO
FENOLOGÍA
CONCLUSIONES

Estas diferencias en las condiciones también repercuten en la manera que son captados a través imágenes de satélite. Como se aprecia en la figura, los manglares se diferencian de mejor forma en las condiciones áridas del Pacífico Norte (A), mientras que en la Península de Yucatán la mezcla con selvas dificulta su clasificación (B), por lo que es necesario implementar otros datos y técnicas de Percepción Remota para su diferenciación.



Zona de manglares en la región Pacífico norte, 25/ene/2022
© ESA 2022, producida por Copernicus Space Component
Combinación bandas NIR (B8), SWIR1 (B11), Rojo (B4)

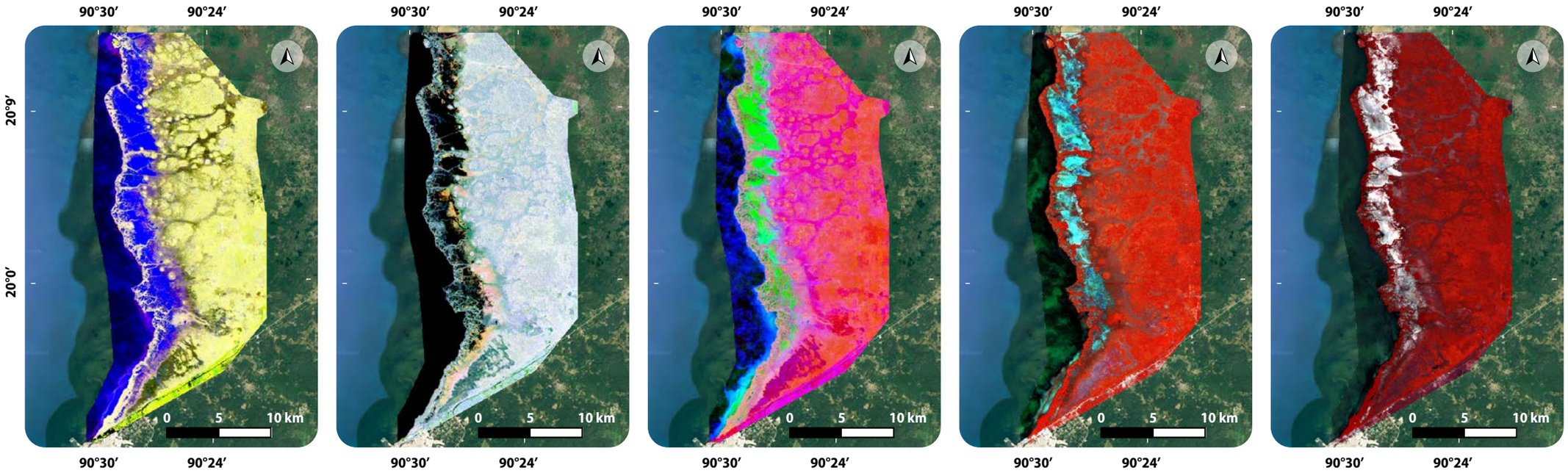


Zona de manglares en la región Península de Yucatán, 2/ene/2022
© ESA 2022, producida por Copernicus Space Component
Combinación bandas NIR (B8), SWIR1 (B11), Rojo (B4)

LOS MANGLARES Y SU IMPORTANCIA
ESPECIES EN MÉXICO
OBJETIVOS
UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO
PACIFICO NORTE (PN)
MAPA PACÍFICO NORTE
VARIABLES FENOLÓGICAS
CONTRASTES LOCALES
SITIO PILOTO (LOS PETENES)
DIFERENCIAS ENTRE PN Y SITIO PILOTO
IDENTIFICACIÓN DE MANGLE ROJO
CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN
MAPA DEL SITIO PILOTO
FENOLOGÍA
CONCLUSIONES

Identificación de mangle rojo
en Los Petenes, Península de Yucatán

Se probaron tres compuestos generados a partir de índices espectrales obtenidos de imágenes Sentinel 2, retrodispersión polarizada de imágenes de radar Sentinel 1 y dos imágenes de fechas específicas. Para una descripción mas detallada da clic en la letra del compuesto que te interese.



A Compuesto NDVI-NDWI
bimestral 2015-2020
NDVI ene-feb
NDVI sep-oct
NDWI mar-abr

Compuesto temporal de valor máximo bimestral 2015-2020 de NDVI y NDWI.

B Compuesto VV-VH
bimestral 2015-2020
VV ene-feb
VV sep-oct
VH mar-abr

Compuesto temporal de retrodispersión promedio bimestral 2015-2020 polarizaciones VV y VH de Sentinel 1.

C Compuesto Componentes principales
bimestral 2015-2020
NDVI ene-feb
NDVI sep-oct
NDWI mar-abr

Combinación de los compuestos B y C mediante la técnica de componentes principales.

D Sentinel 2 SR
23/02/2020
NIR - Red - Green

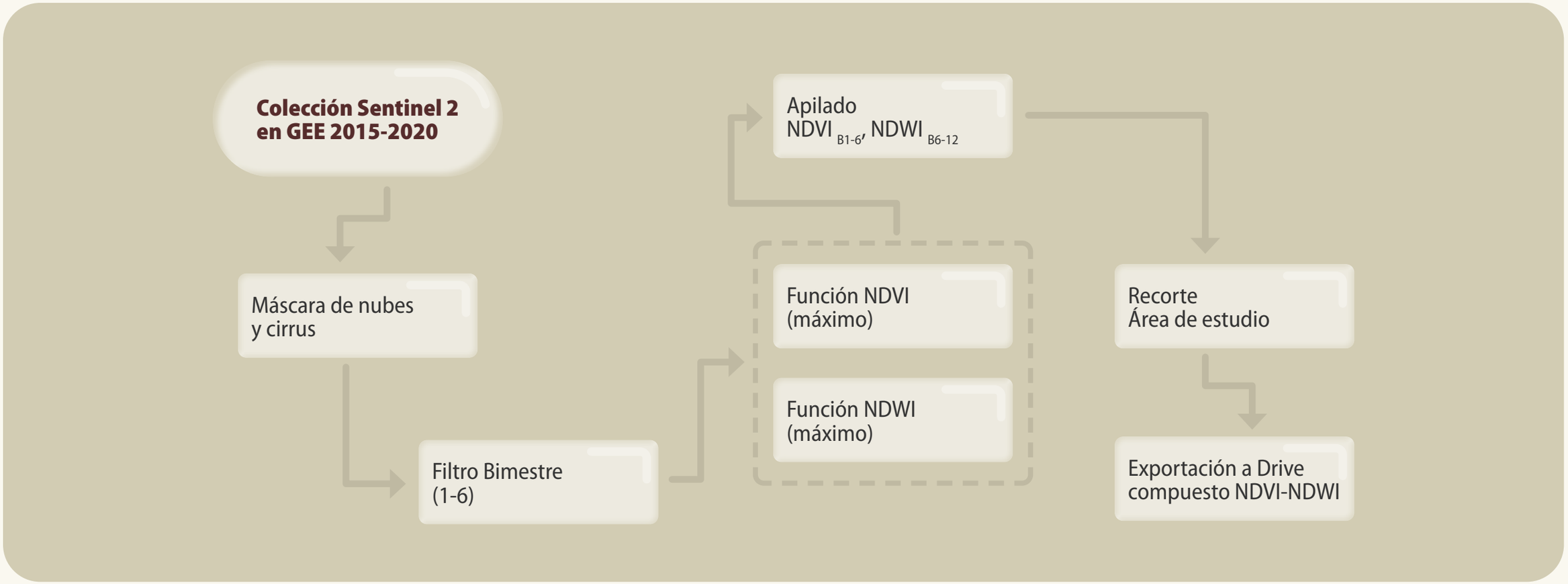
Imagen Sentinel 2 del 23/02/2020. Bandas: visible (2,3,4), infrarrojo 1 (5), borde rojo (6,7,8), infrarrojo 2 (8A), infrarrojo de onda corta 1 (11) e infrarrojo de onda corta 2 (12).
© ESA 2022, producida por Copernicus Space Component.

E Sentinel 2 SR
01/04/2020
NIR - Red - Green

Imagen Sentinel 2 del 01/04/2020. Bandas: visible (2,3,4), infrarrojo 1 (5), borde rojo (6,7,8), infrarrojo 2 (8A), infrarrojo de onda corta 1 (11) e infrarrojo de onda corta 2 (12).
© ESA 2022, producida por Copernicus Space Component.

Compuesto temporal de valor máximo bimestral

2015-2020 de NDVI y NDWI



Método de construcción:

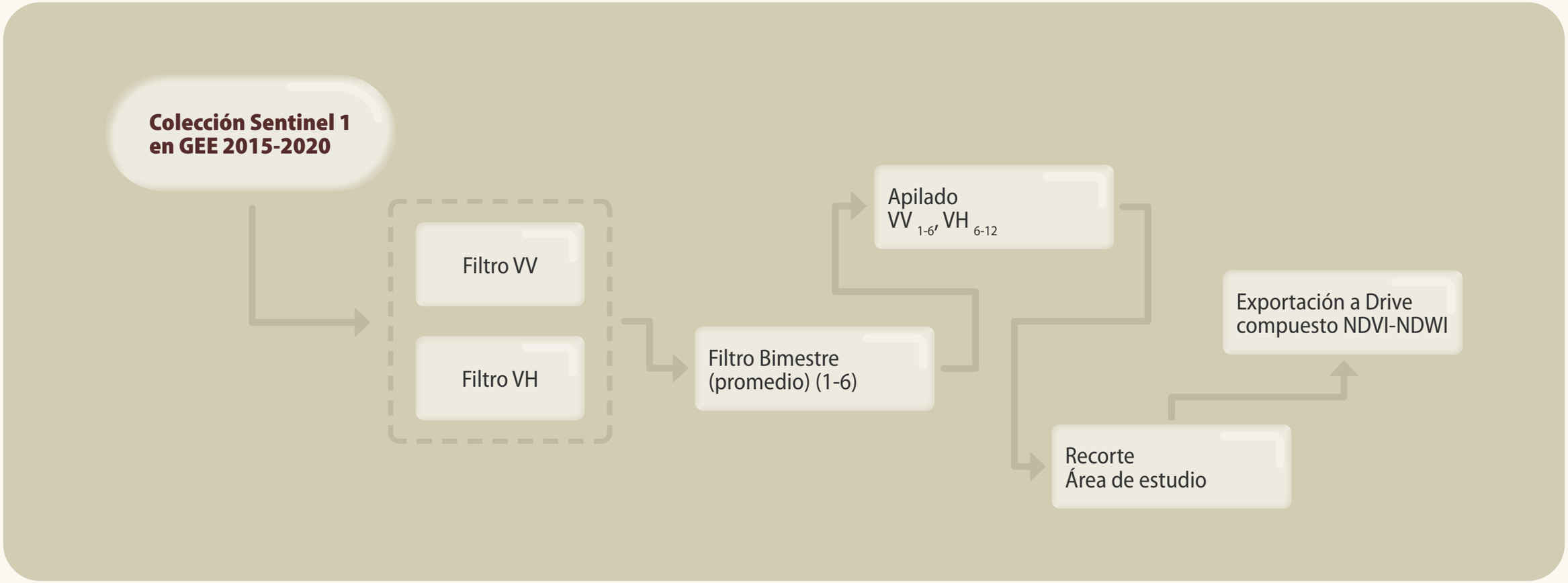
1. Empleando la aplicación online Google Earth Engine, se accedió a la colección de datos del satélite Sentinel 2. Los datos se agruparon por bimestre.
2. Con los datos anteriores se estimaron los índices NDVI y NDWI* y se tomó el valor máximo en cada bimestre.
3. Los valores máximos cada índice bimestral se apilaron como bandas para formar una imagen de 12 bandas.
4. Se recortaron los datos a la zona de estudio y se descargaron para su uso en la elaboración del mapa.

---

* Similar al NDVI pero haciendo uso de la banda SWIR en lugar de la banda roja, es sensible al contenido de humedad en el follaje y complementa a la información brindad por el NDVI. La descripción hecha por su autor está publicado en este articulo: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425796000673

Compuesto temporal de retrodispersión promedio bimestral

2015-2020 polarizaciones VV y VH de Sentinel 1



Método de construcción:

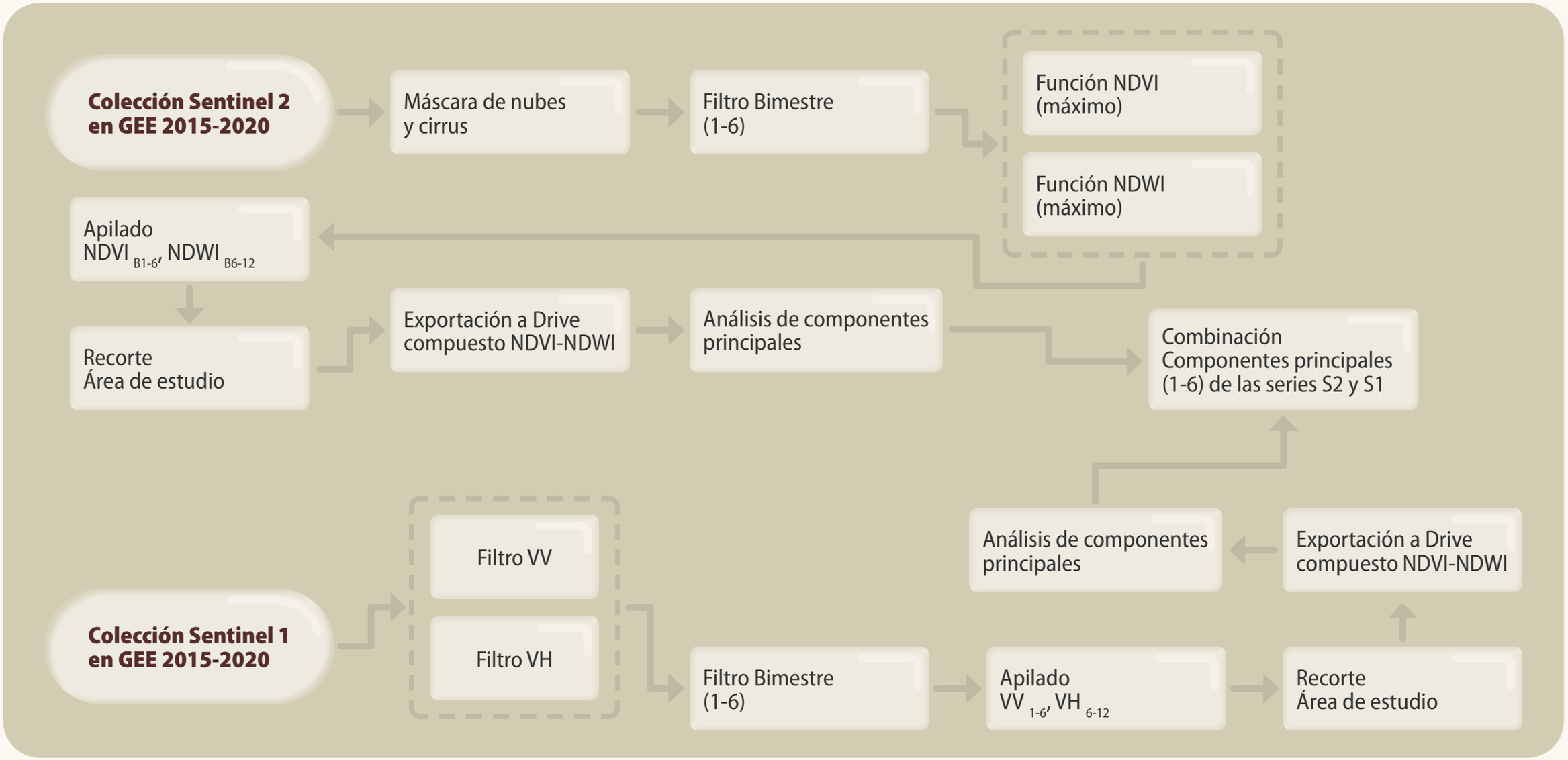
1. Empleando la aplicación online Google Earth Engine, se accedió a la colección de datos del satélite Sentinel 1*. Los datos se separaron por polaridad (VV y VH).
2. Con los datos anteriores se estimaron los promedios de la retrodispersión para cada polarización por bimestre para cada pixel.
3. Los datos de cada bimestre y polarización se apilaron como bandas separadas para formar una imagen de 12 bandas.
4. Se recortaron los datos a la zona de estudio y se descargaron para su uso en la elaboración del mapa.

---

* Para mas detalles de los datos de radar de la misión Sentinel 1, se recomienda leer los aspectos básicos de Radar de Apertura Sintética (SAR por sus siglas en inglés) en Google Earth Engine:
https://developers.google.com/earth-engine/tutorials/community/sar-basics

Combinación de los compuestos NDVI-NDWI y VV-VH

mediante la técnica de componentes principales



Método de construcción:

1. Se combinaron las series temporales de índices con Sentinel 2 y retrodispersión de Sentinel 1. Para su construcción se empleó la técnica de análisis de componentes principales.
2. Se obtuvieron los componentes principales de cada set de datos y se combinaron los primeros seis de cada fuente para formar uno nuevo para su análisis
3. Si quieres conocer mas de la técnica de componentes principales, se recomienda esta página: https://www.cienciadedatos.net/documentos/35_principal_component_analysis

Imagen Sentinel 2 del 23/02/2020 y del 01/04/2022

Dos satélites forman la constelación Sentinel 2. El primero de ellos se lanzó en junio de 2015 (Sentinel 2A) y el segundo en marzo de 2017 (Sentinel 2B). Las características de estas imágenes se muestran en la siguiente tabla:

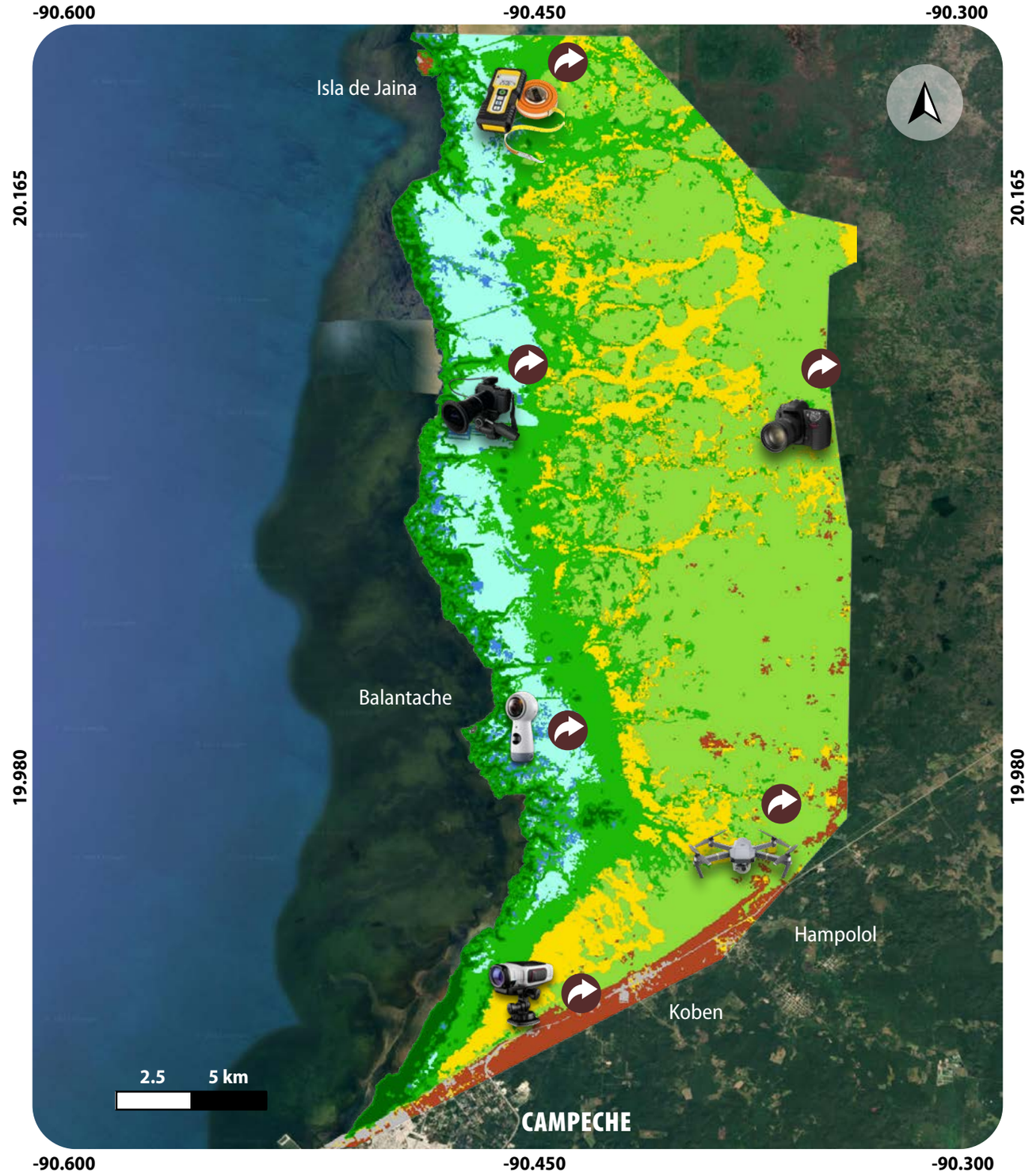
		Sentinel-2A		Sentinel-2B		
Banda		**Longitud de onda central (nm)**	**Amplitud (nm)**	**Longitud de onda central (nm)**	**Amplitud (nm)**	**Resolución espacial (m)**
1	Azul costero	442.7	21	442.3	21	60
2	Azul	492.4	66	492.1	66	10
3	Verde	559.8	36	559	36	10
4	Rojo	664.6	31	665	31	10
5	Borde rojo 1	704.1	15	703.8	16	20
6	Borde rojo 2	740.5	15	739.1	15	20
7	Borde rojo 3	782.8	20	779.7	20	20
8	Infrarrojo cercano (NIR)	832.8	106	833	106	10
8A	Infrarrojo cercano 2	864.7	21	864	22	20
9	Vapor de agua	945.1	20	943.2	21	60
10	SWIR-Cirrus	1373.5	31	1376.9	30	60
11	SWIR 1	1613.7	91	1610.4	94	20
12	SWIR 2	2202.4	175	2185.7	185	20

Si quieres saber más sobre las imágenes Sentinel 2 visita esta página web: https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/SENTINEL_2

LOS MANGLARES Y SU IMPORTANCIA
ESPECIES EN MÉXICO
OBJETIVOS
UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO
PACIFICO NORTE (PN)
MAPA PACÍFICO NORTE
VARIABLES FENOLÓGICAS
CONTRASTES LOCALES
SITIO PILOTO (LOS PETENES)
DIFERENCIAS ENTRE PN Y SITIO PILOTO
IDENTIFICACIÓN DE MANGLE ROJO
CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN
MAPA DEL SITIO PILOTO
FENOLOGÍA
CONCLUSIONES

Datos para calibración y validación

La colecta de datos en campo es importante para la validación de un mapa. Requiere tiempo y esfuerzo de muestreo que debe ser planeado previo a la salida. Si quieres ver un acercamiento de cómo es esto, da clic aquí:



Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Selva
- Humedales
- Pastizales
- Sin vegetación / áreas urbanas
- Cuerpos de agua
- Acahual / vegetación secundaria

Datos de estructura del manglar en parcelas sobre el terreno

Equipo

Distanciómetro y cinta diamétrica

Producto

Datos de estructura y composición de la vegetación

Número

10 parcelas

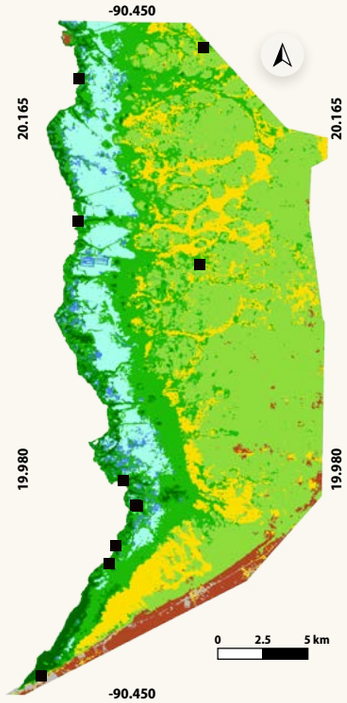
• Medición del diámetro normal

Autor: José Alberto Alcántara-Maya, 17/jun/2022

Los Petenes, Península de Yucatán

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Selva
- Humedales
- Pastizales
- Sin vegetación / áreas urbanas
- Cuerpos de agua
- Acahual / vegetación secundaria
- Parcelas de muestreo



Fotografía hemisférica

Equipo

Cámara bridge con lente fish eye y GPS

Producto

Fotografías

Número

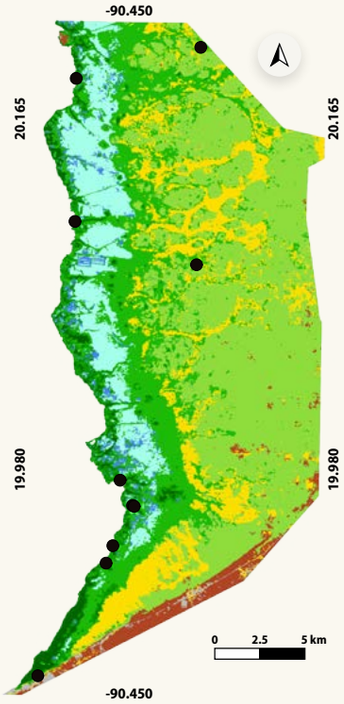
118

Nadir

Cenit

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Selva
- Humedales
- Pastizales
- Sin vegetación / áreas urbanas
- Cuerpos de agua
- Acahual / vegetación secundaria
- Sitios de toma de fotografías



• Fotografías hemisfericas al nádir y cenit

Autor: Edgar Villeda, 18/jun/2022

Los Petenes, Península de Yucatán

Equipo

Cámara digital DSLR

Producto

Fotografías

Número

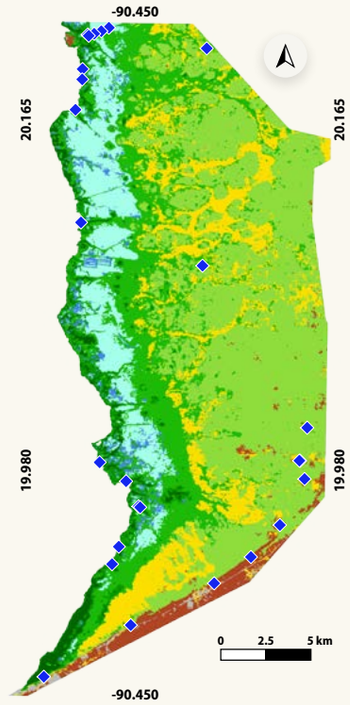
299

• Reforestación con mangle blanco (*Avicennia germinans*)
Autor: Edgar Villeda, 17/jun/2022
Los Petenes, Península de Yucatán

• Detalle de hojas e inflorecencia de *Avicennia germinans*
Autor: Edgar Villeda, 17/jun/2018
los Petenes, Península de Yucatán

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Selva
- Humedales
- Pastizales
- Sin vegetación / áreas urbanas
- Cuerpos de agua
- Acahual / vegetación secundaria
- Sitios de toma de fotografías



Fotografías 360°

Equipo

Cámara 360

Producto

Fotografías

Videos

Número

24 fotos

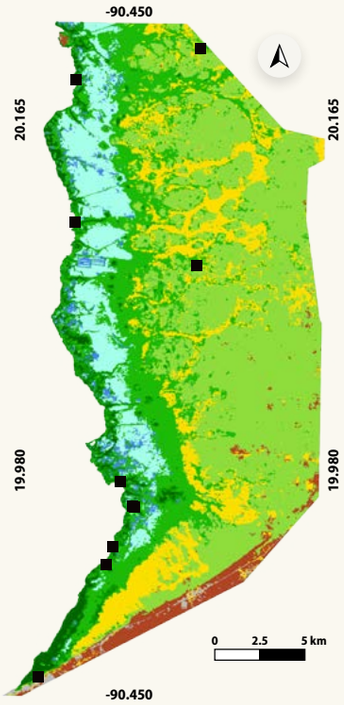
5 videos

A

B

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Selva
- Humedales
- Pastizales
- Sin vegetación / áreas urbanas
- Cuerpos de agua
- Acahual / vegetación secundaria
- Sitios de toma de fotografías



• Fotografia 360° de sitio:
a) Imagen cosida, b) Hemisferios para la composición

Autor: Edgar Villeda, 17/jun/2022

Los Petenes, Península de Yucatán

Equipo

Dron Mavic pro

Producto

Fotografías

Videos

Número

7,068 fotos

10 videos

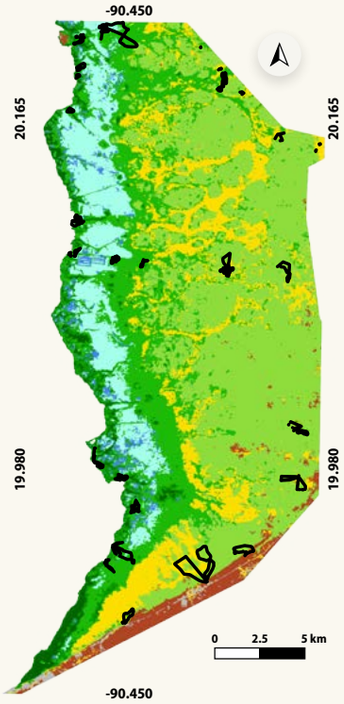
• Foto aérea con dron

Autor: Carlos Troche, 17/jun/2022

Los Petenes, Península de Yucatán

Leyenda

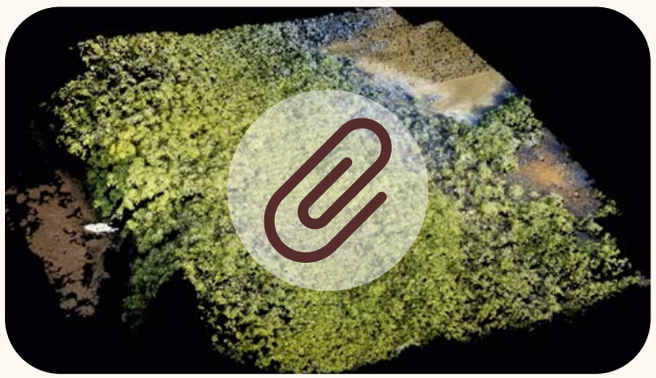
- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Selva
- Humedales
- Pastizales
- Sin vegetación / áreas urbanas
- Cuerpos de agua
- Acahual / vegetación secundaria
- Recorridos aéreos con tomas de fotografía y video



• Modelo 3D a base de fotos aéreas tomadas con dron

Autor: José Alberto Alcántara

Los Petenes, Península de Yucatan



Selecciona el video: **4. Gif.mp4** en la barra de archivos adjuntos

• Vista del contexto y supervisión de misión de fotos con dron

Autor: CONABIO, 11/mar/2021

Los Petenes, Península de Yucatán

Selecciona el video: **5. Dron.mp4** en la barra de archivos adjuntos

Cámara Virb Garmin

Equipo

Producto

Fotografías

Videos

Número

2 fotos

25 videos

• Fotograma de video de cámara Virb Garmin

Autor: José Alberto Alcántara-Maya, 17/jun/2022

Los Petenes, Península de Yucatán

• Video de cámara Virb Garmin con geotrack

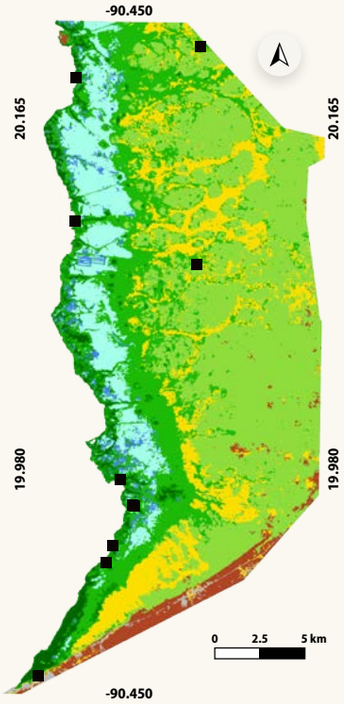
Autor: Samuel Velázquez, 17/jun/2022

Los Petenes, Península de Yucatán

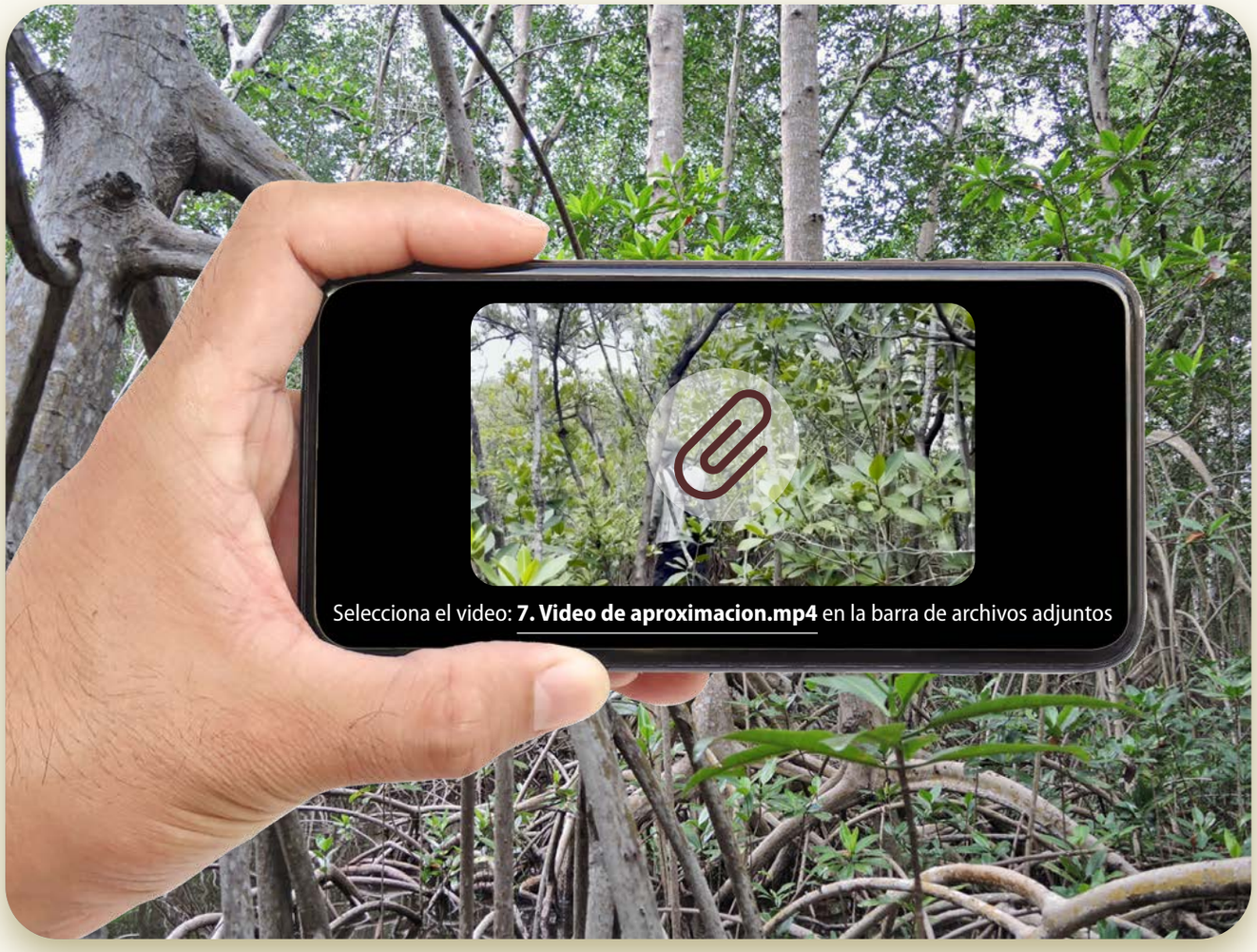
Selecciona el video: **6. Virb.mp4** en la barra de archivos adjuntos

Leyenda

- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Selva
- Humedales
- Pastizales
- Sin vegetación / áreas urbanas
- Cuerpos de agua
- Acahual / vegetación secundaria
- Sitios de toma de fotografía y video



Videos de contexto y aproximación a sitios



• Video de aproximación a un sitio de muestreo
Autor: CONABIO, 17/jun/2022
Los Petenes, Península de Yucatán

• Video aéreo de zona de restauración de manglar
Autor: CONABIO, 17/jun/2022
Los Petenes, Península de Yucatán

Selecciona el video: **8. Video aereo.mp4** en la barra de archivos adjuntos

• Equipos para la colección de datos en campo

LOS MANGLARES Y SU IMPORTANCIA
ESPECIES EN MÉXICO
OBJETIVOS
UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO
PACIFICO NORTE (PN)
MAPA PACÍFICO NORTE
VARIABLES FENOLÓGICAS
CONTRASTES LOCALES
SITIO PILOTO (LOS PETENES)
DIFERENCIAS ENTRE PN Y SITIO PILOTO
IDENTIFICACIÓN DE MANGLE ROJO
CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN
MAPA DEL SITIO PILOTO
FENOLOGÍA
CONCLUSIONES

Mapa de distribución de mangle rojo en el sitio piloto

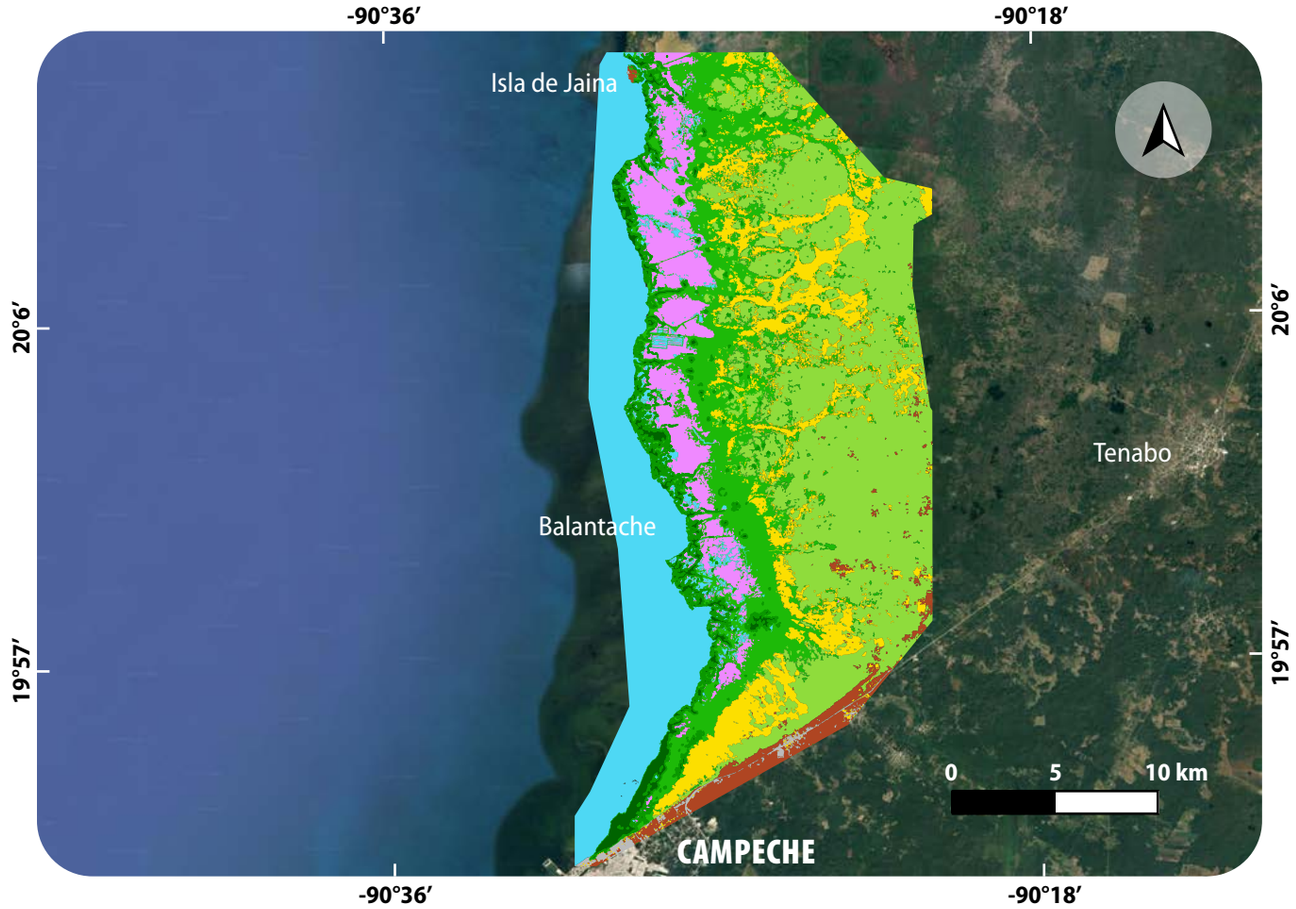
Los Petenes, Campeche, Península de Yucatán

El mejor mapa para la identificación de la distribución de *Rhizophora mangle* en la zona de estudio (exactitud global de 84.8%) se obtuvo a partir del compuesto de índices de vegetación y humedad (NDVI-NDWI).
El segundo mejor es el que se obtuvo a partir de los componentes principales, aunque tiene la misma exactitud del productor, comete más errores de comisión (identifica áreas como *Rhizhophora mangle* que en realidad son otro tipo de cobertura).

Mapa / Insumo	Exactitud global (%)	Exactitud de productor (%) para la clase Rm dominante	Exactitud del usuario (%) para la clase Rm dominante	Error de omisión (%)	Error de comisión (%)
Compuesto NDVI-NDWI	84.8	93.2	80.0	6.8	20.0
Componentes principales	83.0	93.2	78.2	6.8	21.8
S2_SR_23/enero/2020	87.2	90.4	82.5	9.6	17.5
S2_SR_02/abril/2020	82.6	89.0	78.3	11.0	21.7
Compuesto VV-VH 1520	71.2	78.1	58.2	21.9	41.8

Leyenda

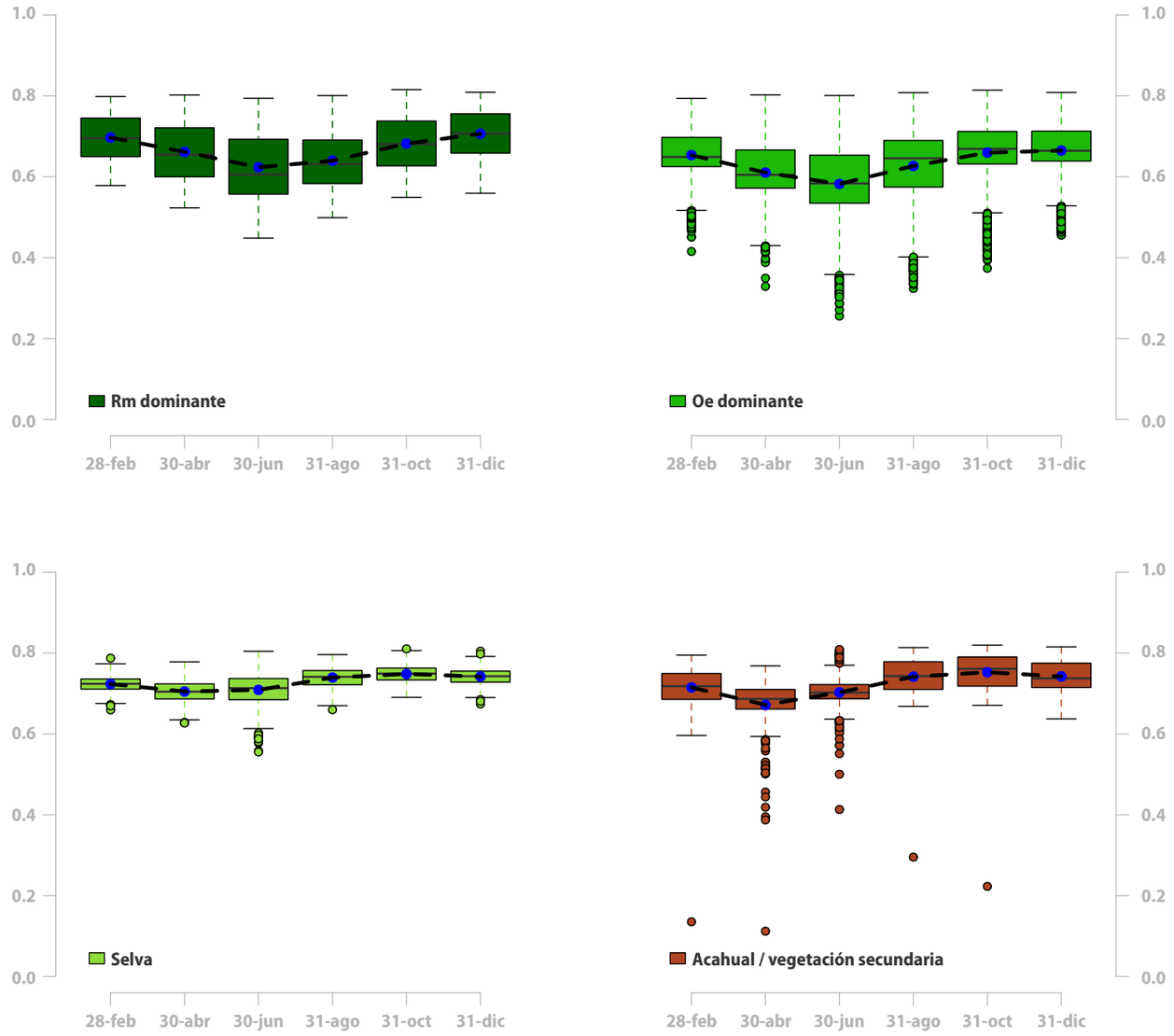
- *Rhizophora mangle* dominante
- Otras especies dominantes
- Selva
- Humedales
- Pastizales
- Sin vegetación / áreas urbanas
- Cuerpos de agua
- Acahual / vegetación secundaria



LOS MANGLARES Y SU IMPORTANCIA
ESPECIES EN MÉXICO
OBJETIVOS
UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO
PACIFICO NORTE (PN)
MAPA PACÍFICO NORTE
VARIABLES FENOLÓGICAS
CONTRASTES LOCALES
SITIO PILOTO (LOS PETENES)
DIFERENCIAS ENTRE PN Y SITIO PILOTO
IDENTIFICACIÓN DE MANGLE ROJO
CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN
MAPA DEL SITIO PILOTO
FENOLOGÍA
CONCLUSIONES

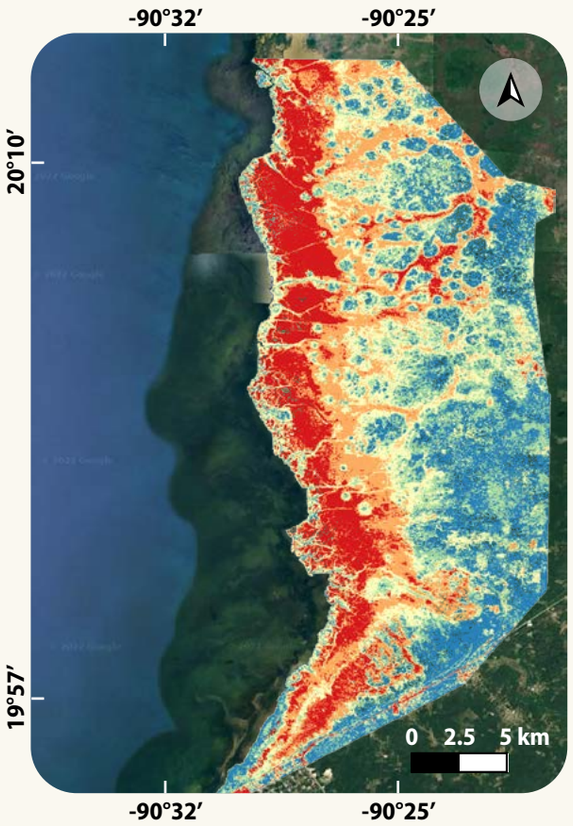
Resultados sobre la fenología del manglar
en el sitio piloto Los Petenes

Los perfiles formados por el cambio estacional del NDVI en ambos grupos de manglar son muy similares entre sí. Tanto Rm dominante como Oe dominante presentan su valor mínimo de verdor en el tercer bimestre, alrededor del 30 de junio y el máximo en el 6º o el primer bimestre del año. Rm mangle dominante mantiene valores ligeramente más altos de NDVI durante todo el año y una duración de la estación de crecimiento más reducida (190 días) respecto a Oe dominante (225 días). La amplitud o diferencia entre el máximo y mínimo local es más pequeña en las áreas con mangle rojo así como las variables que miden la velocidad de enverdecimiento y senecencia (derivada izquierda y derecha). La selva y los acahuales por su parte (especies leñosas), muestran mayores diferencias en sus patrones de desarrollo, tanto entre ellos (selva vs acahuales) como comparado con los dos grupos de manglar.



LOS MANGLARES Y SU IMPORTANCIA
ESPECIES EN MÉXICO
OBJETIVOS
UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO
PACIFICO NORTE (PN)
MAPA PACÍFICO NORTE
VARIABLES FENOLÓGICAS
CONTRASTES LOCALES
SITIO PILOTO (LOS PETENES)
DIFERENCIAS ENTRE PN Y SITIO PILOTO
IDENTIFICACIÓN DE MANGLE ROJO
CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN
MAPA DEL SITIO PILOTO
FENOLOGÍA
CONCLUSIONES

Variable	Rm dominante	Oe dominante	Selva	Acahual
1. Máximo	0.71	0.66	0.75	0.75
2. Mínimo	0.63	0.58	0.71	0.67
3. Inicio de estación	06-Oct	31-Agt	31-Jul	24-Jun
4. Valor al inicio	0.67	0.62	0.73	0.71
5. Final de estación	18-Abr	12-Abr	04-Ene	28-Feb
6. Valor al final	0.67	0.62	0.73	0.71
7. Duración	189.6	224.88	185.46	245.34
8. Amplitud	0.075	0.083	0.041	0.079
9. Tiempo del máximo	18-Ene	24-Dic	05-Oct	05-Oct
10. Derivada izquierda	0.035	0.041	0.026	0.035
11. Derivada derecha	0.037	0.037	0.019	0.037
12. Integral extendida	3.39	3.79	3.66	5.00
13. Integral corta	0.24	0.31	0.13	0.31

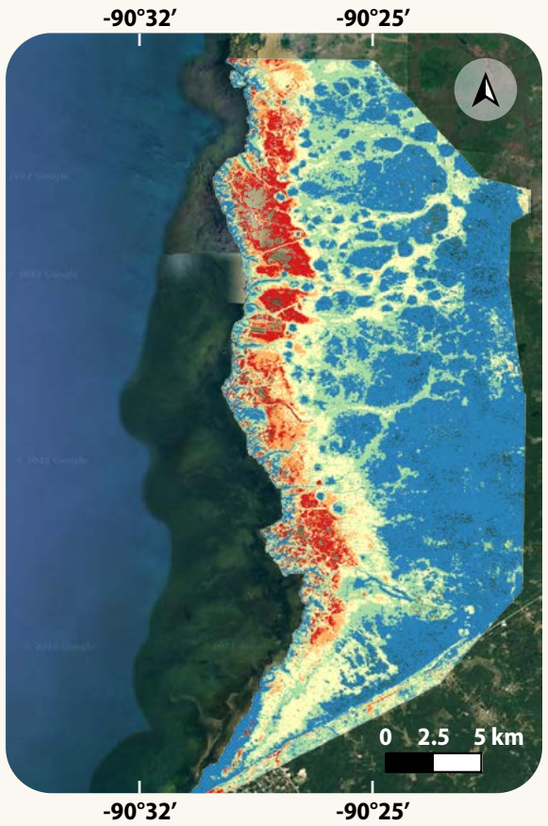


1. Máximo

NDVI

- <= 0.531
- 0.531 - 0.665
- 0.665 - 0.750
- 0.750 - 0.788
- > 0.788

Google Satellite



2. Mínimo

NDVI

- <= 0.1626
- 0.1626 - 0.3252
- 0.3252 - 0.4878
- 0.4878 - 0.6504
- > 0.6504

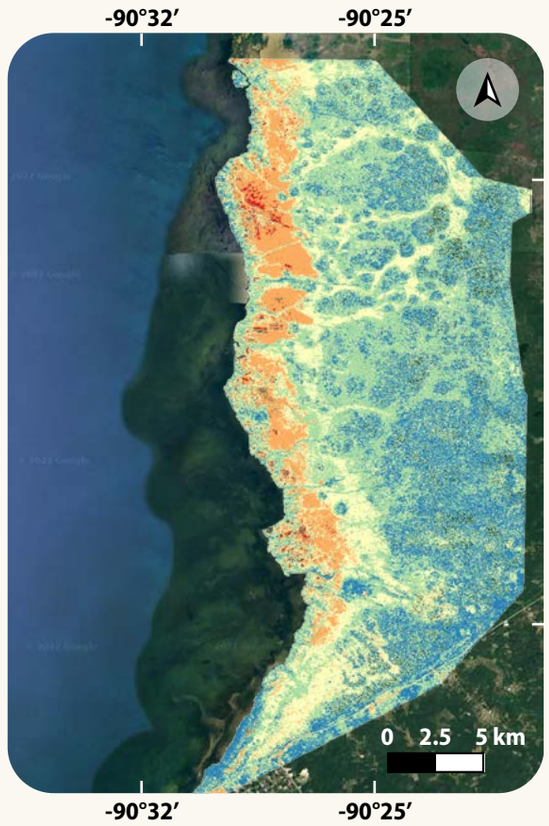
Google Satellite

3. Inicio de la estación

Fecha

- Julio
- Noviembre
- Febrero
- Junio

Google Satellite

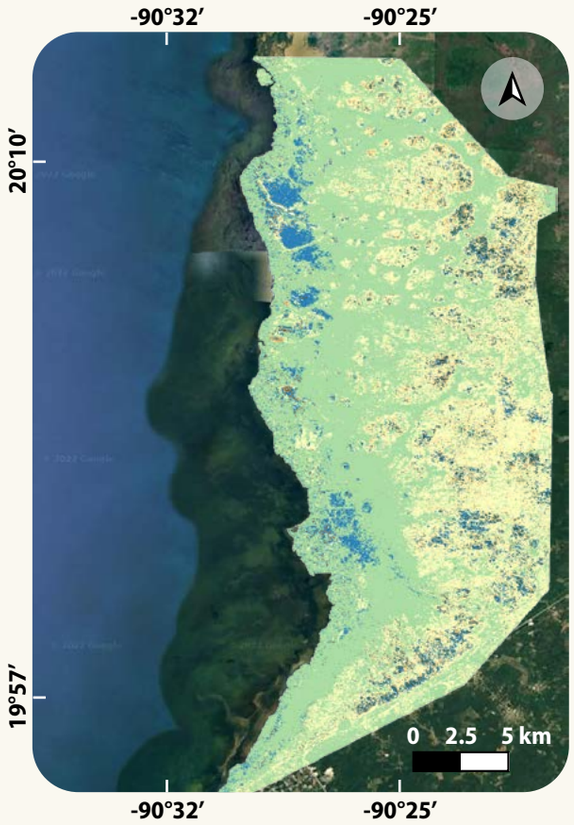


4. Valor al inicio de la estación

NDVI

- <= 0.3614
- 0.3614 - 1.7228
- 1.7228 - 3.0842
- 3.0842 - 4.4455
- > 4.4455

Google Satellite



5. Final de la estación

Fecha
Octubre
Febrero
Julio
Septiembre

Google Satellite

6. Valor al final de la estación

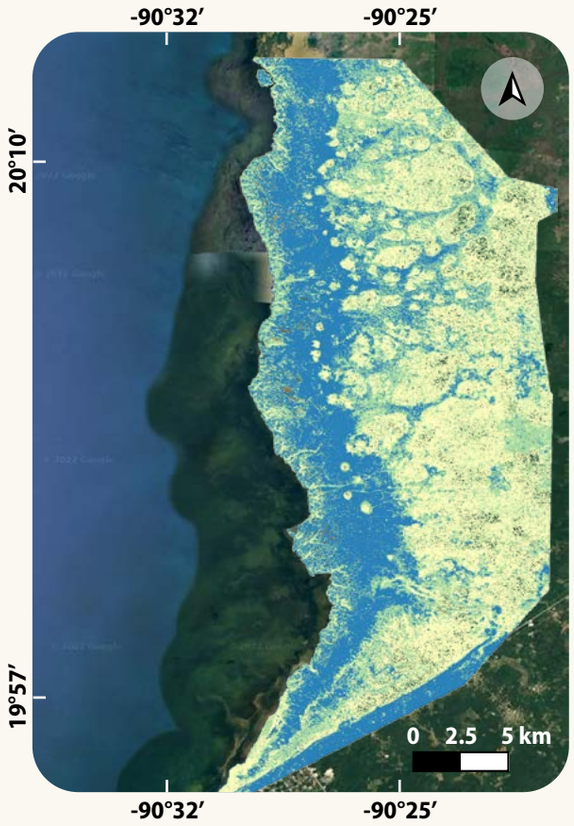
NDVI
0 - 0.5796
0.5796 - 0.7406
> 0.7406

Google Satellite

7. Duración de la estación

Días
120
222
300

Google Satellite



8. Amplitud

NDVI

0 - 0.0492

0.0492 - 0.1066

> 0.1066

Google Satellite

9. Mitad de la estación

Fecha

Abril

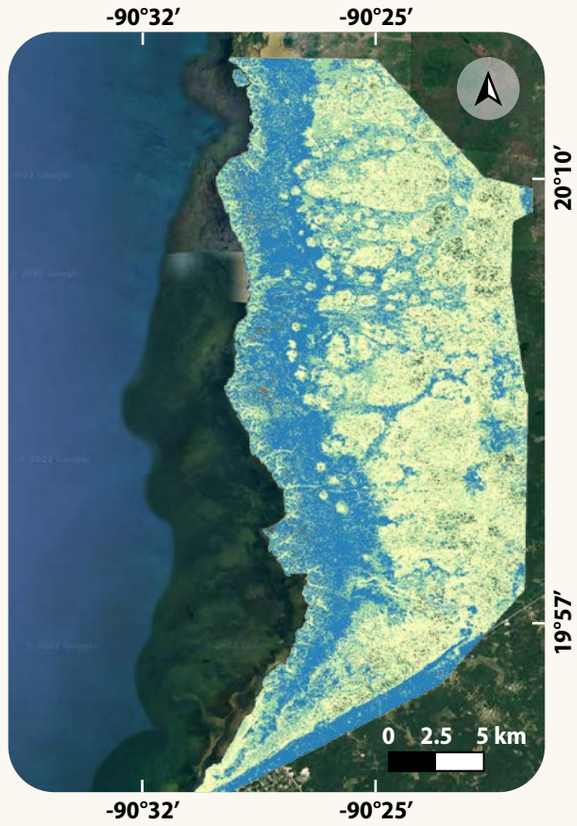
Julio

Noviembre

Febrero

Marzo

Google Satellite



10. Derivada izquierda

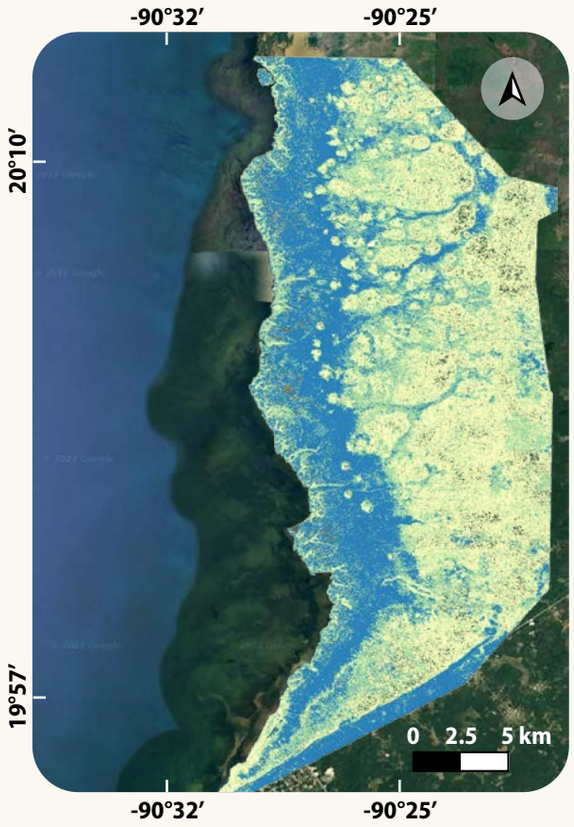
NDVI / bimestre

-0.0000 - 0.0299

0.0299 - 0.0574

> 0.0574

Google Satellite



11. Derivada izquierda

NDVI / bimestre

- 0.0000 - 0.0227
- 0.0227 - 0.0522
- > 0.0522

Google Satellite

12. Integral extendida

NDVI acumulado

- <= 0.3614
- 0.3614 - 1.7228
- 1.7228 - 3.0842
- 3.0842 - 4.4455
- > 4.4455

Google Satellite

13. Integral corta

NDVI acumulado

- 0.0000 - 0.1613
- 0.1613 - 0.3565
- > 0.3565

Google Satellite

LOS MANGLARES Y SU IMPORTANCIA
ESPECIES EN MÉXICO
OBJETIVOS
UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO
PACIFICO NORTE (PN)
MAPA PACÍFICO NORTE
VARIABLES FENOLÓGICAS
CONTRASTES LOCALES
SITIO PILOTO (LOS PETENES)
DIFERENCIAS ENTRE PN Y SITIO PILOTO
IDENTIFICACIÓN DE MANGLE ROJO
CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN
MAPA DEL SITIO PILOTO
FENOLOGÍA
CONCLUSIONES

Conclusiones

El método empleado permitió identificar y cartografiar la distribución de la especie *Rhizophora mangle* en la región Pacífico Norte y en el área piloto en la Península de Yucatán, mediante el análisis de series de tiempo y anomalías acumuladas con datos de libre acceso de sensores remotos.

Al mismo tiempo, se generó información sobre los cambios estacionales de esta especie y otros manglares (fenología).

El mangle rojo crece en forma dominante en el 23 % de la superficie de manglar en la región Pacífico Norte. Los resultados muestran la existencia de cierto gradiente latitudinal en su distribución, que se ve influenciado por condiciones locales. El mangle rojo tiene mayor presencia en el sur de la región, donde las condiciones ambientales permiten un mayor desarrollo de este ecosistema.

LOS MANGLARES Y SU IMPORTANCIA
ESPECIES EN MÉXICO
OBJETIVOS
UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO
PACIFICO NORTE (PN)
MAPA PACÍFICO NORTE
VARIABLES FENOLÓGICAS
CONTRASTES LOCALES
SITIO PILOTO (LOS PETENES)
DIFERENCIAS ENTRE PN Y SITIO PILOTO
IDENTIFICACIÓN DE MANGLE ROJO
CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN
MAPA DEL SITIO PILOTO
FENOLOGÍA
CONCLUSIONES

En la región Pacífico Norte se obtuvieron buenos resultados (92% de exactitud global) en la identificación de mangle rojo con el método propuesto. Lo mismo ocurrió, aplicando el mismo método, en el sitio piloto de Los Petenes, Península de Yucatán (85% de exactitud global).

En el marco del SMMM es fundamental realizar este mismo análisis para el quinquenio 2020 – 2025, así como seleccionar áreas prioritarias para dar seguimiento a las características de la fenología que nos ayuden a identificar anomalías y cambios en estos ecosistemas, de esta manera identificar con antelación posibles afectaciones.

La colaboración con otras instituciones y organizaciones es clave para el monitoreo y para generar más conocimiento sobre estos ecosistemas, que ayuden en la toma de decisiones en los tres niveles de gobierno.

CONABIO FMCN

D.R © 2022. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)
Liga Periférico-Insurgentes Sur 4903, Parques del Pedregal
Delegación Tlalpan, Ciudad de México, 14010
www.gob.mx / conabio www.biodiversidad.gob.mx

DR © 2022. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A. C. (FMCN)
Francisco Sosa No. 102, Col. Santa Catarina,
Delegación Coyoacán, Ciudad de México, 04010
https://fmcn.org/es

Coordinador responsable: Luis Humberto Valderrama Landeros
Coordinador de producción editorial: Bernardo Terroba Arechavala
Diseño y diagramación: Rafael Ríos Rodríguez
Diseño de mapas: Luis Humberto Valderrama Landeros
Ilustraciones de manglares: Aldo Domínguez de la Torre

Forma sugerida de citar: Valderrama Landeros L. H., E. Villeda Chávez, J. A. Alcántara Maya, S. Velázquez Salazar, C. H. Troche Souza, B. Vázquez Balderas, M. I. Cruz López, M.T. Rodríguez Zúñiga, R. Ressl. *Distribución de la especie Rhizophora mangle (mangle rojo) en la región Pacífico Norte y un sitio piloto en la península de Yucatán en el marco del Sistema de Monitoreo de los Manglares de México.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad – Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A. C. Ciudad de México. 106 pp.