



Manual para la Restauración Ecológica de Manglares del SAM y el Gran Caribe

Dr. Jorge Alfredo Herrera Silveira, Dr. Claudia Teutli-Hernández, Dr. Diana Cisneros-de la Cruz, Dr. Daniel Arceo-Carranza, Biol. Mar. Andrés Canul-Cabrera, M. C. Javier Pedro Toral-Robles, Biol. Oscar Pérez-Martínez, Q. I. Daniela Sierra-Oramas, Biol. Karla Zenteno, Biol. Heimi Us-Balam, Biol. Eunice Pech, Dr. Xavier Chiappa-Carrera; Dr. Francisco Comín



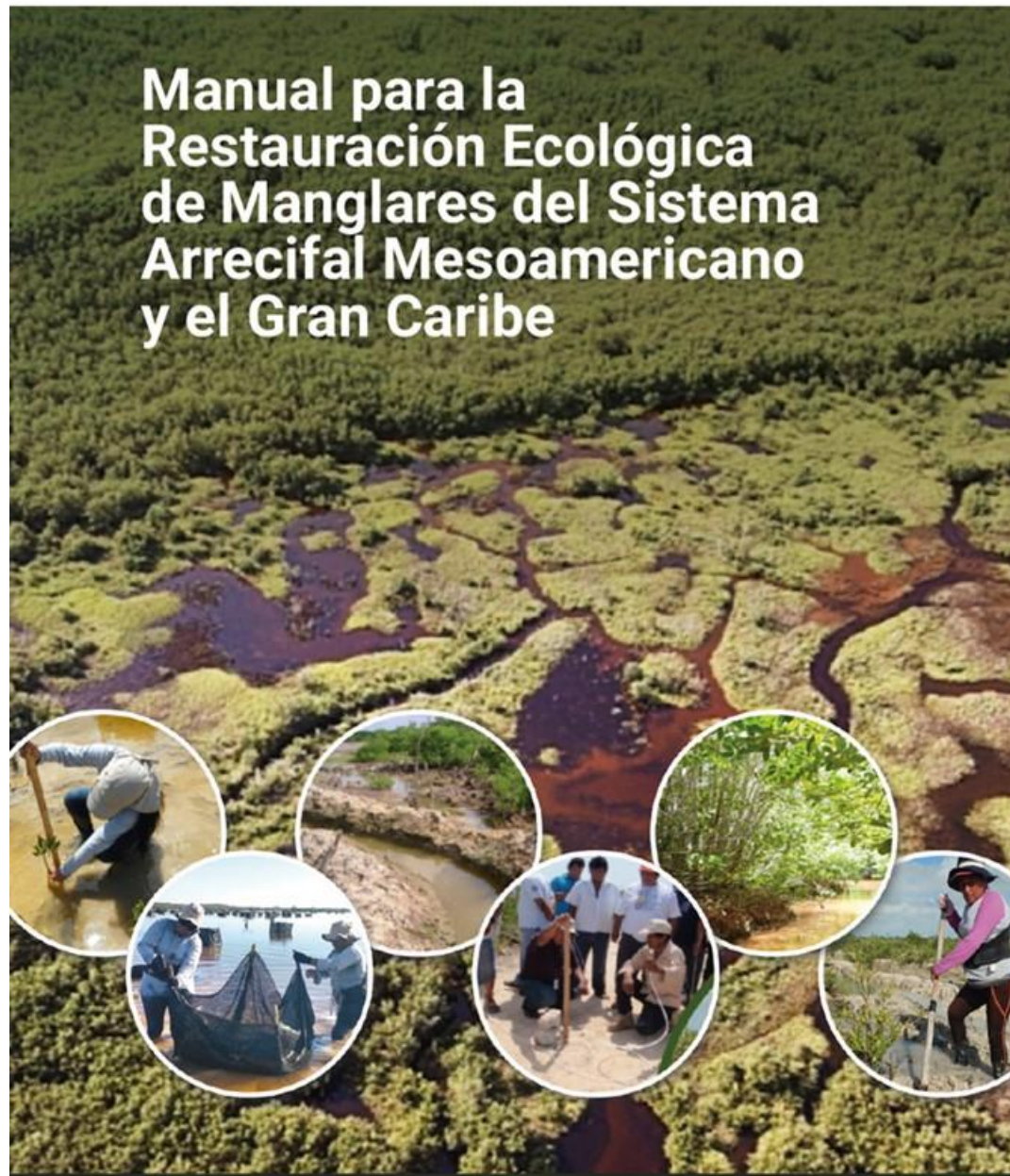


Contenido del Manual y su Uso

Jorge A. Herrera Silveira



Manual para la Restauración Ecológica de Manglares del Sistema Arrecifal Mesoamericano y el Gran Caribe



Contenido

Acrónimos y siglas	4
Objetivo	5
Justificación	6

Introducción 9

1. Manglares del Gran Caribe	13
2. Restauración ecológica	17

Restauración ecológica de manglar 21

1 Conformación del grupo de trabajo 23

¿Quiénes participan en la restauración?

2 Identificación del sitio y definición de objetivos y metas 25

¿Qué preguntas hay que contestar antes de iniciar las actividades de restauración?

3 Ecología Forense 28

¿Qué causó la muerte del manglar? ¿Cuál es su condición actual?
¿Existen las condiciones adecuadas para el crecimiento del manglar?

 1. Topografía	33
 2. Hidrología	35
 3. Características fisicoquímicas	37
 4. Suelo	39
 5. Vegetación	42

4 Acciones de restauración 44

¿Cómo establecer un plan de restauración?
¿Cuál o cuáles acciones específicas de restauración se van a ejecutar?

 1. Rehabilitación hidrológica	47
 2. Rehabilitación topográfica	54
 3. Reforestación	59

5 Monitoreo 63

¿Cómo evaluar la restauración? ¿Es necesario realizar cambios al plan?

 1. Indicadores ecológicos	65
 2. Indicadores socioeconómicos	75

6 Vinculación 80

¿Por qué compartir las lecciones aprendidas y los resultados de la restauración?

Restauración de manglares en el Gran Caribe 83

¿Cuál es el estado de restauración en la región del Gran Caribe?

Causas de degradación en la región	85
Consideraciones finales	96
Sugerencias	97

Glosario	98
Literatura citada	103

Estrategia de restauración ecológica de manglares



1

Conformación del grupo de trabajo



Acuerdos institucionales
o de grupo



Continuidad y apropiación
del ecosistema y los servicios
que provee.



Planeación e implementación
de la restauración ecológica



Sustentabilidad financiera
y responsabilidad social



2

Identificación del sitio y definición de objetivos y metas



Sitio conservado cercano

Permite asegurar la disponibilidad de propágulos y semillas y así evitar el uso de viveros, disminuyendo el costo de restauración.



Accesibilidad al sitio

Considerar el tiempo y costo para los viajes, fácil de ubicar, el sitio pueda ser usado con fines de demostración y capacitación.



Certeza y cantidad de financiamiento

El monto del financiamiento esta relacionado con la accesibilidad del sitio, el área, el nivel de deterioro, entre otros.



Permisos de la autoridad y consenso de la comunidad

Tener el permiso de la autoridad y consentimiento de la comunidad autóctonas antes de iniciar los proyectos de restauración.



Factores de presión antrópica

Se deben considerar las presiones antrópicas del sitio y el cambio de uso de suelo para la viabilidad a largo plazo.



Objetivo del área a restaurar

El área debe adecuarse al objetivo que se desea alcanzar.



Oportunidad para ciencia y educación ciudadana

Cuál es el potencial educativo y de investigación con el desarrollo del proyecto.



Fuente de agua cercana

Ubicar fuentes de agua (dulce/salobre/salada), para permitir la desalinización del sitio o salinización según sea el caso.



Beneficios a la comunidad

Beneficios directos a la comunidad (pesca, madera, apicultura, etc.).



Seguridad

Evitar poner en riesgo a las personas involucradas en las acciones de restauración de los sitios seleccionados.



Vinculación con otros proyectos

El intercambio de experiencias e información de proyectos que se hayan ejecutado.



Tenencia de tierra y estatus de protección

Se debe contar con algún tipo de seguridad jurídica que, permita que la restauración y sus beneficios perduren en el tiempo.



Nivel de perturbación

Considerar de acuerdo con los recursos disponibles y el costo de las acciones necesarias para su recuperación.

Criterios para seleccionar el sitio...

Por ejemplo, iniciar con:

- el **menos degradado**
- el **de más fácil acceso**
- un **área pequeña**
- un **área segura...**

2

Identificación del sitio y definición de objetivos y metas



Por ejemplo...

Objetivo de la restauración

¿Qué se desea recuperar?
La estructura, la abundancia de peces, protección a la costa, etc.

Metas

Corto plazo

Mediano plazo

Largo plazo

Atributos que el proyecto pretende lograr a través del proceso de restauración.

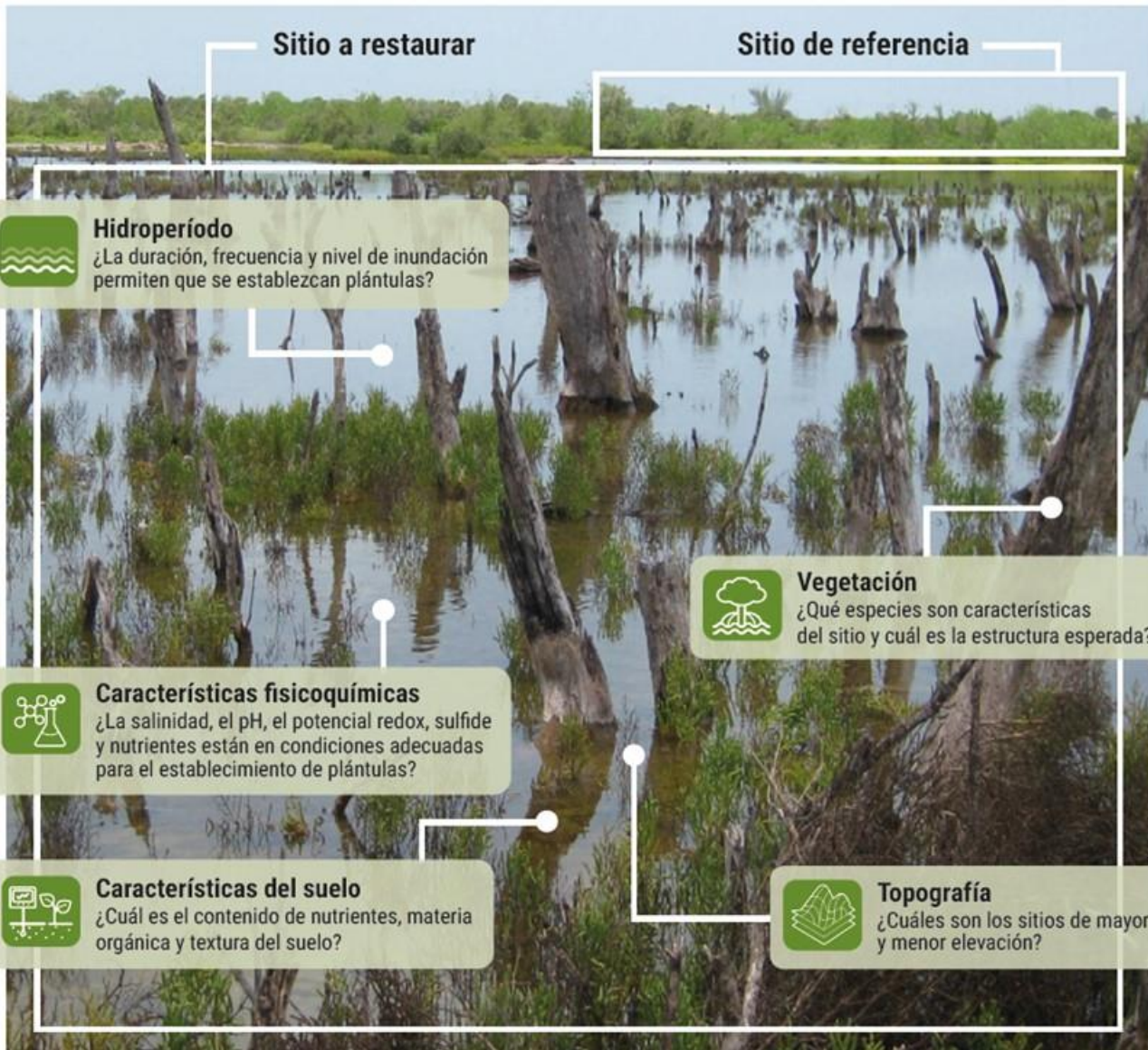
Objetivo específicos

1. Atributo que está siendo manipulado
2. Resultado deseado (incrementar, disminuir y mantener)
3. Magnitud del cambio (unidades, porcentaje, etc.)
4. Periodo de tiempo en el que se realizará

Deben expresarse en indicadores cuantificables para identificar si las metas se están cumpliendo.

Objetivo	Metas	Objetivos específicos	Variable indicadora
Restaurar 36 ha de manglar degradado.	• Permitir el establecimiento de plántulas de manglar mediante el restablecimiento de la hidrología y disminución de la salinidad intersticial.	• Reducir la salinidad intersticial a 50% en 18 meses.	• Salinidad
		• Favorecer la regeneración natural en un periodo de 18 meses.	• Número de plántulas
		• Sincronizar las variaciones del nivel del agua entre el canal construido y el de restauración en 6 meses.	• Frecuencia, nivel y duración de la inundación

Favorece la trazabilidad del proyecto



Permite identificar:

-¿De qué y por qué se murió el manglar?
“CSI-Mangrove”

-¿Cuál ha sido el **uso histórico** del manglar?

-¿Cuál es el **contexto socio-económico** general del sitio?



SOCIOECONOMIC

Técnicas y materiales: para diferentes presupuestos

Generales



Cinta flagging



Tubos PVC 1"



GPS



Marcadores indelebles



1. Topografía



Topografía



Mangueras de plástico



Cinta métrica 50 m



Reglas de madera 1 m



2. Hidrología



Hidrología



Reglas de madera 1 m



3. Características fisicoquímicas



Características fisicoquímicas



Termómetro

Temperatura



Refractómetro

Salinidad



Tiras indicadoras pH

pH



Potencial Redox

Multiparamétrico
*Recomendable



Electrodos de platino y multímetro



4. Suelo



Suelo



Tubos PVC 2" con tapa



Bolsitas herméticas



Reglas de madera 1 m

Jeringa de 20ml con tubo de acrílico



5. Vegetación



Vegetación



Flexómetro



Cinta métrica



Cinta diamétrica
*Recomendable



Clinómetro



Vernier

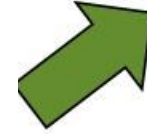
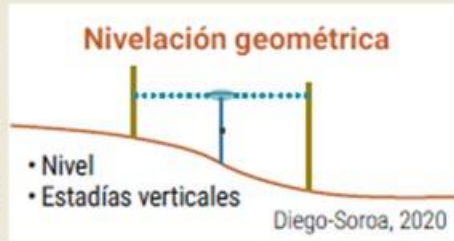


Placas de aluminio

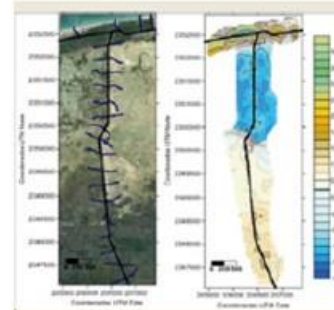
Por ejemplo: La topografía



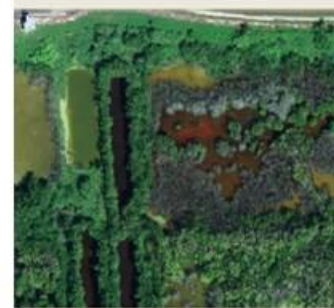
- 1 Determinar transecto y/o puntos de muestreo.
- 2 Medición puntual o en transecto.
- 3 Obtención de curvas de nivel y modelo digital.



Medición de nivel topográfico con la técnica de la manguera.



Modelo topográfico de mediciones en transecto.



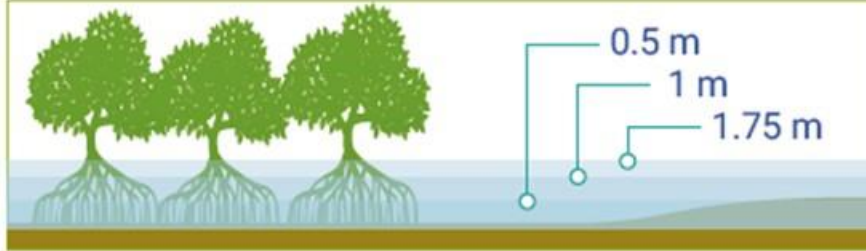
Ortomosaico generado por medio de un levantamiento fotogramétrico con cámara en dron.



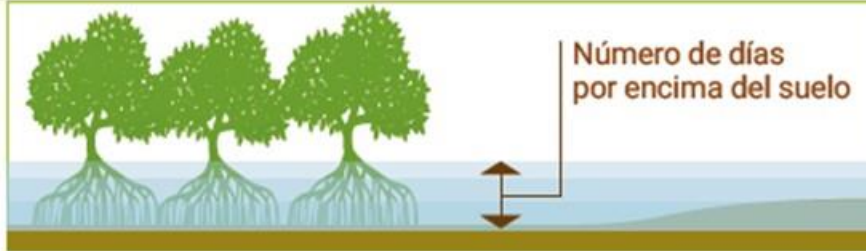
Por ejemplo: El hidroperíodo

RECUADRO 2.4 – Composición del hidroperíodo

1) Nivel de inundación:
la altura de la columna de agua por encima del nivel del suelo (metros; promedio mensual).



2) Frecuencia de inundación:
se refiere al número de días al mes en que una columna de agua está por encima del nivel del suelo.



3) Tiempo de inundación:
es la suma de las horas en que cada mes permanece inundado el suelo del manglar.

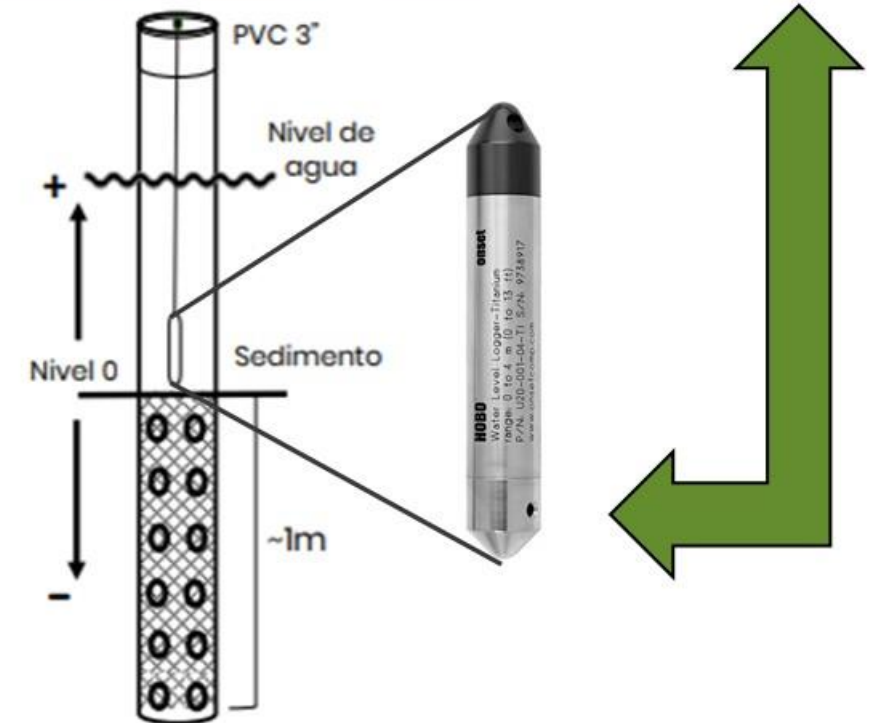


El hidroperíodo regula diversos procesos ecológicos en el manglar en diferentes escalas espaciales y temporales. Regula procesos biogeoquímicos del sedimento, así como variables fisicoquímicas del agua como la salinidad y la disponibilidad de oxígeno. Además, regula la presencia y distribución de las especies dada su tolerancia diferencial a la inundación. Los cambios en la hidrología pueden resultar en la muerte del manglar y en la limitación de establecimiento natural de propágulos (Twilley y Rivera-Monroy, 2005).

Medición con una regla



Medición con un sensor



4

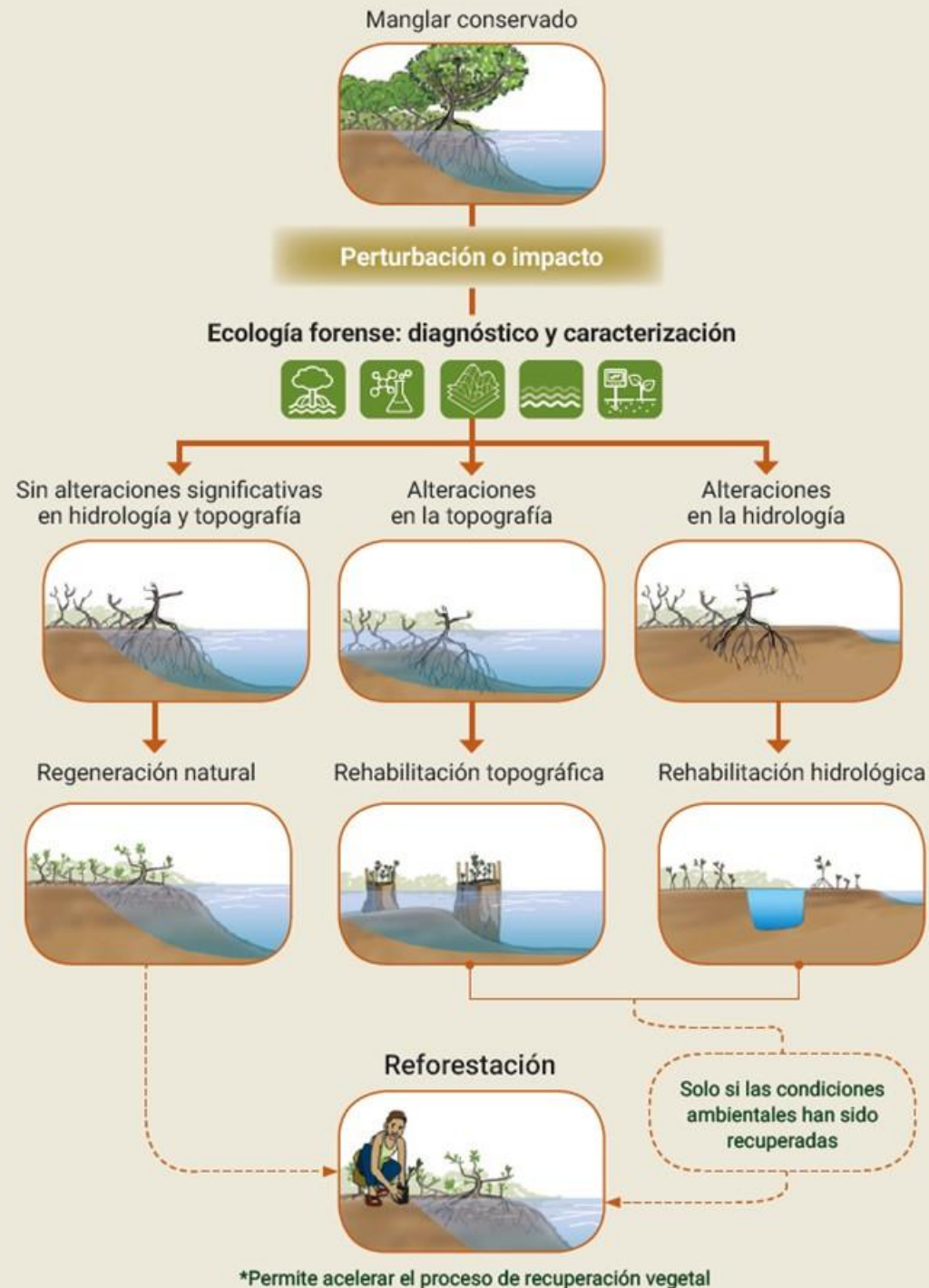
Acciones de restauración



Plan de Acción:

A partir de los resultados de la Ecología Forense se utilizan acciones específicas para cada sito:

“el traje hecho a la medida”



Acción única o conjunto de acciones: **continuo R-pasiva-R-activa**



1. Rehabilitación hidrológica



Rehabilitación Hidrológica

Objetivo: Restablecer la hidrología a través de la reconexión de los flujos hídricos con las fuentes de agua dulce y/o marina- salobre en la zona degradada, con el fin de restaurar el nivel, duración y frecuencia de la inundación que restaure las condiciones fisicoquímicas del agua y el suelo.

- Desazolve de canales naturales
- Habilitación de canales nuevos
- Desazolve de pasos de agua



Rehabilitación Topográfica

Objetivo: Modificar el nivel del terreno que permita restablecer los patrones y niveles de inundación apropiados para el establecimiento y crecimiento de la vegetación.

- Remoción de sedimento (reducción topográfica)
- Centros de dispersión (elevación topográfica)



Reforestación

Objetivo: Acelerar la recuperación de la estructura y función del manglar. Se implementa solo si las condiciones ambientales son adecuadas para el establecimiento y supervivencia de las plántulas

- Siembra directa
- Vivero



2. Rehabilitación topográfica



3. Reforestación





1. Rehabilitación hidrológica



Desasolve de
pasos de água →



Desasolve de
canales naturales

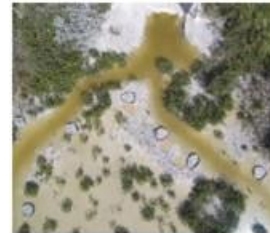


Habilitación de
canales nuevos

Recomendaciones



Se debe considerar una profundidad de al menos 1 m para asegurar el flujo de agua entre cada lado aún en mareas bajas y época de estiaje.



Desazolve de pasos de água



- 1 Identificar los pasos obstruidos
- 2 Trazar canales en "Y" invertida
- 3 Retirar el sedimento azolvado



- Google Earth ©
- Equipo de cómputo



- Tubos PVC



- Palas y picos, carretillas
- Retroexcavadora



1. Rehabilitación hidrológica



Desasolve de pasos de agua



Desasolve de canales naturales



Habilitación de canales nuevos

Desazolve de canales naturales

Causas del azolve



Infraestructura vial, erosión y deforestación arrastran los sedimentos hacia las partes bajas y/o canales.

Mantenimiento de canales



Imitar la configuración de los canales naturales para disminuir el mantenimiento.

Participación comunitaria



Debido a la dificultad de acceso a las zonas, se recomienda hacer esta acción manualmente.



1 Identificación de los canales obstruidos **2** Marcaje del canal o cauce identificado **3** Retirar el sedimento azolvado



- Google Earth ©
- Equipo de cómputo



- GPS
- Tubos PVC y cintas



- Palas, pico
- Costales de rafia



1. Rehabilitación hidrológica



Desasolve de pasos de agua



Desasolve de canales naturales



Habilitación de canales nuevos



Habilitación de canales nuevos

Recomendaciones



La excavación puede realizarse por capas, al menos a 1 m de profundidad o donde lo permita la roca madre. Se debe tratar de imitar la configuración natural de los canales.



Se deben combinar trazos rectos y curvos, a manera de zig-zag, para que el flujo-reflujo del agua sea escalonada, lo que disminuye la erosión y el mantenimiento de los canales.



1 Diseñar la red de canales

2 Trazado y marcaje del trayecto

3 Excavación de canales



La mejor época para su elaboración es durante la época de seca o de menor precipitación.



- Google Earth ©
- Equipo de cómputo



- GPS
- Tubos PVC y cintas



- Puede ser manual con picos y palas o con maquinaria

Nivelación de las orillas de los canales



Las orillas de los canales habilitados deben ser niveladas para que los flujos de agua puedan influir una mayor área.



2. Rehabilitación topográfica

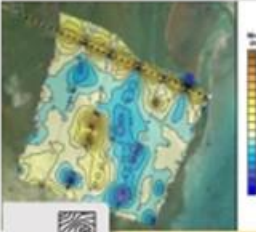


Remoción de sedimento



Centros de dispersión

Remoción de sedimento (Reducción topográfica)



El análisis topográfico y la referencia de un cuerpo de agua permite identificar el nivel adecuado para el establecimiento de plántulas.



- Palas y rastrillos
- Carretillas
- Bolsas resistentes
- Embarcación simple (alijo, canoa, etc.)

1 Reducción del sedimento acumulado **2** Transportación del sedimento



Rastrillado o arado del sedimento acumulado en los bordes del canal



Distintos medios de transporte para trasladar el sedimento a las partes bajas o sirva de relleno en los centros de dispersión



2. Rehabilitación topográfica



Remoción de sedimento



Centros de dispersión



Centros de dispersión (Elevación topográfica)

Elección para la ubicación de los CD



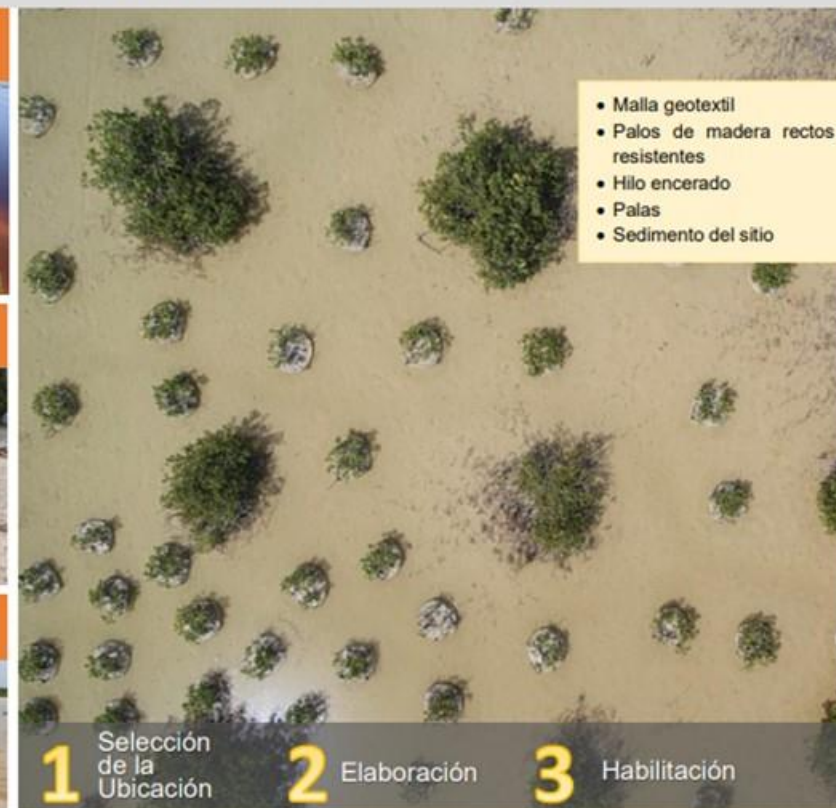
Elaboración de CD con malla-sombra



Instalación de CD en zonas inundadas



Conglomerados de 5 centros de dispersión



- Malla geotextil
- Palos de madera rectos y resistentes
- Hilo encerado
- Palas
- Sedimento del sitio

1 Selección de la Ubicación

2 Elaboración

3 Habilitación



Se sugiere ubicarlos en sitios donde el nivel de inundación es mayor a 0.4 - 0.5 msnm y la salinidad intersticial < 80 ups.



Pueden ser zonas de establecimiento natural o reforestación, lo cual permitirá a través de la restauración activa acelerar el proceso para la recuperación.



3. Reforestación



Siembra directa / Viveros





1. Indicadores ecológicos



2. Indicadores socioeconómicos



Socioeconómicos



Ecológicos

Participación colaborativa

Valoración social del
ecosistema

Impacto económico

Políticas públicas y
financiamiento

Hidrología

Regeneración natural

Estructura y composición
de la vegetación

Macroinvertebrados
y vertebrados

Propiedades
físicoquímicas

Paisaje

Biológicos

Seleccionar indicadores de corto, mediano y largo plazo

Criterio	Indicadores	Plazo de respuesta
Hidrología		
Hidroperíodo	Frecuencia de inundación	Corto
	Nivel de inundación	
	Tiempo de inundación	
Biológicos		
Estructura y composición de la vegetación	Altura, densidad, diámetro, área basal, índice de valor de importancia (IVI), cobertura vegetal, abundancia, densidad, diversidad, índices de diversidad, riqueza	Largo
Regeneración	Reclutamiento, tasa de supervivencia, composición	Medio
Macroinvertebrados y vertebrados	Presencia/ausencia de grupos funcionales (peces, aves, moluscos, aves):	Corto-Largo
	Abundancia, densidad, diversidad, riqueza	Corto-Largo
Variables fisicoquímicas		
	Salinidad intersticial y superficial	Medio
	pH	
	Potencial redox	
	Temperatura	
	"Sulfide" (H ₂ S)	
	Nutrientes (NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , PO ₄ ³⁻)	Medio-Largo
Sedimento		
	Materia orgánica del suelo, densidad aparente	Largo
	Grosor de los estratos, textura y coloración del sedimento	
Análisis de paisaje		
	Cobertura vegetal, fragmentación	Largo
	Flujos de materia orgánica y nutrientes	

Criterios	Indicadores
Participación colaborativa	Número de instituciones/organizaciones/sectores participantes
	Acuerdos institucionales creados
	Percepción del cumplimiento de los objetivos por sector (representantes)
Valoración social del ecosistema	Percepción de la sociedad sobre el ecosistema
	Participación de la comunidad (número de participantes y permanencia)
	Implementación de talleres de educación ambiental, capacitaciones y cursos: (número de actividades e instituciones o grupos beneficiados, asistencia)
Sustentabilidad económica	Análisis costo-beneficio
	Cantidad de empleos generados / empresas contratadas
	Auto sustentabilidad de la comunidad (generación de oportunidades de aprovechamiento sustentable)
	Valoración económica de servicios ecosistémicos recuperados
	Número de familias beneficiadas
	Número de jornales durante las diferentes fases del proyecto
Políticas públicas y financiamiento	Disponibilidad de financiamiento sostenible
	Aumento de inversión en conservación y restauración
	Influencia en políticas públicas



Actividad continua



Antes, durante y después del proyecto de restauración

Vinculación

La necesidad de vincular positivamente a agentes locales/regionales a la práctica (informar, consulta, educar, participar).

Socialización

Compartir experiencias, beneficios, forma (usos futuros del espacio restaurado) y fondo (eficiencia y equidad de los beneficios de la restauración).

Gobernanza

Comunicación, distribución de papeles entre participantes, transparencia.

Difusión: popular, educativa y científica

Estrategia de restauración ecológica de manglares



Uso de este manual

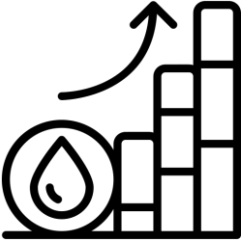
Este manual se presenta como **un documento de referencia** para quienes trabajan en este campo, **para guiar** a los implementadores, ejecutores de proyectos, diseñadores, consultores y financiadores **en el desarrollo de proyectos de restauración ecológica** de manglares en la región del Sistema Arrecifal Mesoamericano y el Gran Caribe



Sugerencias



- **Aumentar** el número de **proyectos de restauración** en la región del Gran Caribe



- Implementar **estrategias** que **maximicen** la relación **costo-beneficio**



- Incentivar la **sinergia entre los actores** en el proceso de restauración



- Continuidad del **fortalecimiento de las capacidades** de las comunidades locales

Sugerencias



- **Favorecer la apropiación del sitio** por parte de las comunidades locales manteniendo la continuidad de las funciones del ecosistemas



- Realizar llamados regionales y locales para la **protección de los manglares**



- Promover la articulación entre sectores e instituciones para **optimizar los esfuerzos y los recursos**



Manual para la Restauración Ecológica de Manglares del SAM y el Gran Caribe

Dr. Jorge Alfredo Herrera Silveira, Dr. Claudia Teutli-Hernández, Dr. Diana Cisneros-de la Cruz, Dr. Daniel Arceo-Carranza, Biol. Mar. Andrés Canul-Cabrera, M. C. Javier Pedro Toral-Robles, Biol. Oscar Pérez-Martínez, Q. I. Daniela Sierra-Oramas, Biol. Karla Zenteno, Biol. Heimi Us-Balam, Biol. Eunice Pech, Dr. Xavier Chiappa-Carrera; Dr. Francisco Comín



Muchas gracias

Dr. Jorge Alfredo Herrera Silveira: jorge.herrera@cinvestav.mx

 @ProduccionPrimariaCINVESTAV

 @CinvesProdPrim

 @produccion_primaria

 www.produccionprimariacinvestav.wordpress.com