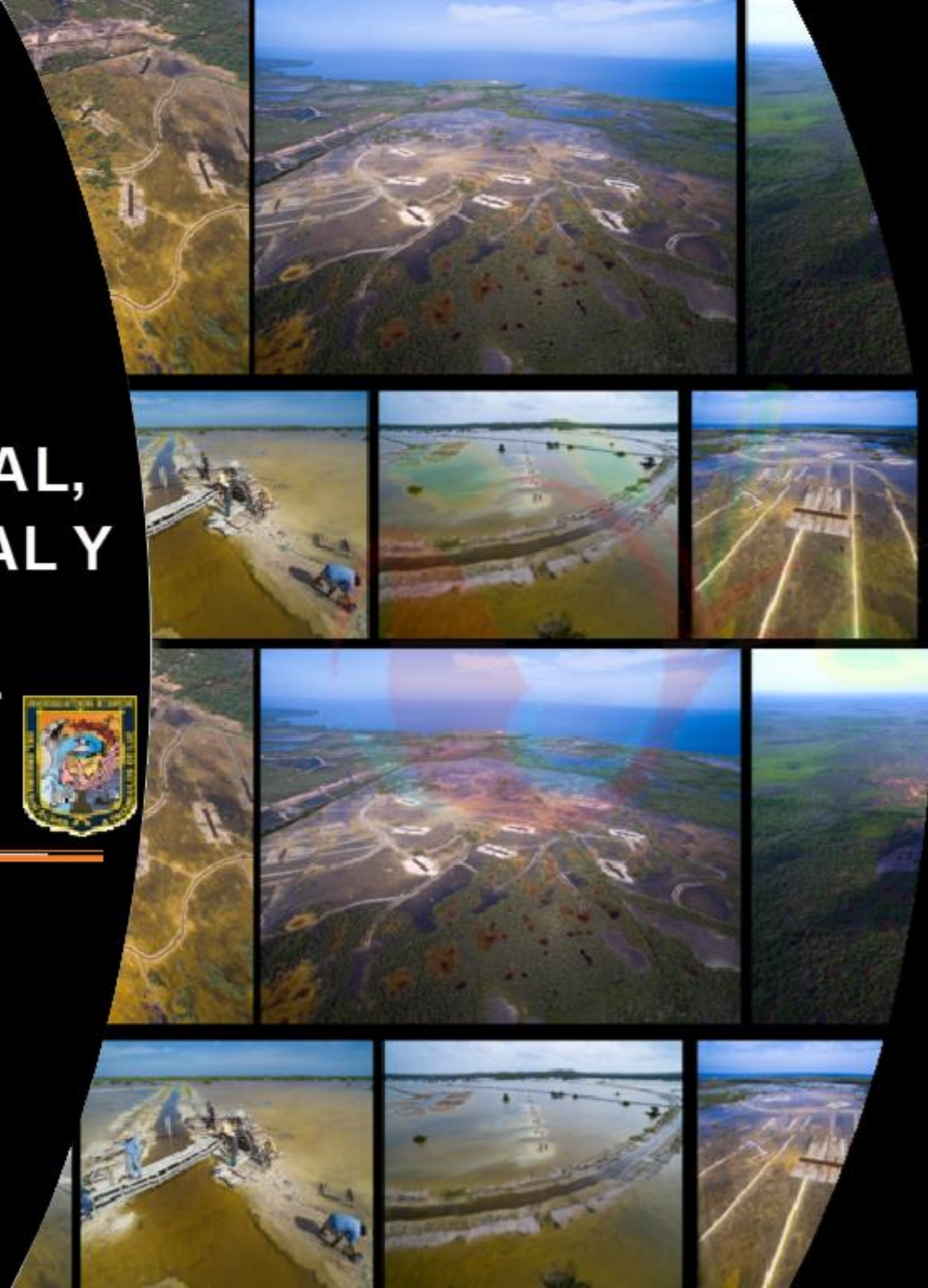


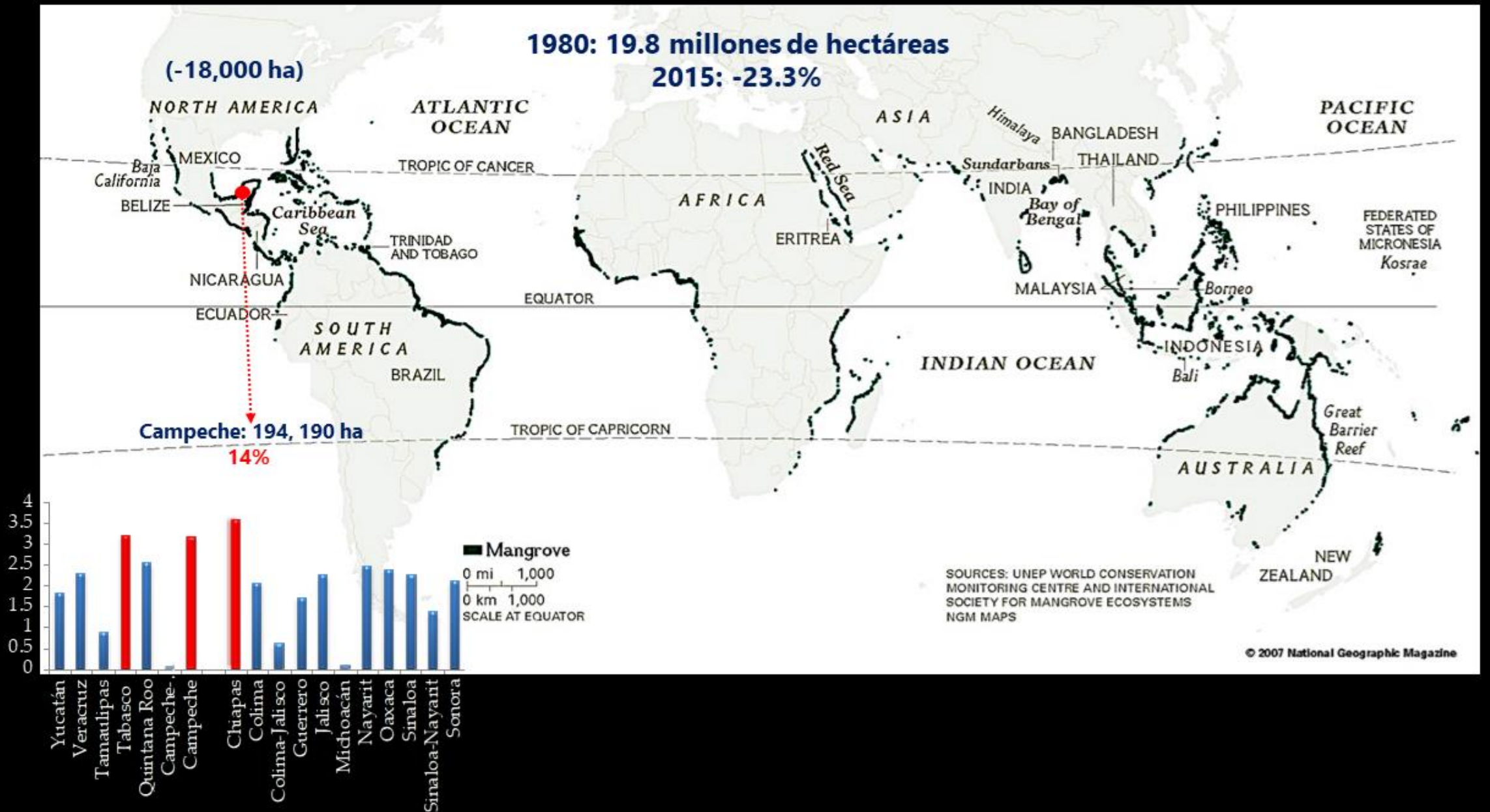


# RESTAURACIÓN ECOLÓGICA INTEGRAL, CON ENFOQUE SOCIAL Y VALIDACIÓN DEL CAMBIO AMBIENTAL

*[dmagraz@iacam.mx](mailto:dmagraz@iacam.mx)*



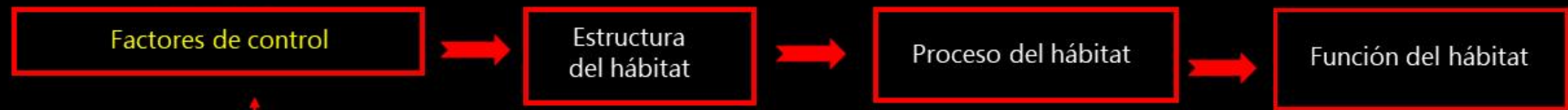
# COBERTURA DE MANGLE EN MÉXICO: 4<sup>to</sup> PAÍS



# MODELO DEL HÁBITAT CONCEPTUAL "MANGLARES"

(\* salinidad, hidropериодо, nutrientes, potencial redox, pH, microtopografía, tasa de sedimentación)

[www.gomrc.org](http://www.gomrc.org)



Estrés

(biodiversidad, estructura, composición de las especies)

(Productividad primaria y secundaria)

Servicios ecosistémicos

(pesquerías, biofiltro, regulación de la erosión, secuestro de carbono)

- Impacto ambiental: construcción de la infraestructura en la costa, etc.
- Especies invasoras
- Acuicultura, agricultura, actividades para la extracción de sal
- Eventos climáticos: huracanes, variación climática

## Estrategias de mitigación

Restauración: rehabilitación hidrológica  
Reforestación y forestación

\* Agua intersticial

# ÉTICA RESTAURADOR ¿Por qué? ¿Dónde?, ¿Cómo?, ¿Cuánto?, ¿Habrá continuidad?



¿Se mantendrán las condiciones y la vegetación?

\$



*"Formación de recursos humanos"*

¿Genera oportunidades?, ¿Para quién?  
Apropiación del proyecto *"Mas si no"*  
Complementos económicos



Las técnicas de restauración: sustentabilidad a largo plazo en la rehabilitación hidrológica y permanencia de la cobertura vegetal,

Recuperación—fisonomía--servicios ecosistémicos

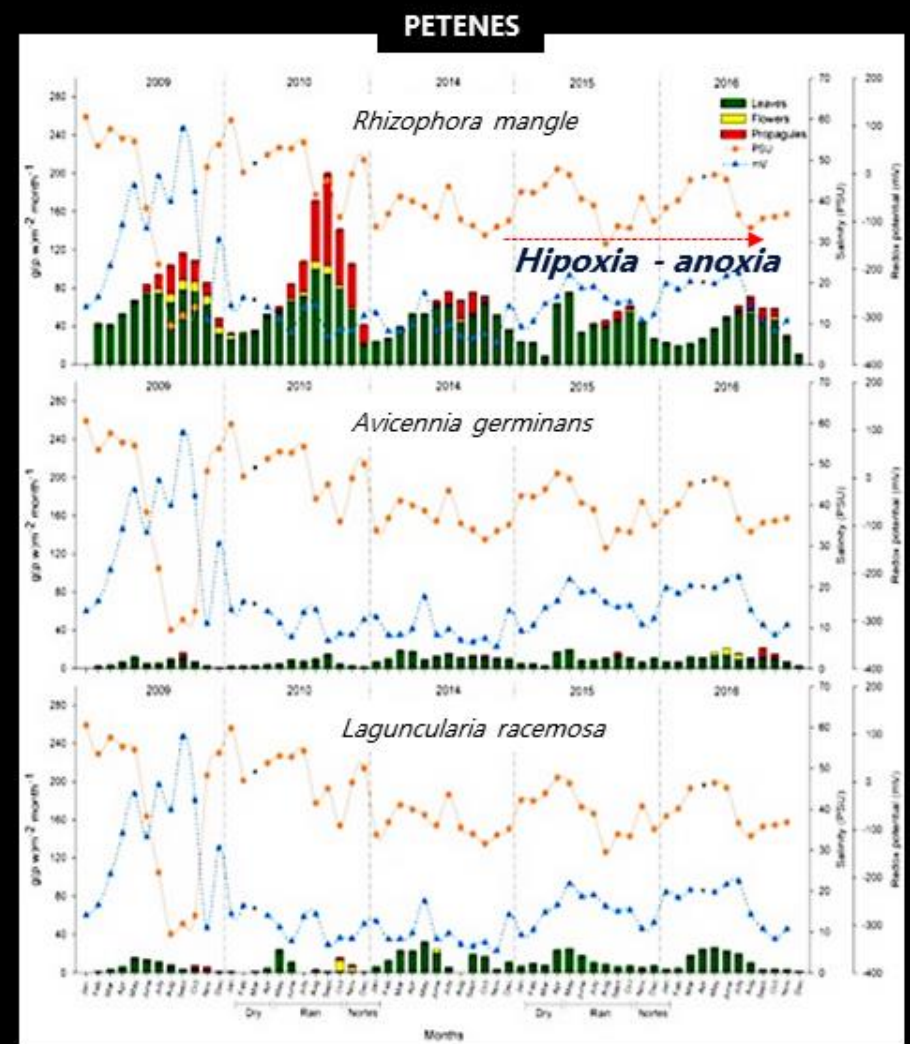
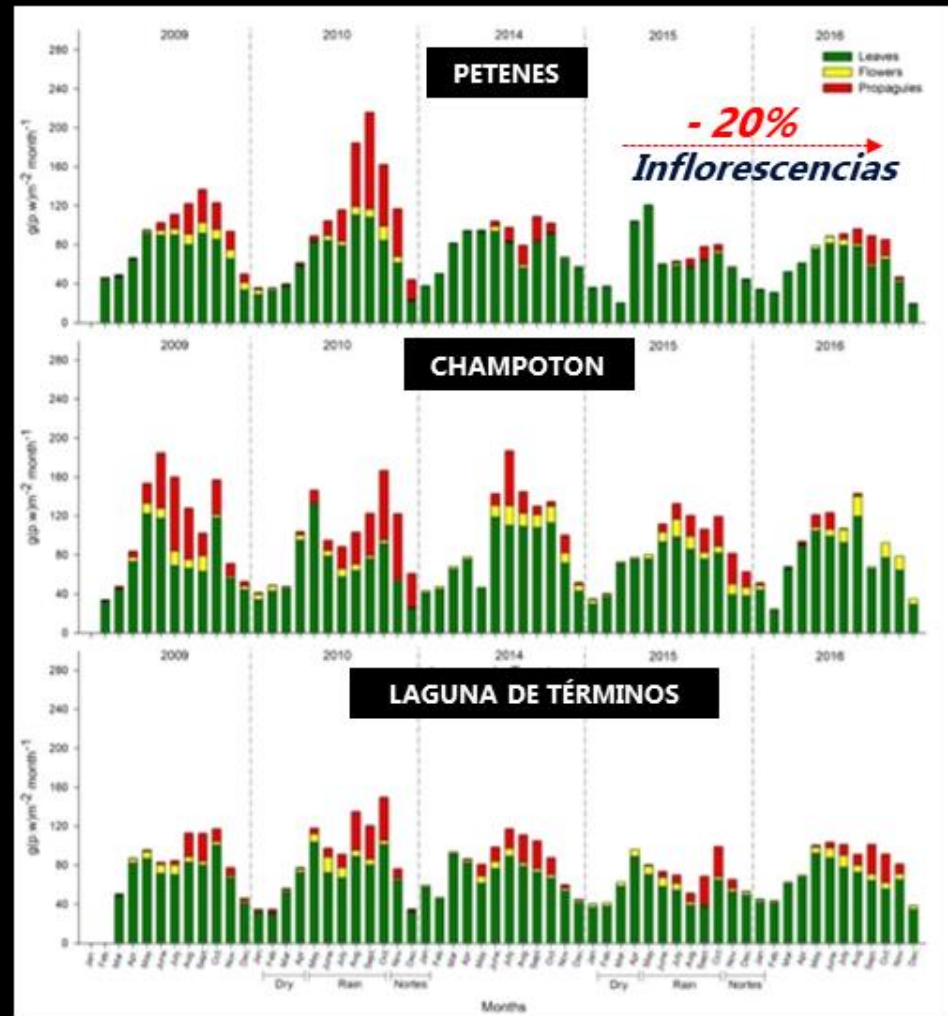
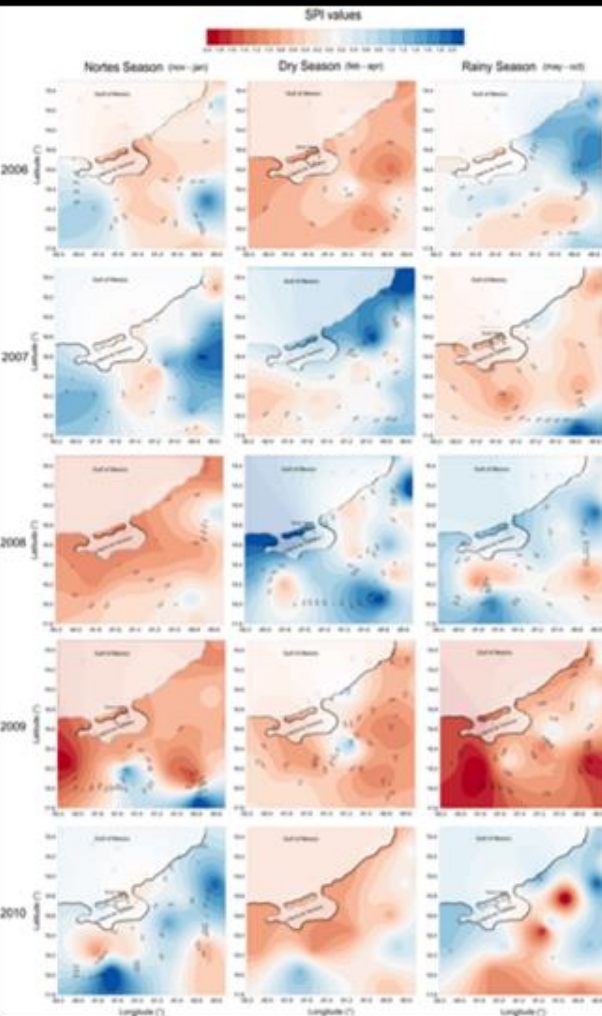
**PROGRAMA DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN MÉXICO:  
METODOLOGÍAS Y PERSPECTIVAS**





# CARACTERIZACIÓN\_ DIAGNÓSTICO\_ MONITOREO

## Fenotipos y resiliencia



# PERFILES DE VEGETACIÓN (UAM-LARGO PLAZO)

[humedalescosterosepomex.com](http://humedalescosterosepomex.com)

Estructura forestal

Cuadrantes por punto central

Cuadrantes de 10 x 10 m  
(10 X 30 m)

Pneumatoforos y lenticelas : Densidad y altura  
(10%)

Producción de biomasa de raíz  
(anual. #2 x Tipo fisonómico)

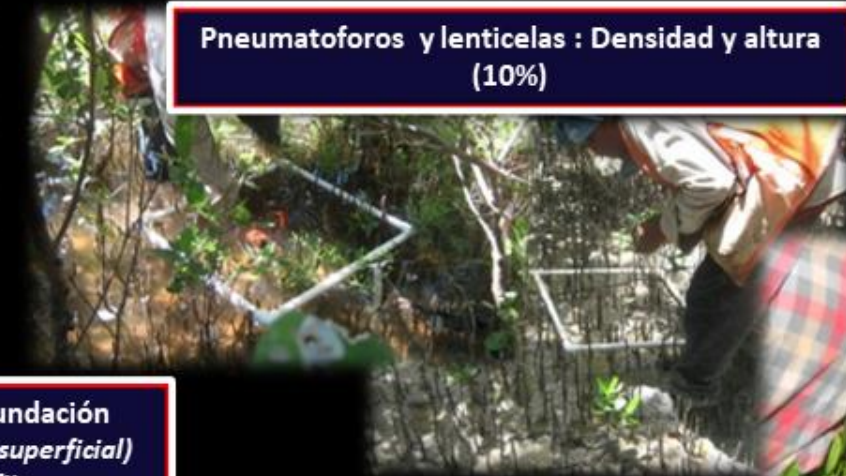
Densidad Maderable

Producción primaria

Nivel de inundación  
(intersticial y superficial)  
Cota fija

Captura de Carbono: Biomasa Vegetal,  
Fotosíntesis, Incremento diametral.  
Hojarasca

Crecimiento dimétrico  
(869 etiquetas)





Sensor de nivel OTT Thalimedes en estiaje (arriba) y lluvias (abajo).



Parámetros químicos del agua intersticial  
 9 x sitio  
 1 parcela (#4)  
 #5 Perfil de Vegetación  
 PARCELAS DE RESTAURACIÓN

- Salinidad (ups)
- Potencial redox
- pH
- Temperatura
- $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{-3}$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$



$\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$

Materia Orgánica, Carbono Orgánico

Potencial Redox y salinidad

Densidad aparente y color (Munsell)

Nitrógeno total (MicroKjedhal)

Fósforo disponible (Bray -1)

Tasa de sedimentación

Microtopografía  
 Corrección al NMM

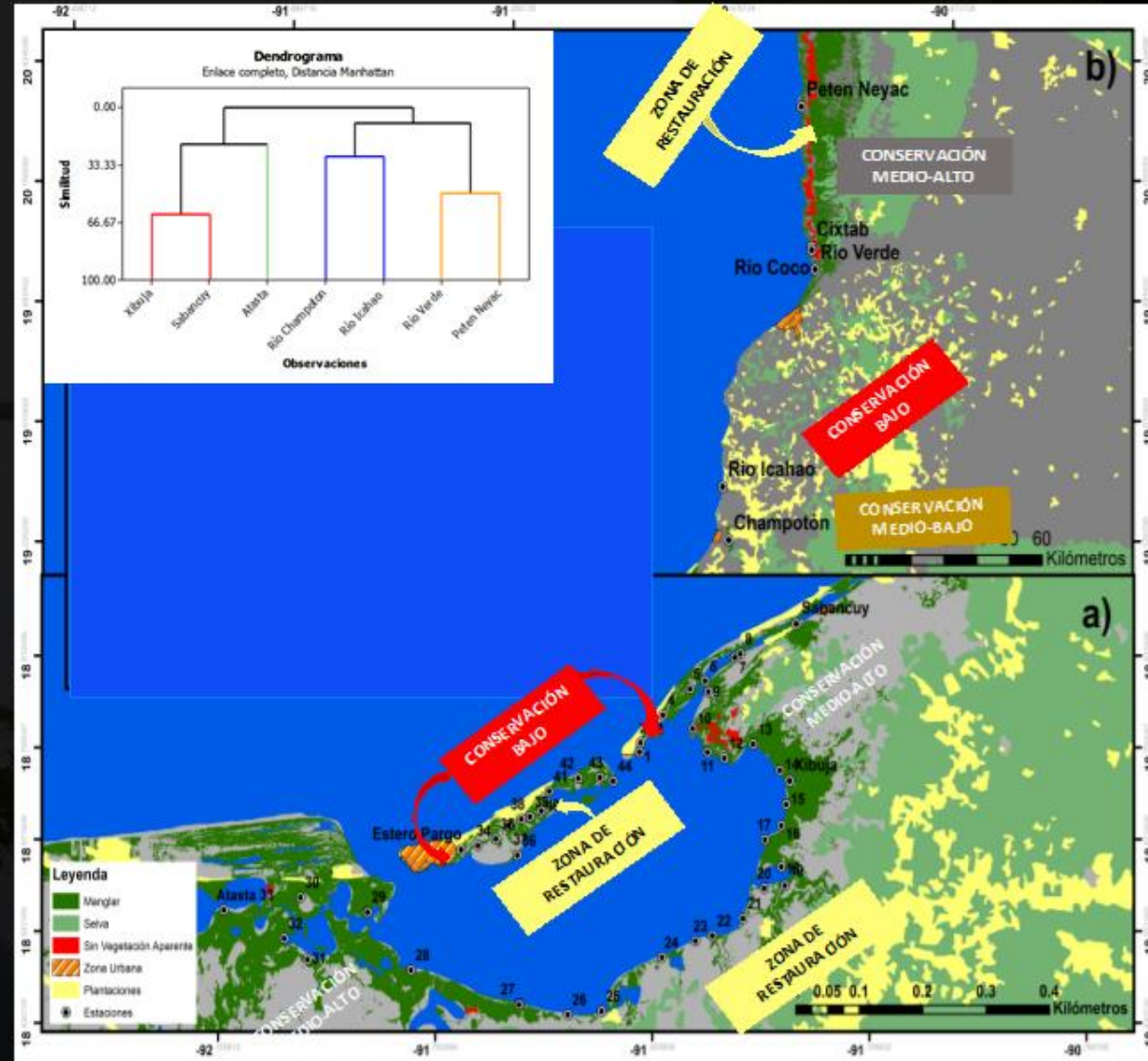


- 0 cm
- 10 cm
- 45 cm
- 60 cm





Unidad Ambiental del Manglar del APFyFLT	Zonación de manejo Programa de Manejo del APFyFLT	Tipo de aprovechamiento establecido en el Programa de Manejo del APFyFLT	Tipo de aprovechamiento identificado	Grado de conservación actual	Política ambiental propuesta
Xibuja	Manejo restringido	Aprovechamiento de flora y fauna silvestre del tipo artesanal o para autoconsumo de habitantes locales.	Uso de agua, extracción de madera y leña	Medio	Protección y restauración
	Manejo restringido	Aprovechamiento de recursos naturales, de tipo productivo y extractivo, tales como actividades agrícolas, pecuarias, petroleras, etc.	Agricultura, acuacultura		Preservación
Pom-Atasta, Atasta	Manejo de baja intensidad	Aprovechamiento de flora y fauna silvestre del tipo artesanal o para autoconsumo de habitantes locales.	Actividades petroleras y relacionadas con el desarrollo de infraestructura, agricultura, ganadería y acuacultura	Alto	Protección y restauración
Sabancuy	Manejo restringido	Aprovechamiento de flora y fauna silvestre del tipo artesanal o para autoconsumo de habitantes locales.	Agricultura y ganadería extensivas, extracción de madera y leña. Así como la construcción de infraestructura urbana y carretera	Bajo	Restauración
Isla del Carmen	Manejo restringido		Extracción de madera y leña. Así como la construcción de infraestructura urbana y carretera	Bajo	Restauración
Río Champotón			Ganadería extensivas, extracción de madera y leña. Así como la construcción de infraestructura urbana y carretera	Medio-Bajo	Mitigación
Río Icahao			Agricultura y ganadería extensivas, extracción de madera y leña. Así como la construcción de infraestructura urbana y carretera	Bajo	Mitigación
Reserva de la Biosfera los Petenes	<i>4 proyectos Conectividad e integridad del paisaje</i>		Agricultura, extracción de madera y leña. Así como la construcción de infraestructura urbana	Medio-Alto	Mitigación/restauración





# DEGRADACIÓN DEL MANGLAR CAMBIOS HIDROLÓGICOS

+ 9,000 ha



[clmagraz@uacam.mx](mailto:clmagraz@uacam.mx)





**RESTAURACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO INTEGRAL**

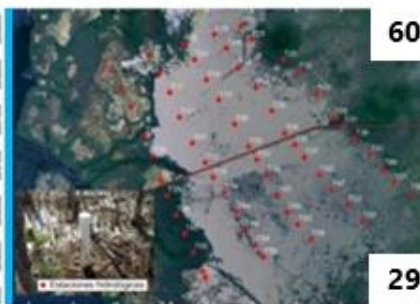
2017



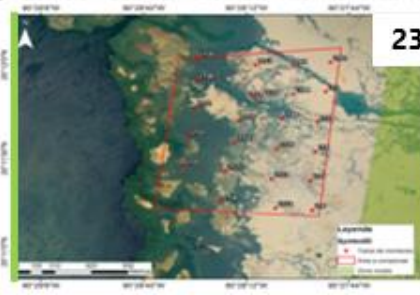
2017



2012



2019



**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL:**  
*antes de la restauración*

Agua intersticial: salinidad, potencial redox, nitritos, nitratos, amonio, fosfatos, sulfatos, temperatura, pH.

● Mensual  
○ Época del año

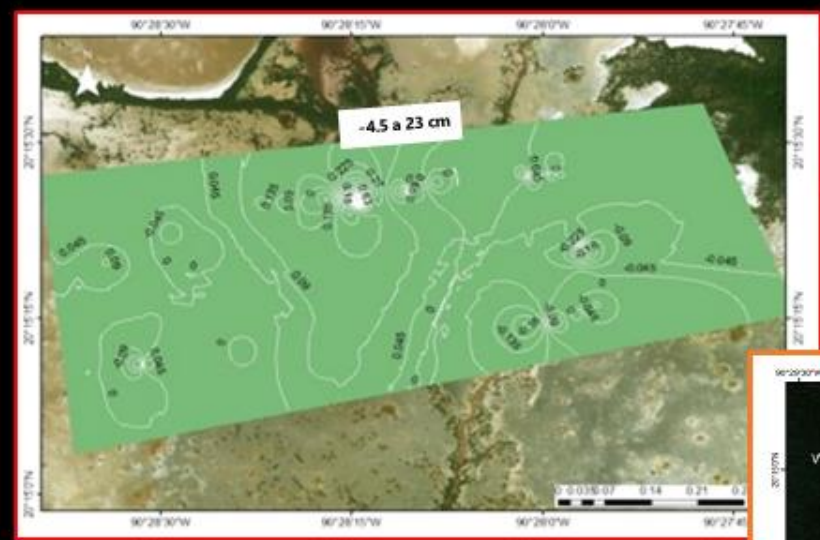
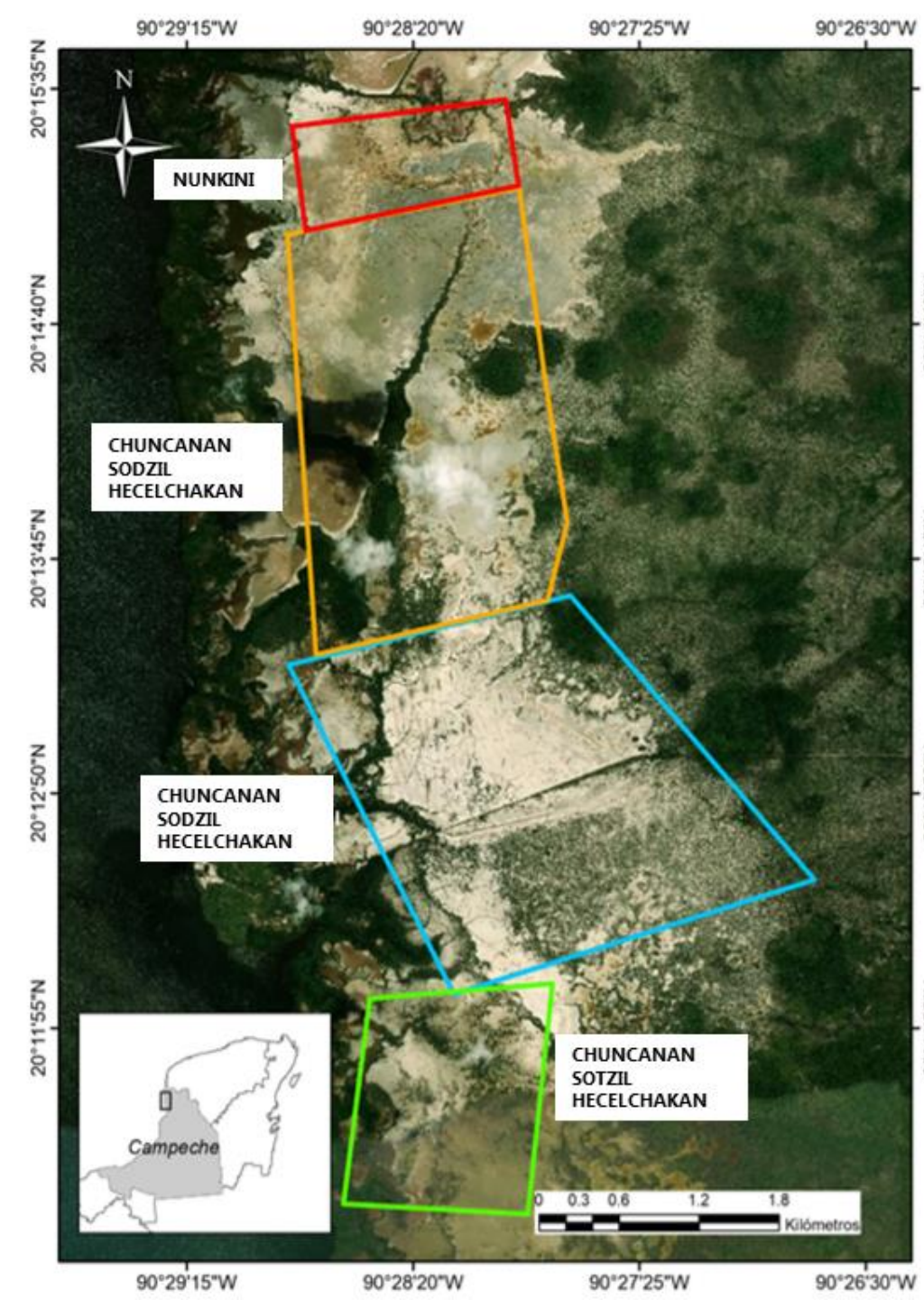
Suelo: textura, pH, potencial redox, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, densidad aparente, carbono. **e.i. 63**

Distribución microtopográfica

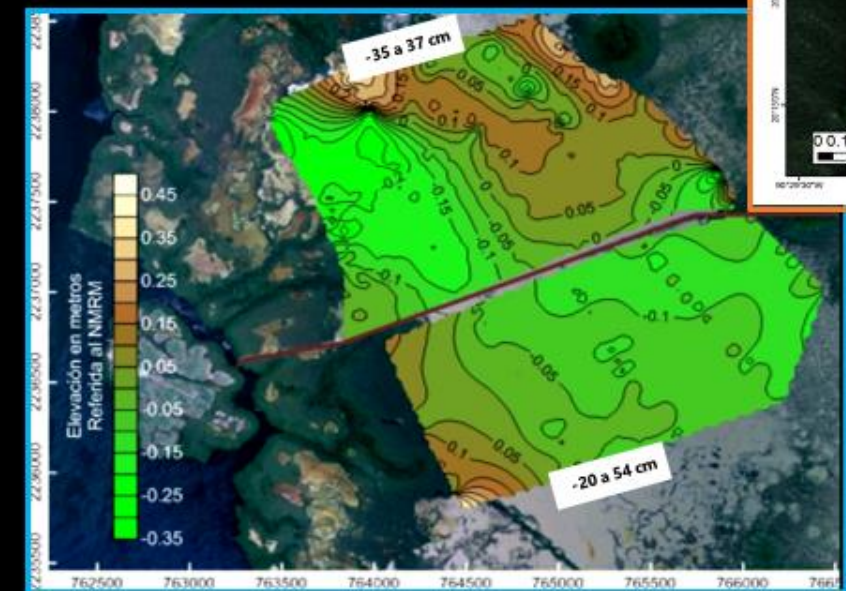
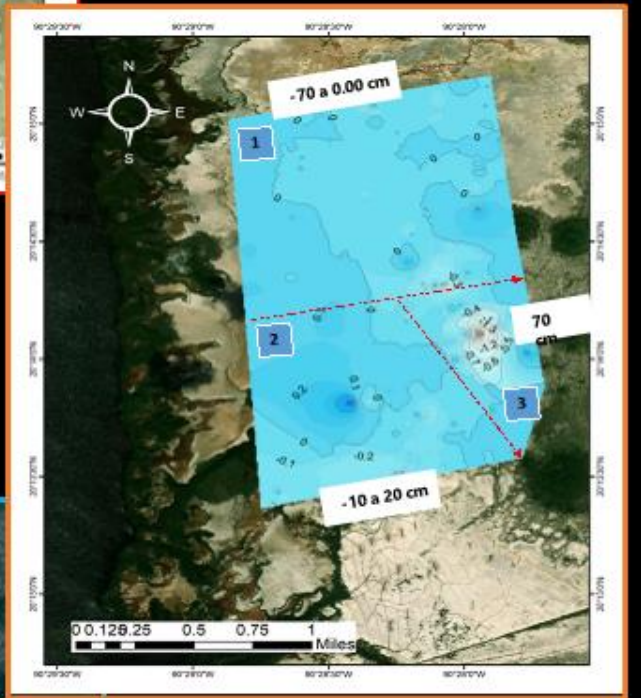
Comportamiento del flujo del agua

Bosques de referencia *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*

○ Diferencia de fisonomía



**DISTRIBUCIÓN MICROTOPOGRÁFICA**  
**Perfil del suelo**





# RESTAURACIÓN ECOLÓGICA INTEGRAL, CON ENFOQUE SOCIAL Y VALIDACIÓN DEL CAMBIO AMBIENTAL



## CONTRATACIÓN Y CAPACITACIÓN

*Complemento laboral- Asignación 54% del recurso a la comunidad*





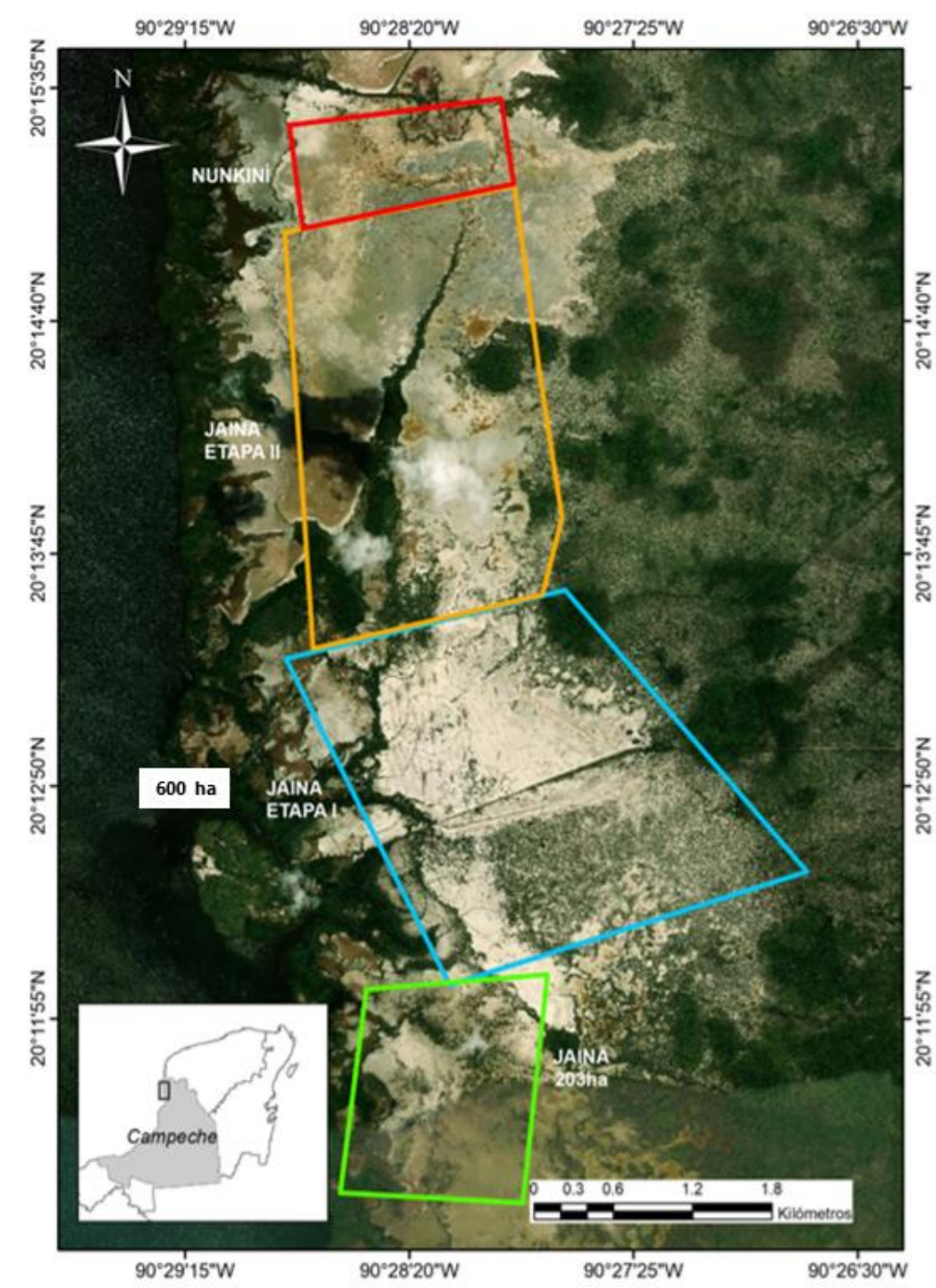
# REHABILITACIÓN HIDROLÓGICA



8 canales principales  
69 canales secundarios  
30 lagunas de sedimentación  
Desazolve de canales naturales



**POLÍGONO 600 HA**



## **CONDICIÓN QUÍMICA DEL SUELO**

### *Diagnóstico-antes de la restauración—Año 2012*

Gleysol sódico- cárstico—*"Sahkab lu'um"*  
 Histosoles y Gleysoles (limo,arena,arcilla)

ANOVA de una vía entre los parámetros químicos del suelo en el área de restauración y los bosques de referencia.

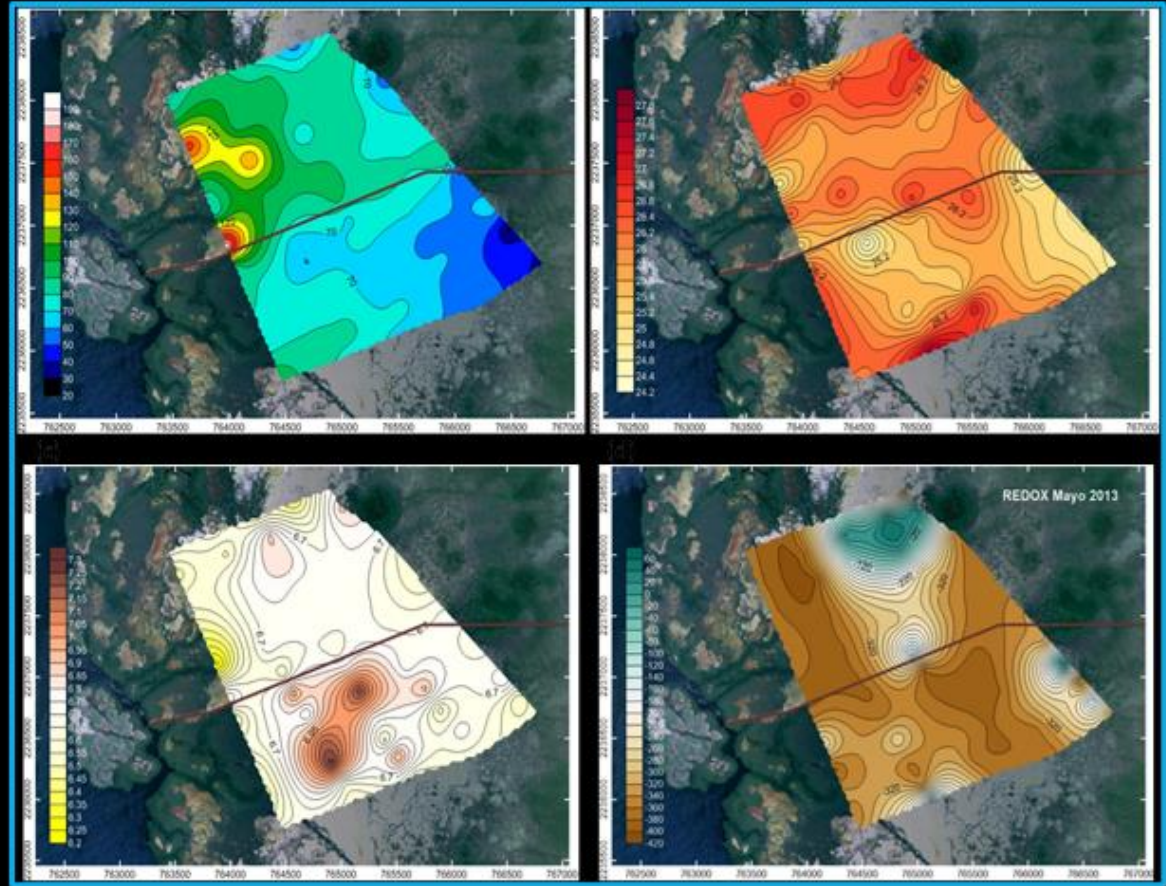
Parámetro de respuesta	Estadístico F	g (Factor, error)	Valor p
pH	3.24	(5,59)	0.02
Redox (mV)	8.71	(5,59)	0.0001
% MO	6.29	(5,59)	0.0001
% NT	7.36	(5,59)	0.0001
% PT	6.70	(5,59)	0.0001

Análisis multifactorial de las condiciones fisicoquímicas del agua intersticial en dos sitios de restauración.

**PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA INTERSTICIAL:**  
*diagnóstico-antes de la restauración*

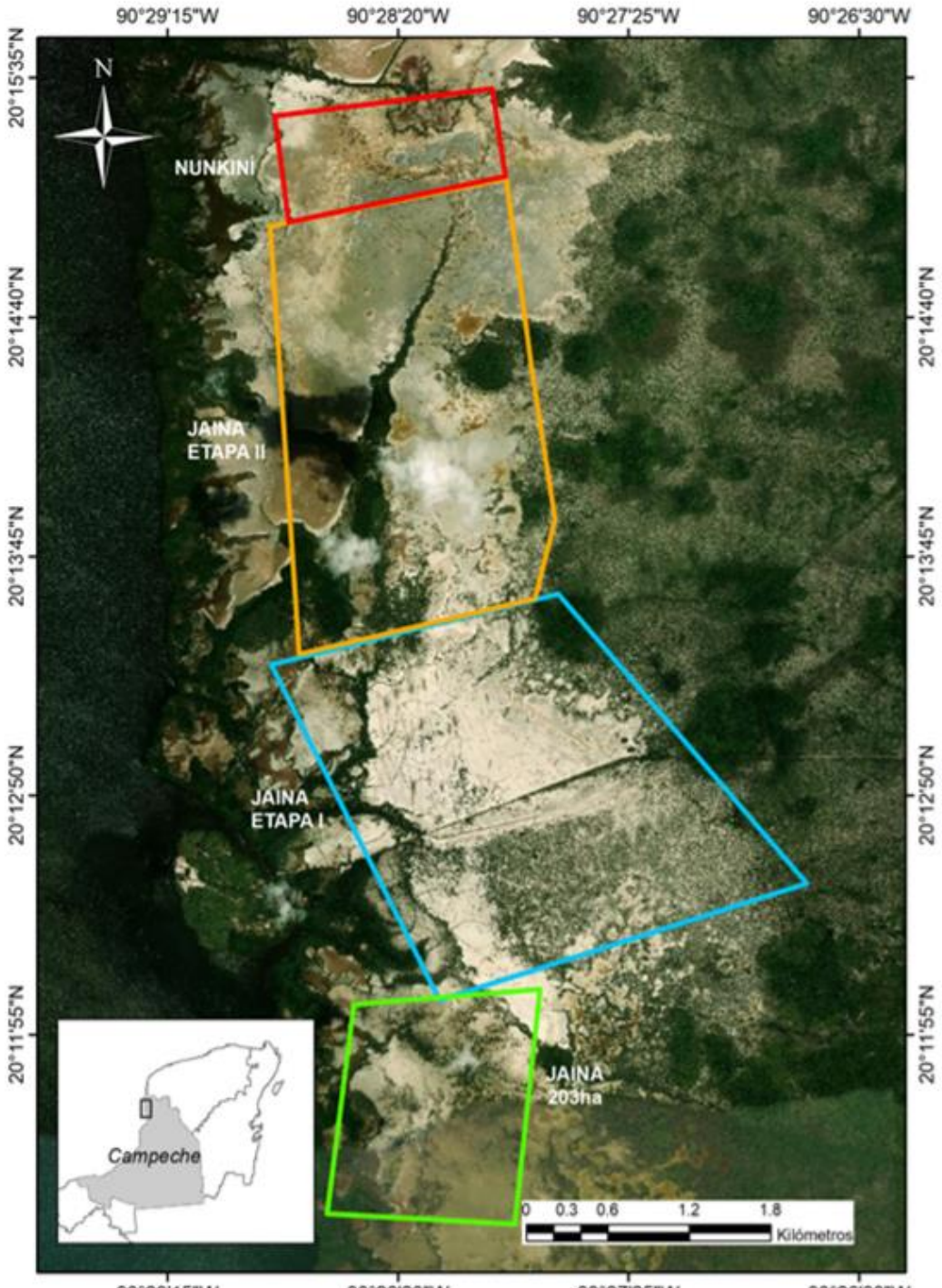
120 ups

28.9 +/- 0.2 °C



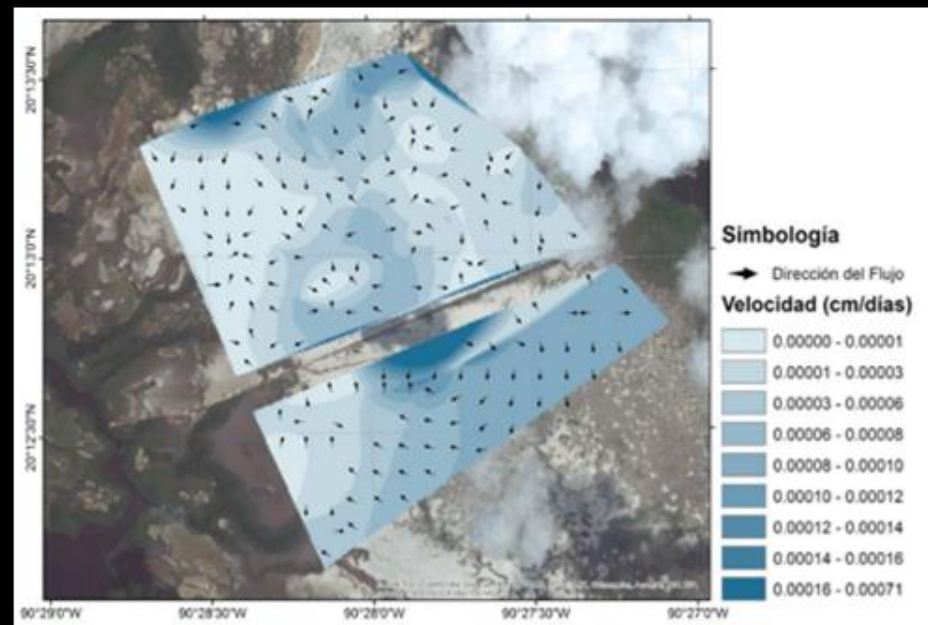
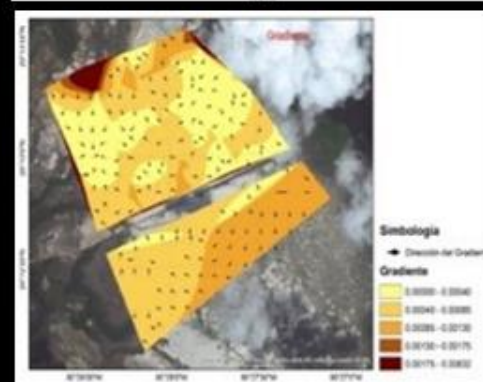
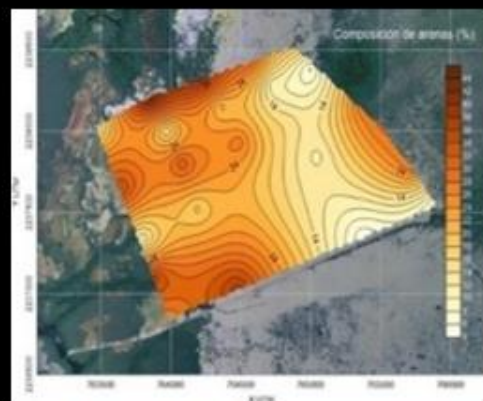
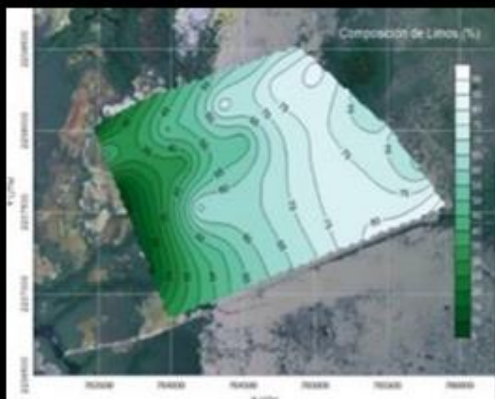
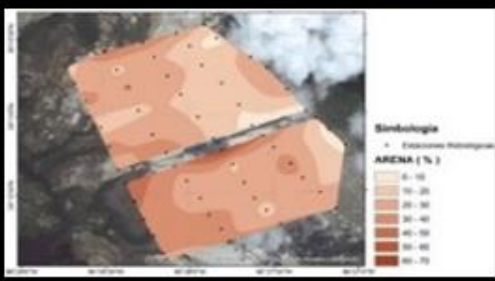
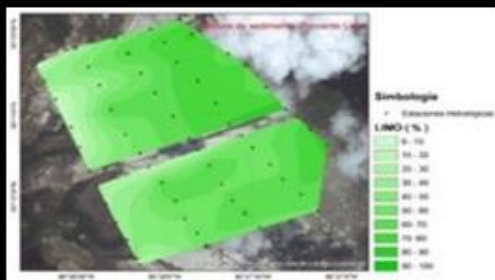
6.0 a 6.7 pH

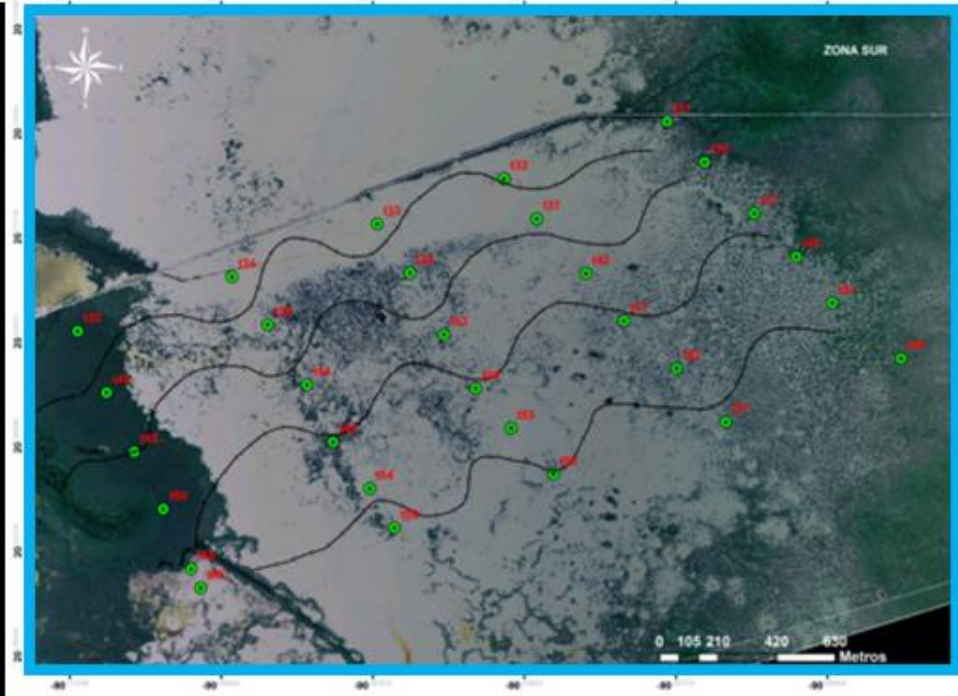
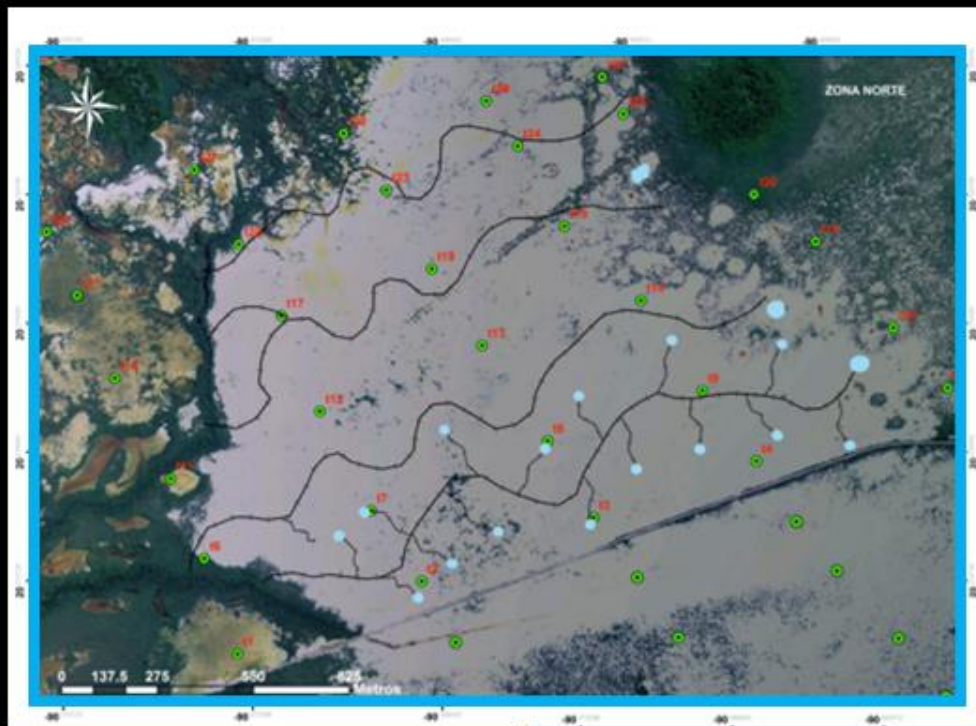
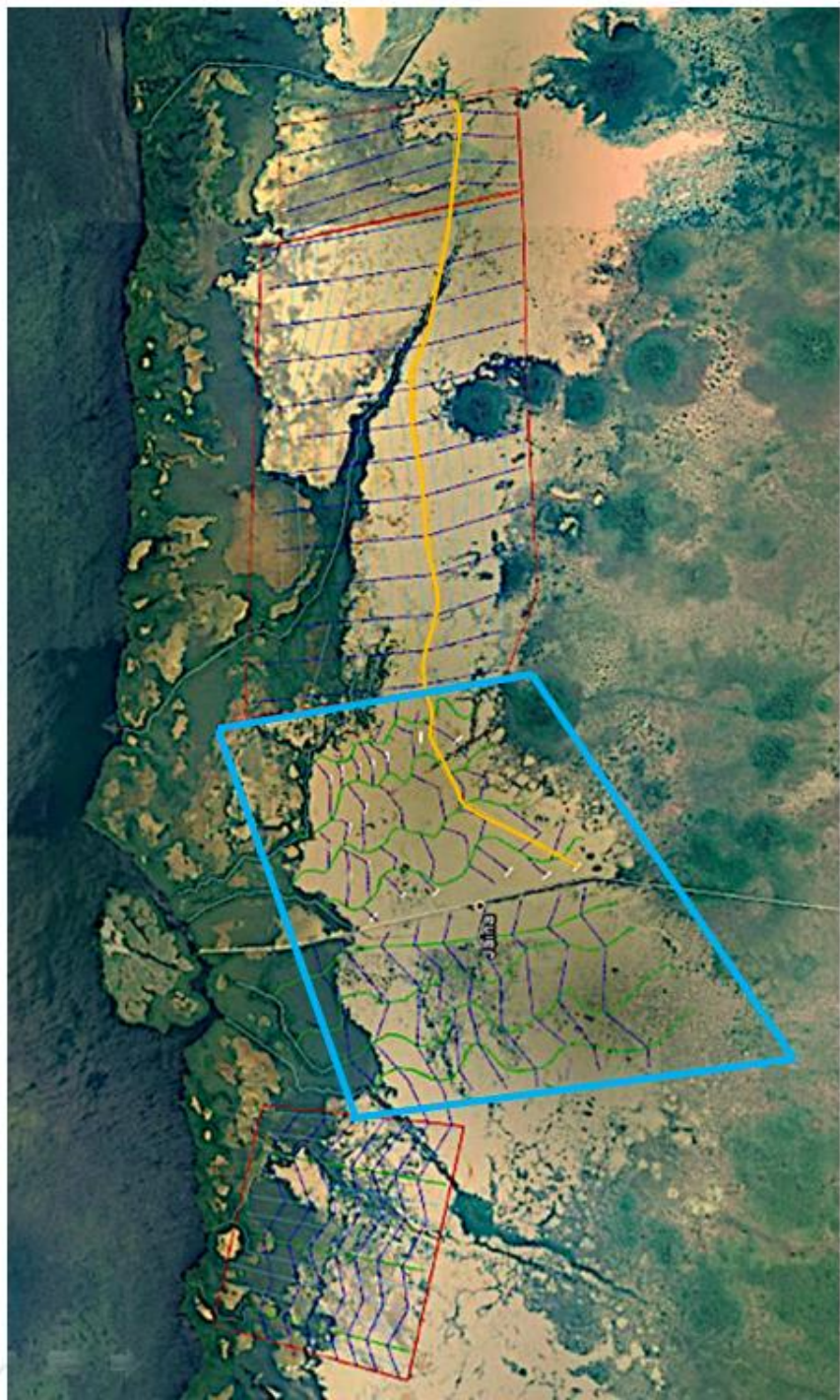
-314.9 +/- 100 mV





# MODELO HIDROLÓGICO: proyecto 600 ha





# REHABILITACIÓN HIDROLÓGICA: 122,300 m<sup>3</sup>



Desazolve de canales naturales  
40,200 m<sup>3</sup>



\$1,500/semana\_Seguro social



Fuente complementaria de  
trabajo



Capacitación técnicos especializados



## LAGUNAS DE SEDIMENTACIÓN: 30



# PLATAFORMAS ARTIFICIALES (81): 49 ha

INSTALACIÓN (< 84,875 m<sup>2</sup>): RELLENO (149,750 m<sup>2</sup>) NIVELACIÓN

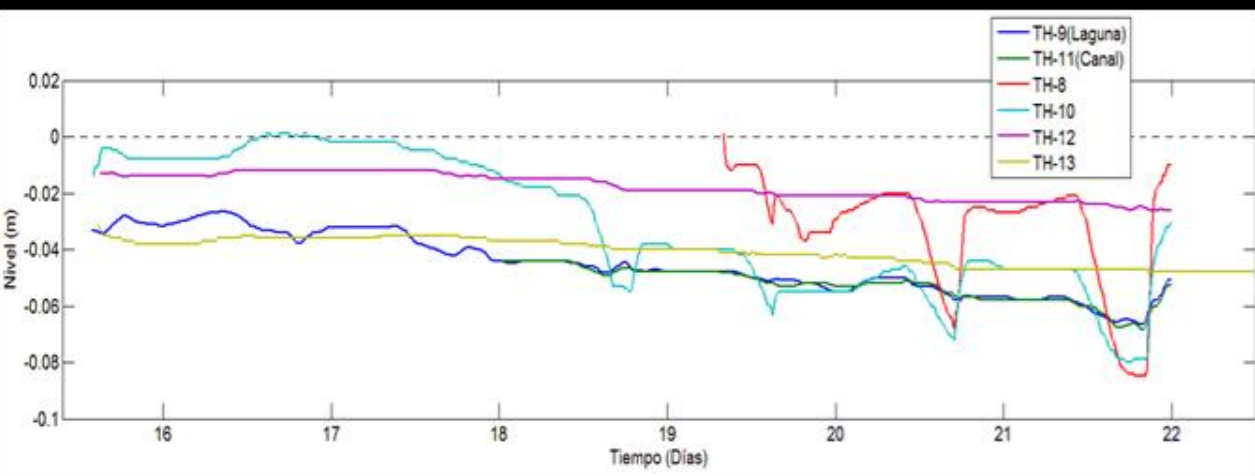
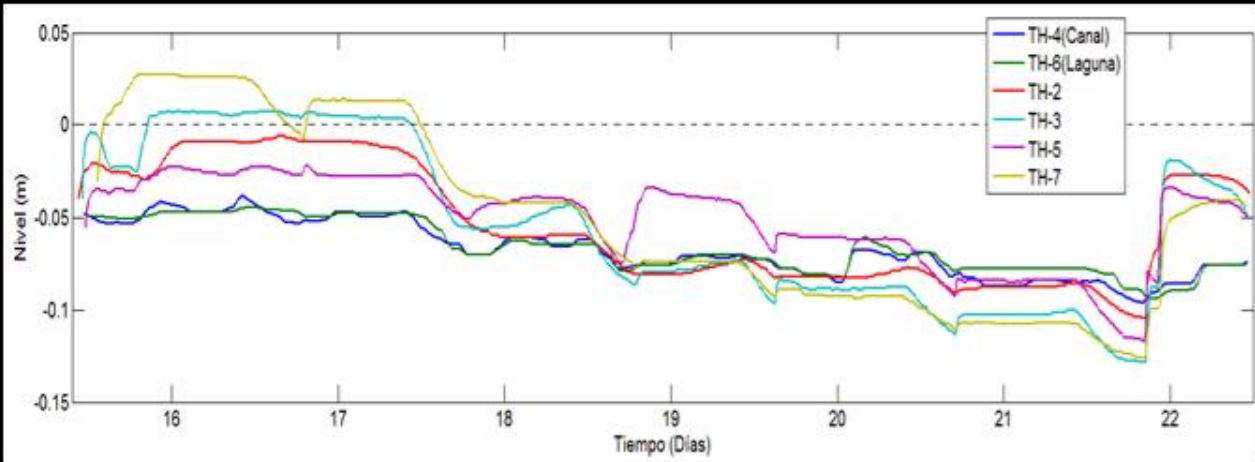


8.5 ha

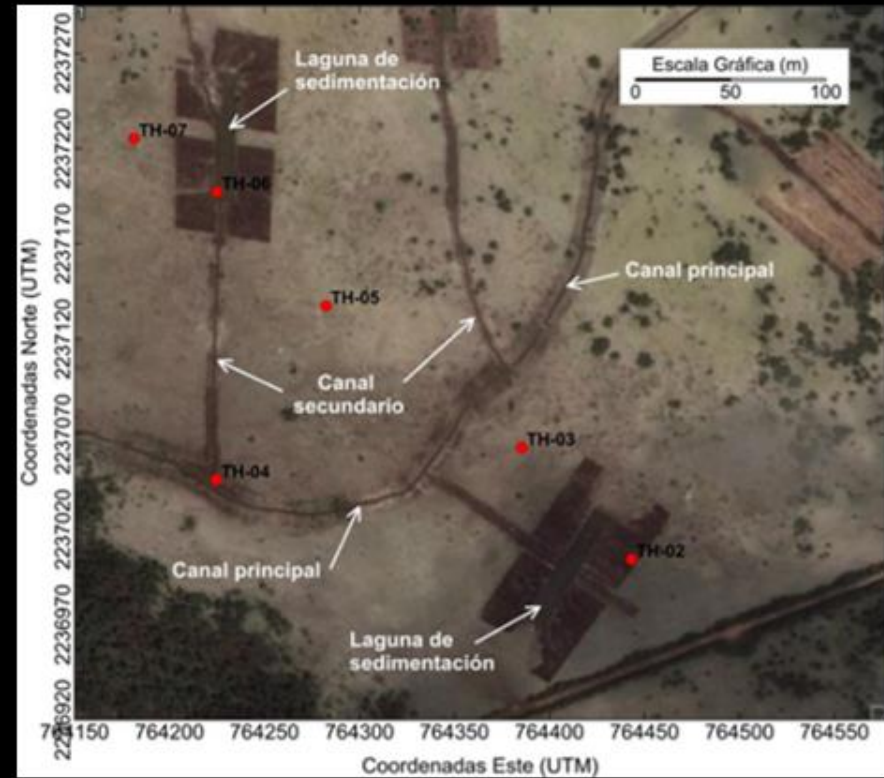
# CREACIÓN DE LÍNEAS TOPOGRÁFICAS INCREMENTO DE COBERTURA



# VARIACIÓN DEL AGUA INTERSTICIAL (2014)



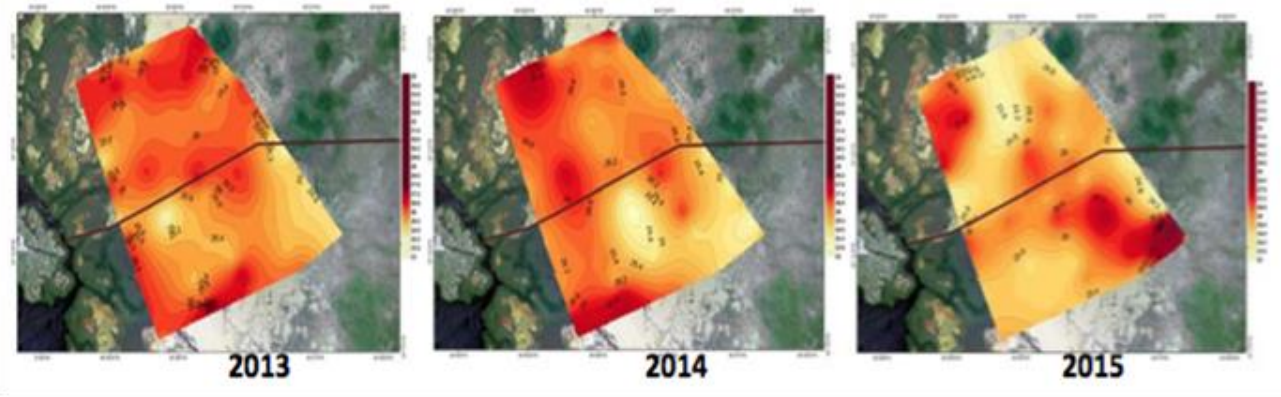
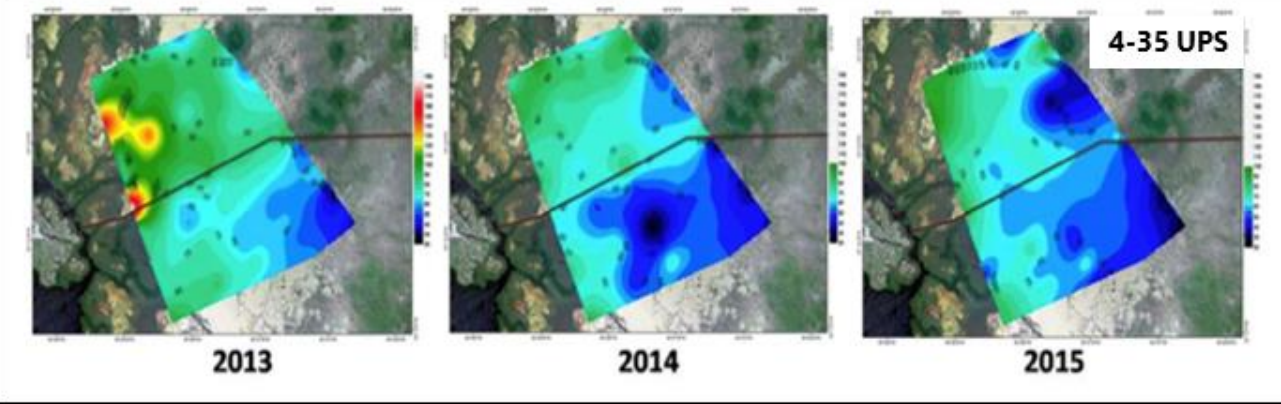
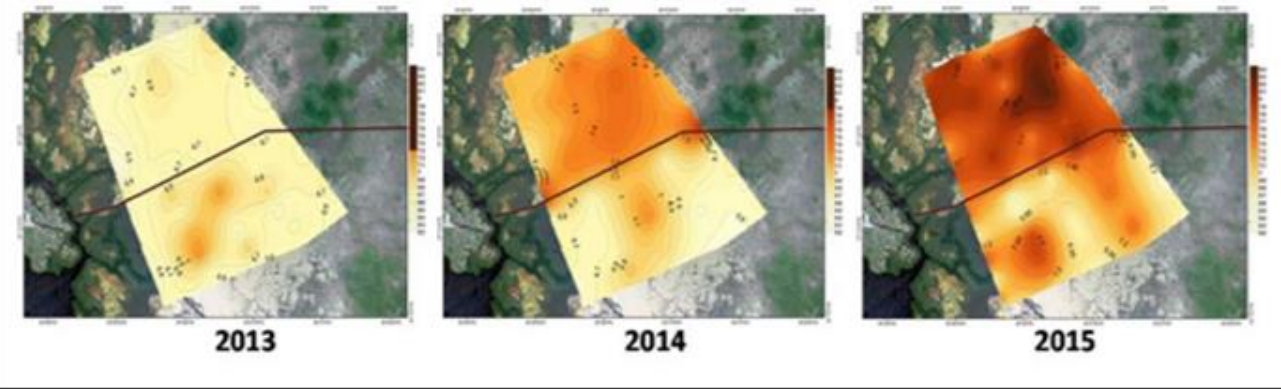
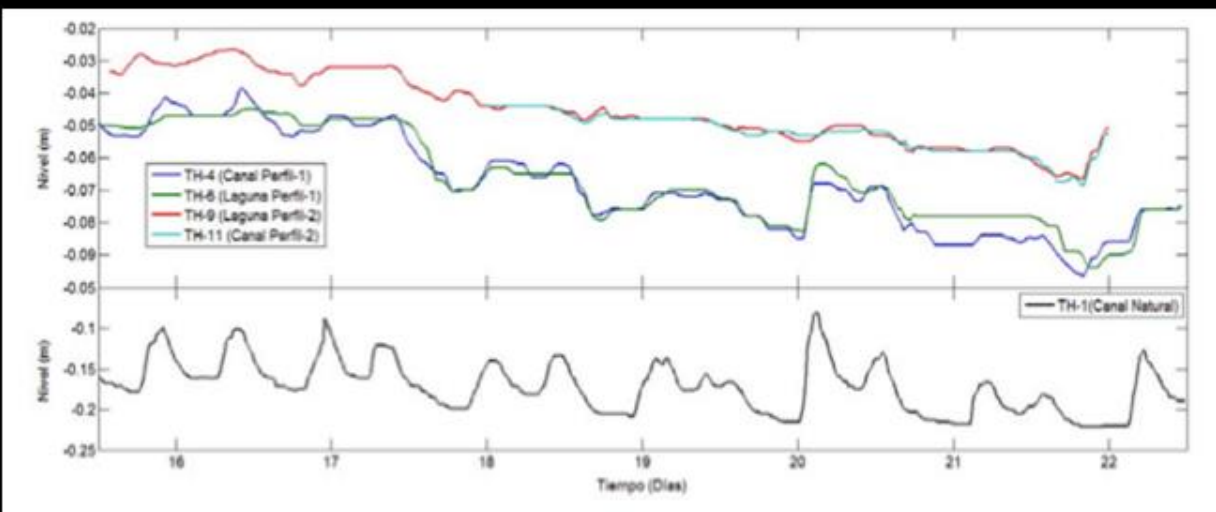
## Niveles de agua intersticial y canales de marea



Perfil 1

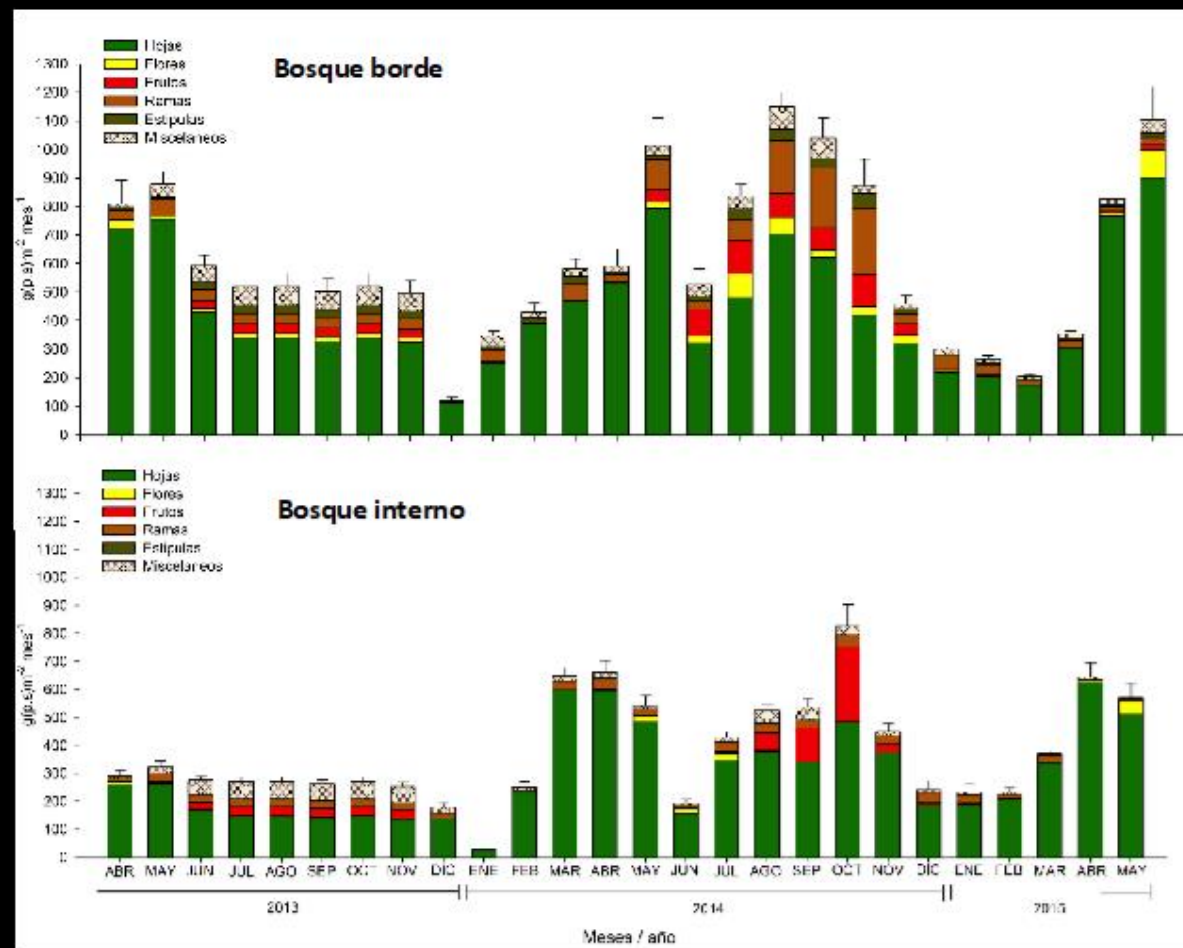


Perfil 2





# PRODUCCIÓN DE HOJARASCA/FENOLOGÍA RESTAURACION INDIRECTA



# FORESTACIÓN, REFORESTACION, Y REGENERACIÓN



Colecta de 120,252 hipocotilos canal\_plataforma



Forestados: a una distancia de 1 x 1 m entre plántulas



Colecta de 653,268 plántulas y propágulos, sobrevivencia\_86%

Parámetro	Área de Restauración		Área de mangle muerto adyacente al área de restauración	
Salinidad (ups)	63	9	76	23
pH	6.9	0.1	6.7	0.1
Temp oC	29.1	0.5	30.6	0.3
Potencial redox (mV)	-218.5	41.2	-366.6	8.6



Colecta de 653,268 plántulas y propágulos, sobrevivencia\_86%



*\$0.30/plántula ó propágulo M.N.*



Colecta de 120,252 hipocotilos canal\_plataforma

2013



2014



2015



2018



Excavación de canales artificiales

Excavación de Lagunas artificiales



Construcción de Plataformas artificiales



2013



2014



2015



2016



2018



*Recuperación de servicios ecosistémicos*

Referencia 332.5 C (t ha<sup>-1</sup>)



Restauración 98.7 C (t ha<sup>-1</sup>)

29.7 % Recuperación\_secuestro carbono

# RESTAURACIÓN DE 600 HA: *Comunidades de Chunchanan, Sodzil, Pomuch y Hecelchakan*

2017-2018



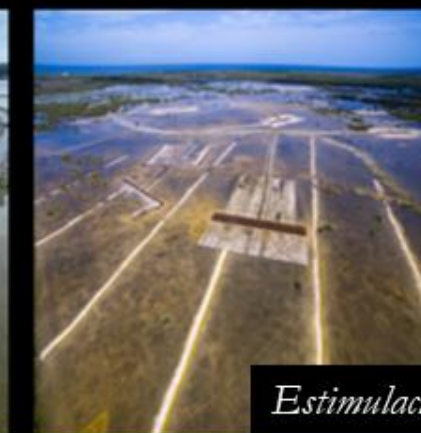
2019



2020



*Excavación: 122,222 m<sup>3</sup>. 203.7 m<sup>3</sup>/ha\_ \$39,091.40 M.N.*



*Estimulación regeneración natural*

*Innovación y desarrollo tecnológico*



# VESTIGIOS

*Dra. María Rosario Domínguez.*  
Centro de Investigaciones Históricas y Sociales



Cráneo de un individuo adulto y de sexo masculino. No presenta deformación creneana (Entierro 2).



Fragmento de cerámica prehispánica 1.  
Vajilla: Naranja fino.  
Establecido: Smith (1971).  
Forma: olla (forma A) de base desconocida, con el cuerpo globular y paredes delgadas, el cuello es alto con paredes curvo-divergente. El borde es saliente, con el labio redondeado o aplanado.



Botella de vidrio.

**Familia:** Moldeado.

**Grupo:** Sódico (Na).

**Tipo:** Verde olivo (Olive Green/G-262).

**Variedad:** Sin decoración.

**Forma:** botella.

**Observaciones:** La botella presenta la marca de fabricación, aunque está incompleta debido a la fragmentación de la misma, se puede apreciar el lugar de procedencia, el uso o empleo de la botella y la época de fabricación.

•VIN TANNIQUE DE BA

•E. Dítely

•PROPIETAIRI

•R. DESÉCOLES 18 PARIS



# REHABILITACIÓN HIDROLÓGICA



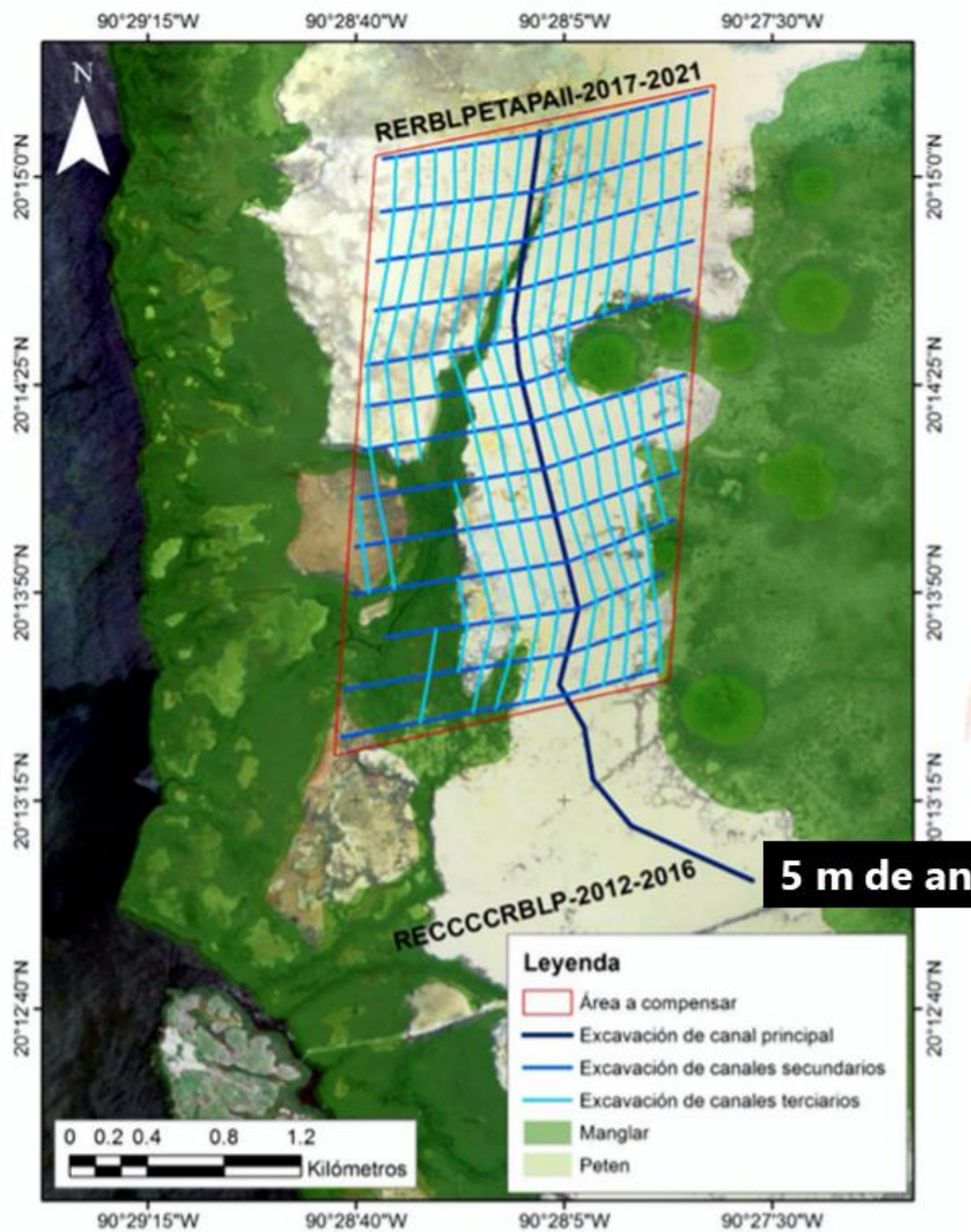
1 Canal principal  
13 canales secundarios  
16 canales terciarios  
Desazolvamiento de canales naturales 4,280 m

**INICIO DE LA RESTAURACIÓN-CONECTIVIDAD E INTEGRIDAD DEL PAISAJE**

**POLÍGONO 517 HA**







**Excavación total 121,874 m<sup>3</sup>**

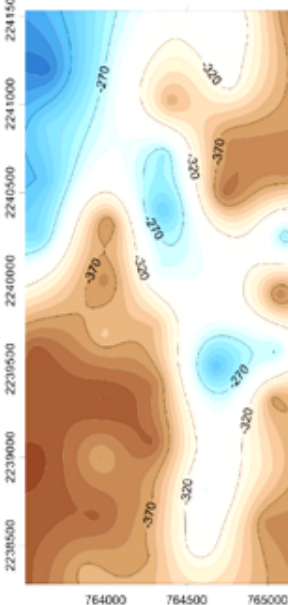
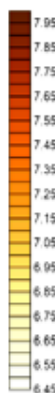
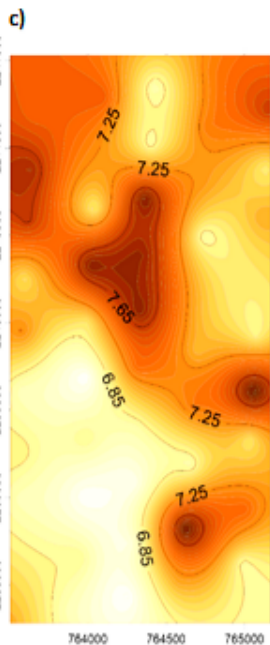
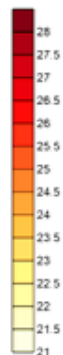
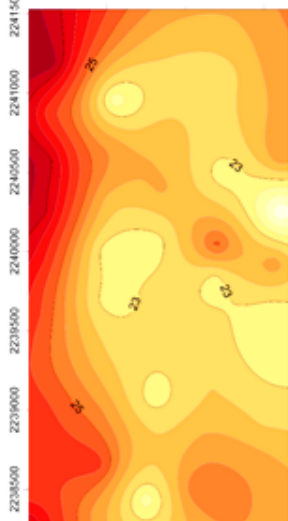
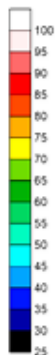
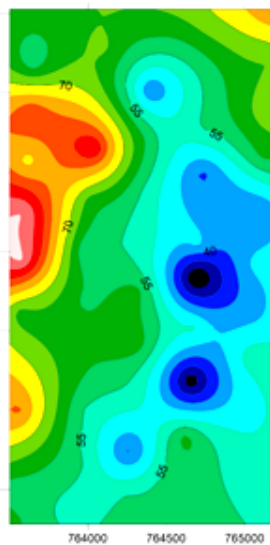
Análisis multifactorial en los parámetros fisicoquímicos del agua intersticial en el área de restauración

F1 (41%) = 0.855 potencial redox (mV) + 0.809 (pH)

F2 (59%) = 0.974 Salinidad (UPS)

# CONDICIONES AMBIENTALES: *Antes de la restauración*

59.1 ± 14.9 UPS (96 UPS)



**-335.9 ± 62.5 mV (Max: -416.3 mV)**

Análisis de Componentes Principales (ACP), aplicado en los parámetros fisicoquímicos del agua intersticial y nutrientes, en el área después de las acciones de restauración hidrológica en los bosques de manglar isla Jaina Campeche con una acumulación del **73.32%** de la varianza total de los primeros 3 factores.

Parámetros	Componente 1 (31.1 %)	Componente 2 (25.05 %)	Componente 3 (17.14 %)
pH	0.276723	<b>0.538088</b>	-0.293053
T (°C)	0.362194	<b>0.305526</b>	0.182377
Potencial Redox (mV)	0.266927	<b>-0.47028</b>	-0.408931
Salinidad (UPS)	<b>0.468615</b>	<b>0.370457</b>	-0.205099
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	<b>0.489925</b>	-0.174225	0.233363
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0.16175	0.169374	<b>0.523189</b>
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg/L)	0.211789	0.145458	<b>0.544895</b>
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/L)	<b>0.436287</b>	-0.422508	-0.215576

Excavación de canales artificiales en el año 2018



Funcionamiento excavados



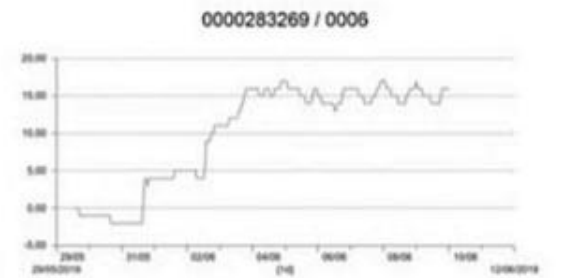
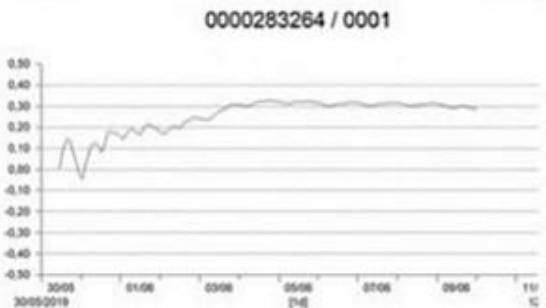
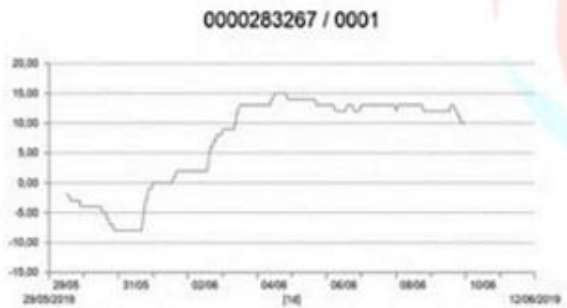
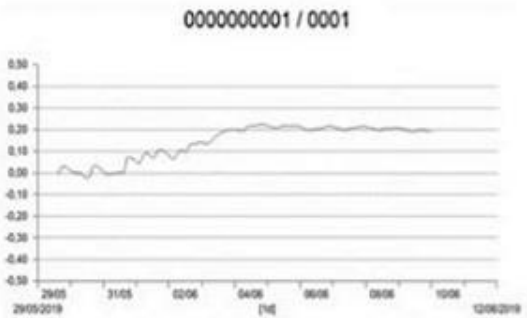
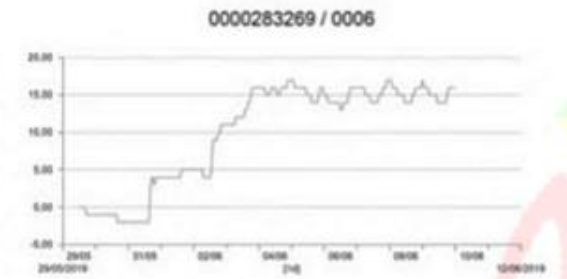
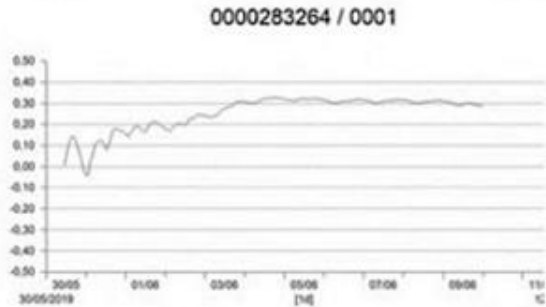
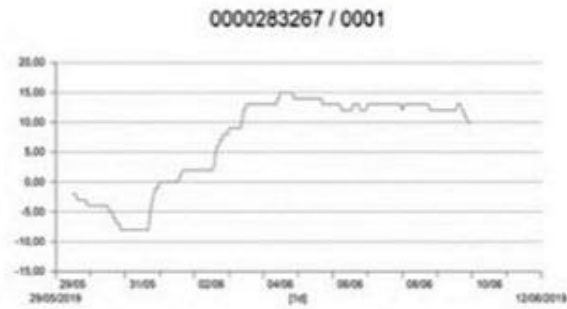
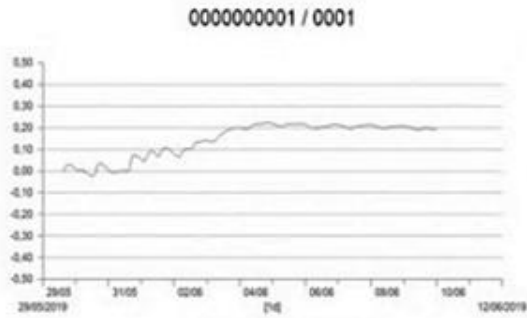
Desazolve de dos canales naturales



Construcción de pasillo para acceso al polígono de Jaina etapa II, 517 ha.

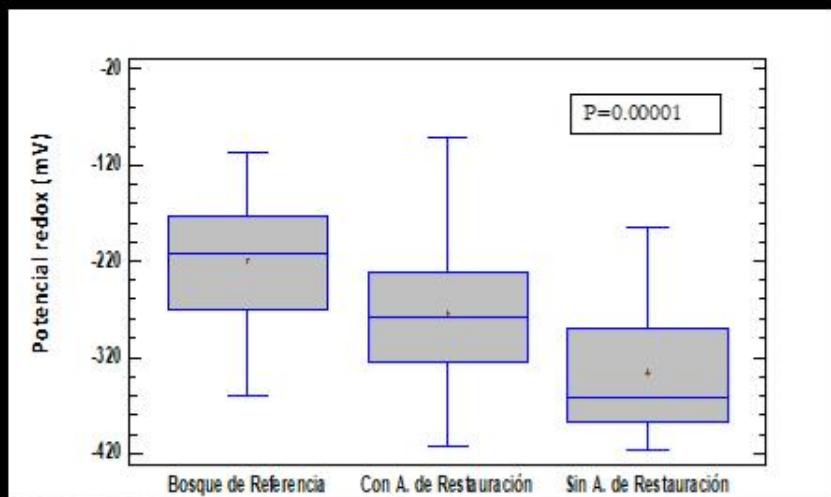
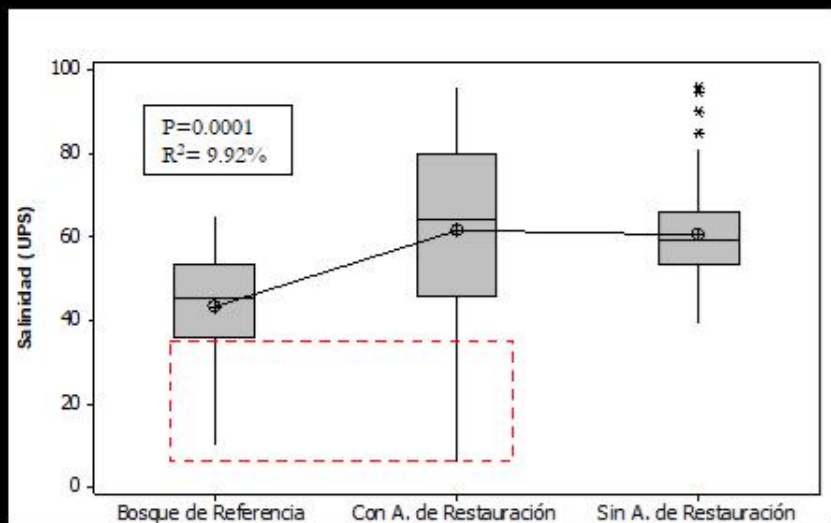


## COMPORTAMIENTO DEL HIDROPERIODO: *proyecto 517 ha*

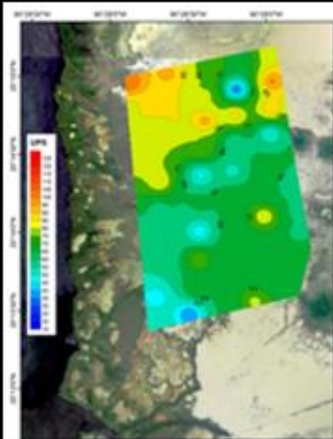


Áreas adyacentes a los canales artificiales excavados como parte del proceso de restauración ubicado adyacente a la Isla de Jaina, en la Reserva de la Biósfera Los Petenes, Campeche.

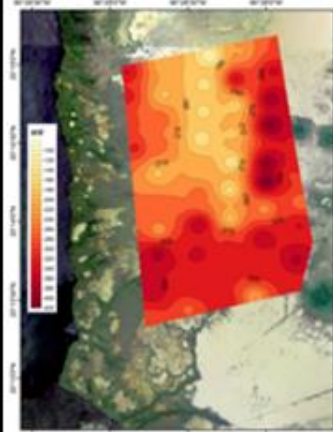
ANOVA de una vía aplicada con las concentraciones de la **salinidad** del agua intersticial, entre las áreas de estudio (Sin acciones de restauración, con acciones de restauración y el bosque de referencia) en los bosques de manglar isla Jaina Campeche ( $p < 0.05$ ).



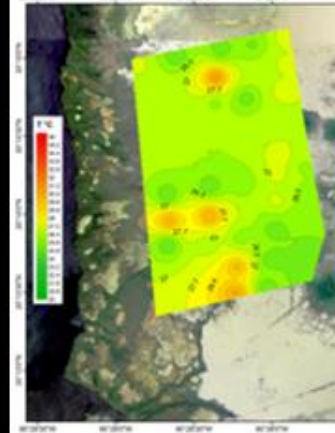
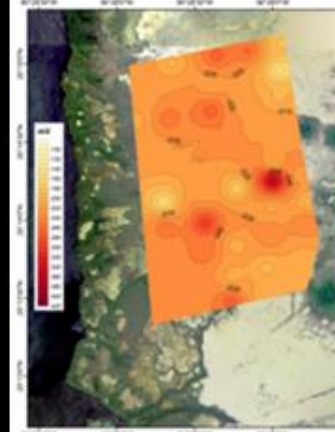
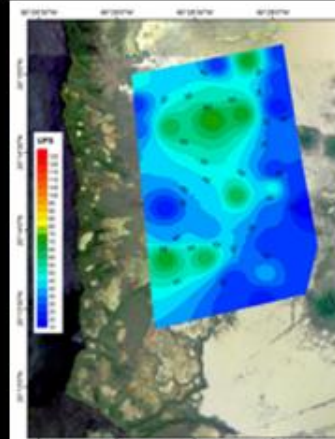
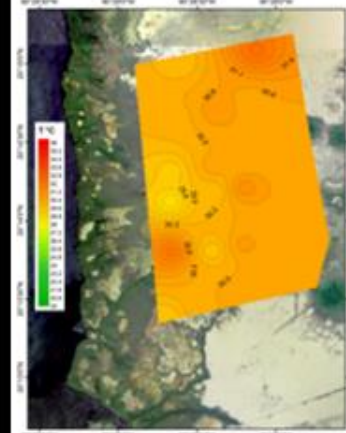
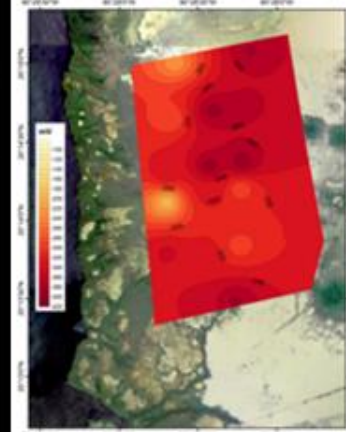
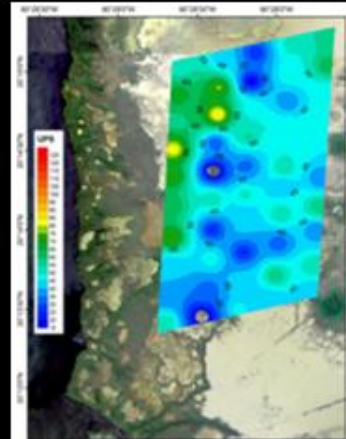
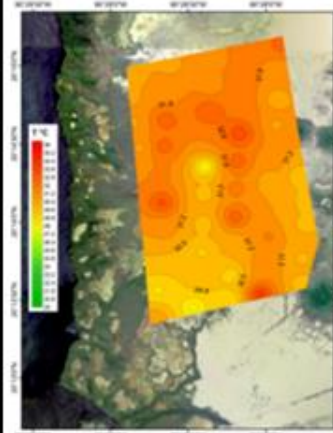
Salinidad (ups)



Potencial redox (mV)



Temperatura (°C)

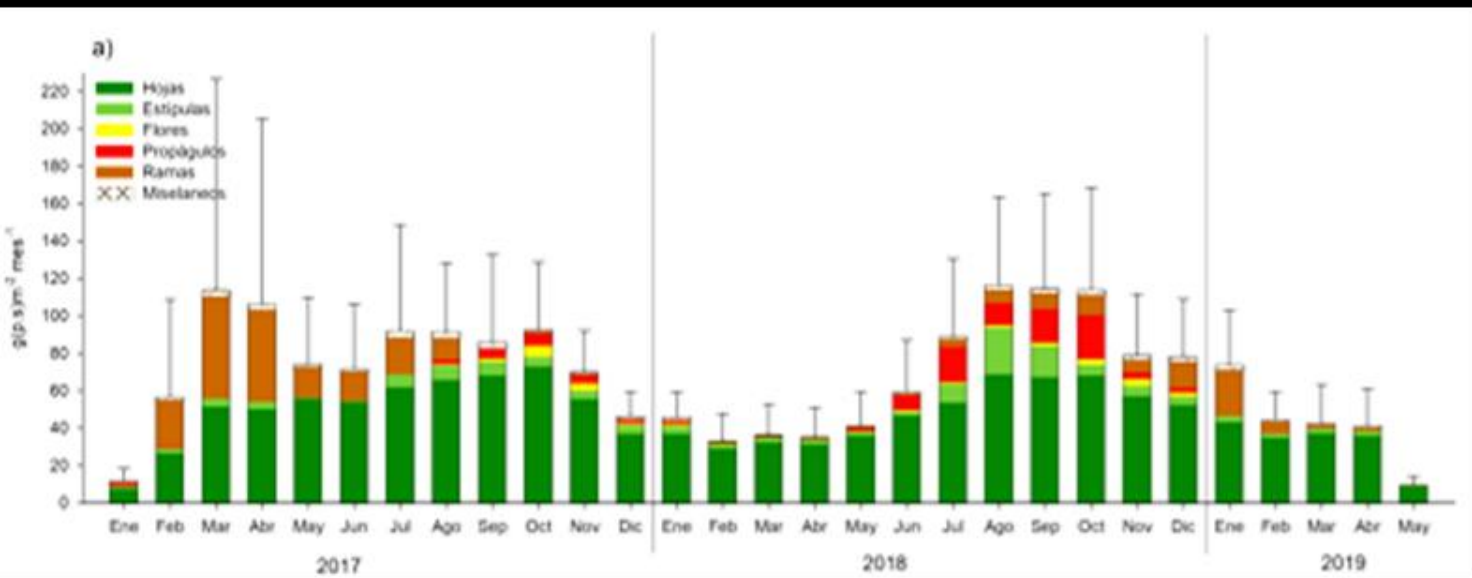


$25.6 \pm 60.8$  UPS

2019/seco

$-273.9 \pm 61.7$  mV

$26.7 \pm 0.8$ °C



# MEDICIÓN DE VARIABLES BIOLÓGICAS

Plántulas de *Avicennia germinans*\_ VOLEO 1'970,000 propágulos

Tasas de  $0.17 \pm 0.04$  día<sup>-1</sup>

Alturas de  $21.7 \pm 6.0$  cm (sobrevivencia 96.7%)

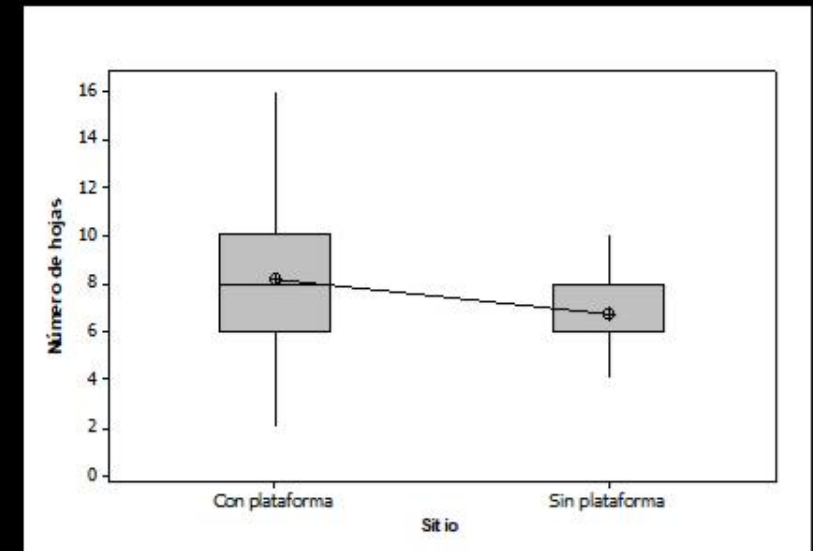
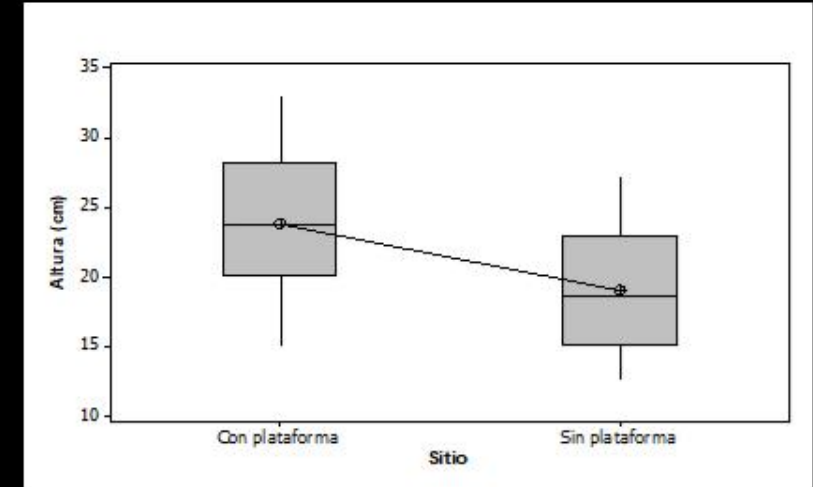


*R.mangle\_ in situ* (80,000 hipocotilos)

Tasas de  $0.11 \pm 0.04$  día<sup>-1</sup>

Alturas de  $13.4 \pm 5.0$  cm (sobrevivencia 81%)

ANOVA de una vía aplicada al crecimiento de las plántulas de *Avicennia germinans* reforestadas por voleo y regeneración natural con diferencias en el nivel topográfico ( $p < 0.05$ ).





# REHABILITACIÓN HIDROLÓGICA



1 canal principal  
4 canales secundarios  
Conexión entre canales secundarios

SEMARNAT/SGPA/UGA/DIRA/1282/2017 y folio CAMP/2017- 0002289;  
SEMARNAT/SGPA/UGA/DIRA/T72/2019; CAMP/2018-0001930.

**POLÍGONO 106 HA**



# REHABILITACIÓN HIDROLÓGICA: 12,44.5 m<sup>3</sup>



Amonio:  $14.69 \pm 1.41 \text{ mgL}^{-1}$  (2018)  
 $3.6 \pm 4.1 \text{ mgL}^{-1}$  (2019)

3,770.5 m<sup>3</sup>

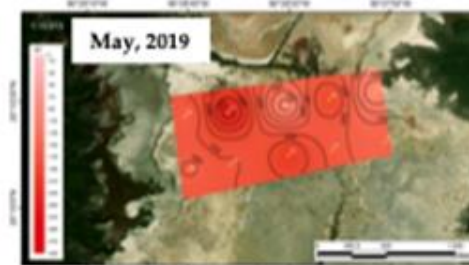
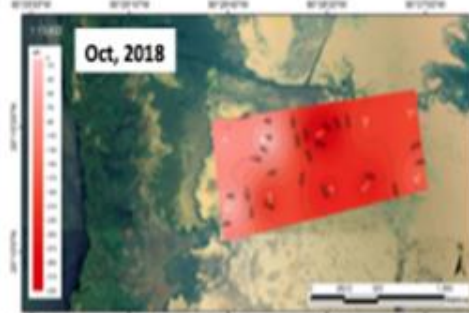


$91 \pm 15.15$  a  $68.5 \pm 10.6$  UPS (2018-2019)



$-315 \pm 102$  mV a  $-208.5 \pm 57.1$  mV (2017-2019)

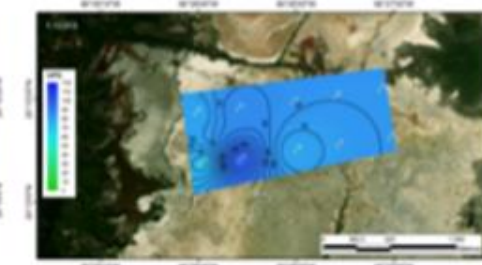
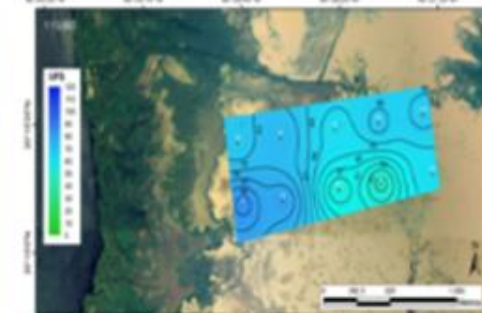
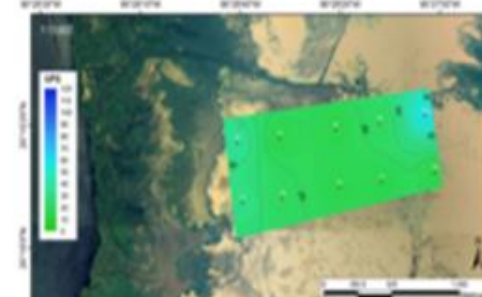
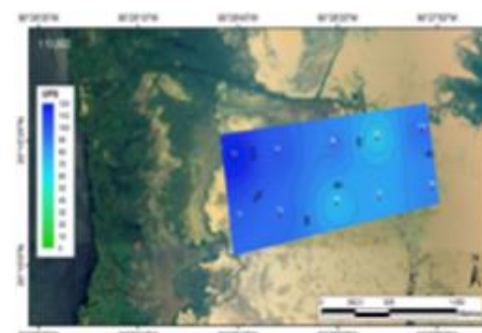
Potencial redox



Temperatura



Salinidad



234,000 de *Rhizophora mangle*\_hipocotilo  
Sobrevivencia del 70%



## REFORESTACIÓN

533,000 de *Avicennia germinans*\_propágulos VOLEO  
Sobrevivencia del 83%





# REHABILITACIÓN HIDROLÓGICA



**POLÍGONO 203 HA**

3 canales principales  
7 canales secundarios  
9 canales terciarios  
Desazolve de canales

# CONDICIONES AMBIENTALES: *Antes de la restauración*



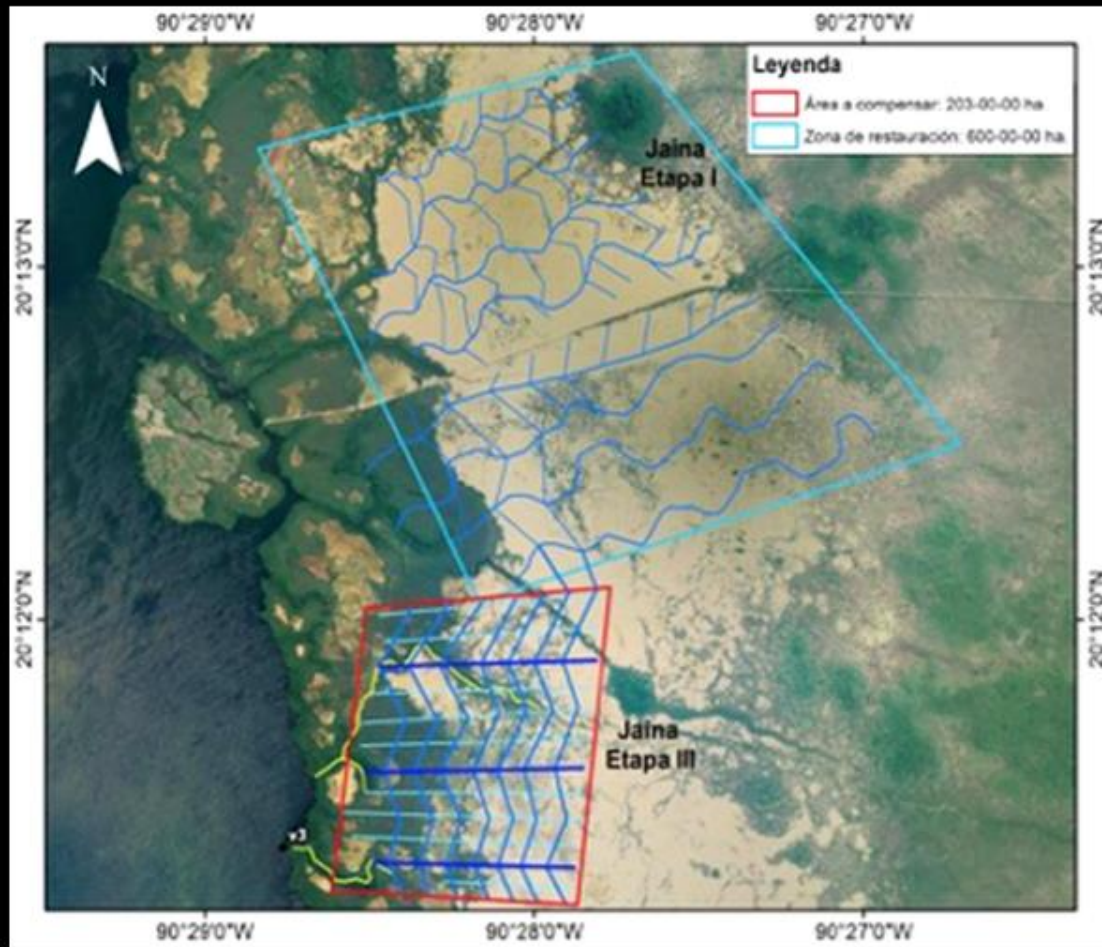
Análisis de componentes principales de los parámetros fisicoquímicos del agua intersticial en el sitio a restaurar en la Reserva de la Biosfera los Petenes, Campeche ( $p < 0.05$ ).

VARIABLES	COMPONENTE I (32.1%)	COMPONENTE II (23.3%)	COMPONENTE III (16.2%)
PH	-0.332	-0.493	0.019
T °C	-0.228	0.142	-0.358
Potencial redox	0.007	-0.614	<0.0-0.134
Salinidad (UPS)	0.544	-0.090	-0.097
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	0.416	-0.203	0.196
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	-0.224	-0.506	-0.048
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	-0.085	0.151	-0.644
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	0.526	-0.140	-0.102
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	0.188	-0.111	-0.615

87.5±10.3 UPS

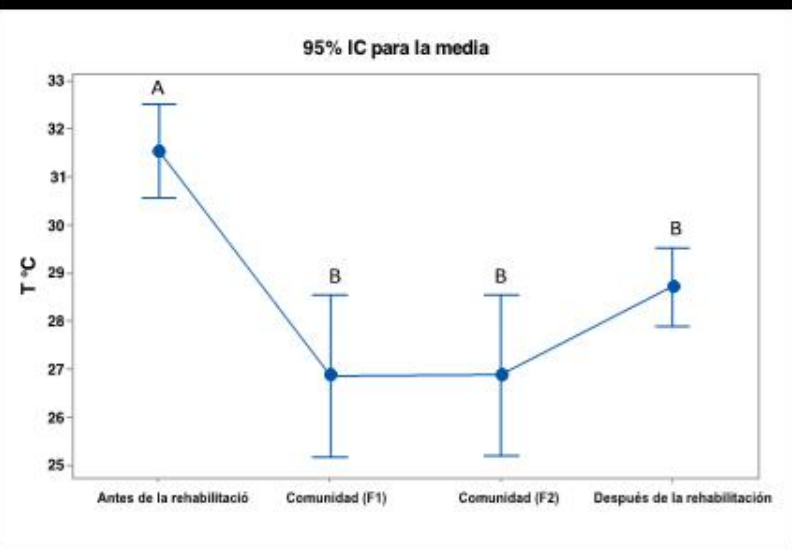
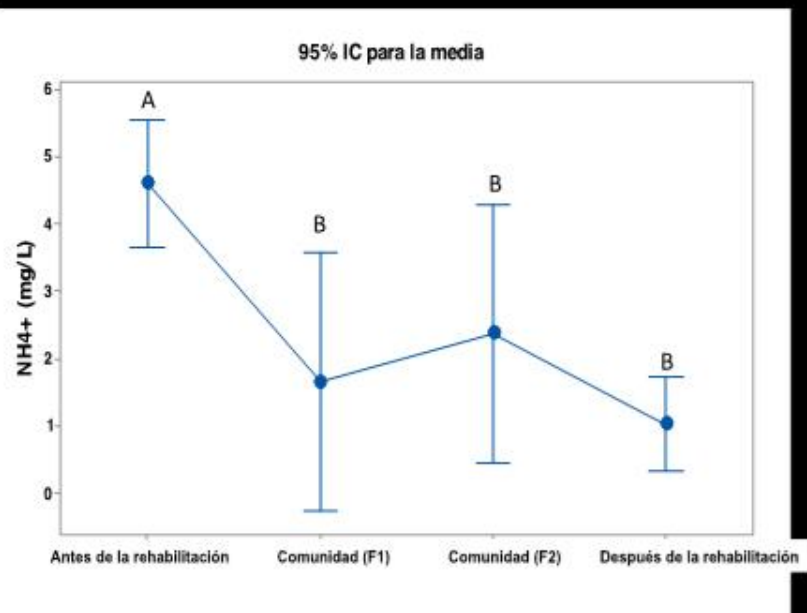
246.4±73.9 mV

# REHABILITACIÓN HIDROLÓGICA: 44,030 m<sup>3</sup>



# CONDICIONES AMBIENTALES *después de la restauración*

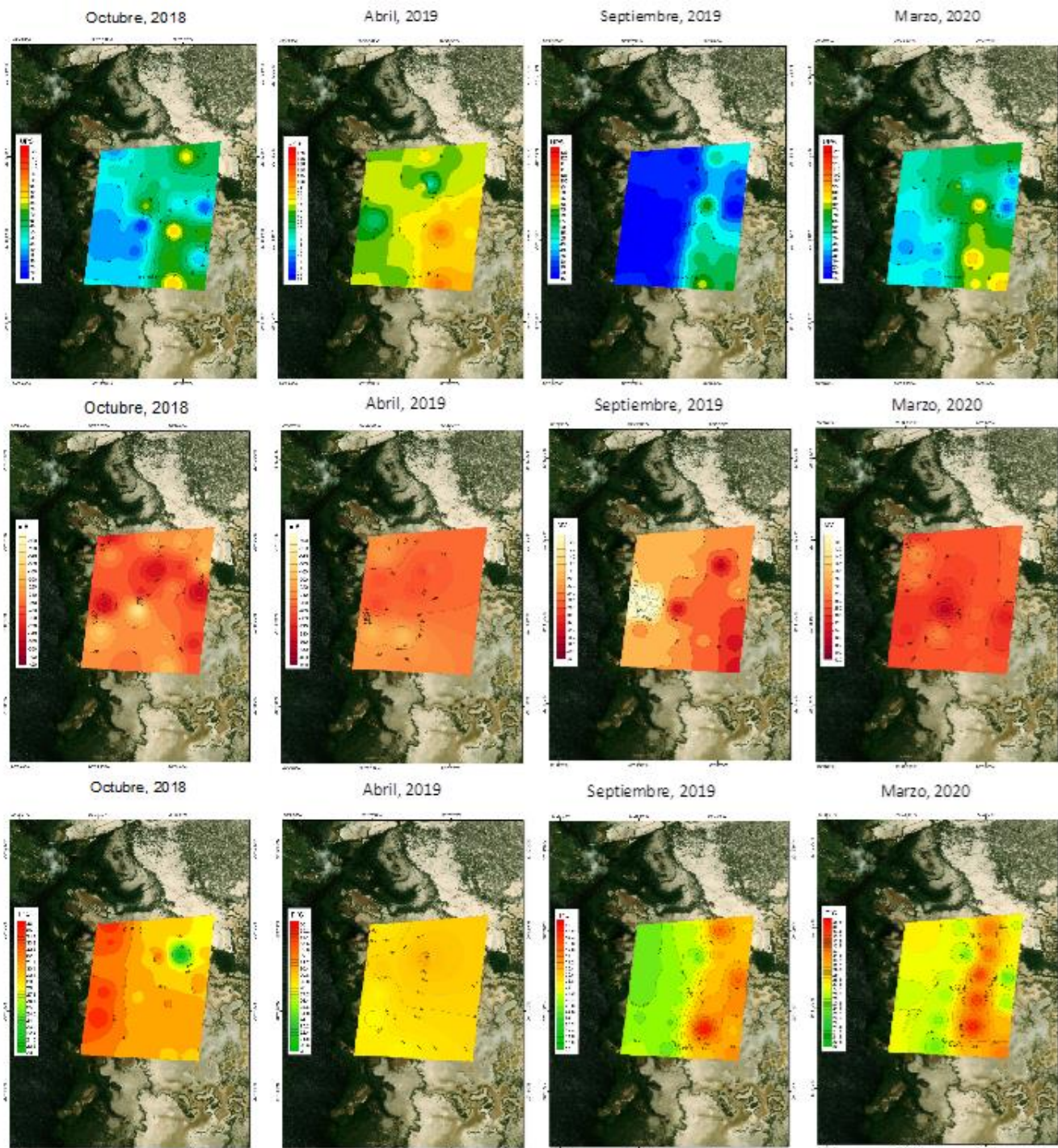
Método de LSD de Fisher ( $p < 0.05$ )



Temperatura  
33°C

Potencial redox (mV)

Salinidad (UPS)



# REGENERACIÓN NATURAL



*"Potencial de la restauración ecológica para recuperar el almacenamiento de carbono en manglares del Estado de*



# TRANSFERENCIA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA: África y Costa Rica

Invasoras\_ *Paspalum vagintum*



Invasoras\_ *Acrostichum aureum*





## COLABORADORES



Juan Osti Saéñz

Jordan Efren Reyes Castellanos

Carlos Chan Keb

Leonardo May Colli

Gilberto Martínez

Adriana Gregorio Cortés

Julio Chavez Barrera

Comunidad de Chunkanan; Comunidad de Sodzil; Comunidad de Nunkini; Comunidad de Hecelchakan;  
Comunidad de Pomuch

### FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Maestría Multidisciplinaria de Manejo Costero Marino

Facultad de Ciencias Químico Biológicas