



Organización de las Naciones  
Unidas para la Alimentación  
y la Agricultura



Manual

# Restauración del bosque de manglar en la República Bolivariana de Venezuela





Manual

# **Restauración del bosque de manglar en la República Bolivariana de Venezuela**



# Índice

Agradecimientos	vii
Abreviaturas, acrónimos y siglas	viii
Símbolos y unidades	ix
<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>Sección 1. Marco referencial para la restauración del bosque de manglar</b>	<b>7</b>
1.1. Contexto biogeográfico	7
1.2. Estado actual del bosque de manglar	8
1.3. Tendencias del bosque de manglar	12
1.4. Contexto legal e institucional en la República Bolivariana de Venezuela para la restauración de manglares	17
<b>Sección 2. Aspectos conceptuales claves para la restauración del bosque de manglar</b>	<b>23</b>
2.1. Resiliencia en ecosistema de manglar	23
2.2. Ecosistema de manglar y resiliencia	26
2.3. Restauración ecológica	28
2.4. Restauración de ecosistemas de manglar	30
<b>Sección 3. ¿Cómo hacer la “historia clínica” del bosque de manglar?</b>	<b>37</b>
3.1. ¿Cómo hacer la “historia clínica” del bosque de manglar?	37
3.2. Información a escala regional	39
3.3. Unidad geomorfológica	39
3.4. Información a escala ecológica	40
3.5. Principales cambios asociados a tipos de estrés o efectos generados de acuerdo con la fuente energética	47
3.6. Determinación de causas de deterioro	48
3.7. Valoración de las causas de deterioro	49
3.8. Indicadores relacionados con el suelo	54
3.9. Indicadores relacionados con la dinámica hídrica	54
3.10. Indicadores relacionados con cobertura vegetal y relaciones tróficas	54

<b>Sección 4. Técnicas y acciones para la restauración del bosque de manglar</b>	<b>61</b>
4.1. Técnicas de recuperación aplicadas al ecosistema de manglar	61
4.2. Pasos para la construcción de trincheras	65
4.3. Cómo realizar las acciones para eliminar y/o mitigar las causas de deterioro del manglar	71
4.4. Acciones para remediar la afectación en la fuente primaria de agua	71
4.5. Acciones de remediación encaminadas a recuperar el hidroperíodo	72
4.6. Pasos para la determinación de flujos de recambio al interior del humedal	72
4.7. Acciones para mitigar las barreras que evitan que el bosque realice la imagen síntesis	75
4.8. Acciones de eliminación/mitigaciones relacionadas con la pérdida del suelo por erosión	75
4.9. Acciones de remediación por efectos de toxicidad	76
4.10. Aplicación de medidas para la recuperación de la resiliencia del sistema	77
<b>Bibliografía</b>	<b>82</b>
<b>Glosario</b>	<b>98</b>
<b>Cuadros</b>	
1. Cobertura actual del bosque de manglar en el gran paisaje sedimentario y tipos asociados	9
2. Cobertura actual del bosque de manglar en el gran paisaje de costas de origen orográfico	11
3. Cobertura y tendencia estimada del bosque de manglar por estado del país	13
4. Nivel de presión registrado sobre los bosques de manglar por estado y número de parroquias	14
5. Identificación – Caracterización del bosque de manglar	38
6. Identificación - Escala regional	39
7. Escala ecológica	40
8. Parámetros y variables a considerar a escala local	42
9. Registro de la historia de cambios, ejemplos	46
10. Lista de principales causas de degradación en manglar	48
11. Valoración de importancia a partir de las características de los efectos sobre el manglar (basado en Conesa 1997)	49
12. Categorías para el diagnóstico	50
<b>Figuras</b>	
1. Ubicación de municipios costeros de la República Bolivariana de Venezuela	7
2. Cálculo aproximado de altura con objeto de referencia	41
3. Procedimiento de extracción de muestras de suelo para determinar densidad aparente	44
4. Restauración de la dinámica a partir de la activación de canales secundarios	62
5. Canal recuperado	63
6. Proceso de elevación de terreno para la promoción de regeneración	64
7. Esquema del proceso de construcción de trinchera	66
8. Proceso de promoción de regeneración	67
9. Embriones	68
10. Proceso de siembra del <i>Aguncularia racemosa</i>	69
11. Proceso de siembra al voleo	70

12. Dinámica de mareas a través de una aplicación	73
13. Ejemplo de señalización de flujos a partir del método explicado	74
14. Barreras permeables de protección de áreas de manglar	46
15. Canales internos en el ecosistema de manglar	78



# Agradecimientos

Al Presidente Constitucional de la República Bolivariana De Venezuela Nicolás Maduro Moros.

A la Vicepresidenta Ejecutiva Dra Delcy Rodríguez.

Al Vicepresidente Sectorial de Obras Públicas y Servicio G/J Néstor Reverol.

Al Ministro del Poder Popular Para el Ecosocialismo Dr. Josué Lorca,  
por su incansable contribución a la construcción de un nuevo modelo  
de protección a nuestra Madre Tierra.

Además esta obra contó con la Orientación General del Dr. Jesús Alexander Cegarra,  
Coordinador técnico del proyecto y Ernesto Arends, Asistente Técnico del Componente 3 del proyecto,  
responsable del área de restauración y recuperación de bosques

Al MSc. Jesús Méndez, que a través de Fundambiente se pudo materializar esta obra.

El Contenido ha sido originado por la Dra. Luz Esther Sánchez,  
ecóloga, catedrática y experta en bosques de manglares de la República Bolivariana de Venezuela.

Con la contribución de un grupo multidisciplinario conformado  
por el Instituto Nacional de parques (Inparques), de investigadores, científicos, técnicos  
y miembros de la comunidad de manglares en el país.

Al equipo Editorial conformado por: Homero Albarrán por el diseño y la maquetación,  
a Rosa Elena Betancourt y Raúl Gómez por las correcciones ortotopográficas,  
y a todos aquellos que colaboraron en este Manual.

¡Gracias!

# Abreviaturas, acrónimos y siglas

<b>ABE</b>	Adaptación basada en ecosistemas
<b>DEAG</b>	Departamento de Estudios Ambientales y Geomática
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
<b>FRA</b>	The Global Forest Resources Assessments
<b>INPARQUES</b>	Instituto Nacional de Parques
<b>IVIC</b>	Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas
<b>LPMC</b>	Laboratorio de Protección y Manejo de Cuencas
<b>MINEC</b>	Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo
<b>MINTUR</b>	Ministerio del Poder Popular para el Turismo
<b>SER</b>	Sociedad para la Restauración Ecológica
<b>UBV</b>	Universidad Bolivariana de Venezuela

# Símbolos y unidades

%	porcentaje
>	mayor que
<	menor que
≥	mayor o igual que
≤	menor o igual que
+	más
-	menos
=	igual
dap	diámetro a la altura de pecho
cg%	capacidad germinativa
cm	centímetros
cm <sup>2</sup>	centímetros cuadrados
cm <sup>3</sup> o cc	centímetros cúbicos
cp%	coeficiente de pureza
cv%	coeficiente de variación
ha	hectárea
m <sup>2</sup> /ha/año	metros cuadrados/hectárea/año
m <sup>3</sup> /ha/año	metros cúbicos/hectárea/año
sem/kg	semillas por kilogramos



# Introducción

Desde hace décadas se reconoce que el bosque de manglar, también conocido como bosque azul, es un ecosistema marino-costero típico que cubre alrededor de 15 millones de hectáreas y ocupa cerca de 181 000 km<sup>2</sup> de la línea costera tropical y subtropical del mundo (Alongi, 2002; OIMT, 2022). Presenta una fuerte asociación con la dinámica físico-territorial que genera la interfaz tierra-agua y por ende representa un ecosistema estratégico con una gran riqueza de biodiversidad, que provee importantes servicios ecosistémicos a la sociedad (Aburto *et al.* 2008), constituyéndose así en uno de los hábitats más valiosos del planeta.

La República Bolivariana de Venezuela posee una superficie continental de 916 445 km<sup>2</sup>, y en su ecorregión marino-costera cuenta con una distribución de bosques de manglar a nivel de grandes paisajes en costas sedimentarias compuestas de llanuras costeras, planicies de inundación y delta; y en costas de origen orográfico, compuestas por acantilados rocosos y sedimentarios, bahías de diversos tamaños y abanicos aluviales; los cuales representaban para el año 2021, tan solo en su fachada caribe, 444,54 km<sup>2</sup> (44 454 ha).

Durante siglos, los manglares han sustentado las culturas tradicionales de las poblaciones costeras, además han respaldado el desarrollo de industrias que los utilizan como materia prima para diversos usos de la sociedad, pero se encuentran amenazados en todo el mundo dado que su superficie total viene disminuyendo por lo menos un 20% desde 1980 y los manglares remanentes presentan niveles de degradación de moderados a severos (OIMT, 2022).

La República Bolivariana de Venezuela no escapa de esta realidad, a pesar de poseer el 65% de su costa bajo un régimen especial de protección.

Por ello, proteger, conservar, restaurar y detener la pérdida de los ecosistemas de manglares se ha convertido en un reto ambiental de la comunidad mundial en los últimos años, por lo que el manejo forestal sostenible de los manglares con las comunidades locales se puede convertir en un factor importante en la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) 5 "Igualdad de género", 13 "Acción por el clima", 14 "Vida submarina" y 15 "Ecosistemas terrestres", y será un aspecto clave para que los manglares cumplan su papel crucial entre la tierra y el mar, concretando de esta manera su potencial para la adaptación al cambio climático y la mitigación de sus efectos (OIMT, 2022).

Teniendo en cuenta lo anterior, el primer paso hacia la restauración del bosque de manglar en la República Bolivariana de Venezuela consistió en realizar, en el marco del Proyecto de Ordenación Forestal Sustentable y Conservación de Bosques en la Perspectiva Ecosocial- GCP/VEN/011/GFF, un estudio de línea base en el año 2021, que permite conocer el estado del ecosistema, su trayectoria histórica, las causas que ocasionaron el cambio y su dinámica actual a nivel nacional, regional, municipal y parroquial, que permita definir una planificación conceptual para la restauración de los bosques de manglar.

Debemos precisar que el área de estudio representa una ventana de los ecosistemas manglares en el país, considerando particularmente aquellos expuestos a una mayor presión antropogénica y sobre los cuales debe priorizarse su atención y protección.

Con la misma orientación, surgió la necesidad de desarrollar un manual de restauración de bosques de manglar en el marco de un plan estratégico de restauración de bosques a nivel nacional, regional y local, que permita prevenir, desacelerar, revertir la deforestación y degradación de este ecosistema en el corto, mediano y largo plazo.

El presente manual pone énfasis en los conceptos que apoyan la planificación de un proceso de restauración, para asegurar los objetivos planteados, antes que en la explicación de técnicas. El propósito es que el lector/usuario entienda integralmente el proceso de restauración. Al finalizar, el lector/usuario debe tener claridad de la importancia de la planificación, discriminar los diferentes actores que intervienen en la restauración, identificar los vacíos que debe llenar, discriminar los diferentes factores de estrés del ecosistema que debe abordar, definir el tipo de técnicas a aplicar, el plan de monitoreo a aplicar, entre otros aspectos que aseguren una mayor probabilidad de éxito.

Este manual constituye una herramienta/instrumento que permitirá orientar los procesos de planificación nacional, regional y local de los proyectos de restauración de los bosques de manglar venezolanos. Para ello, el documento se ha estructurado en cuatro secciones:

1. Marco referencial para la restauración del bosque de manglar
2. Aspectos conceptuales claves para la restauración del bosque de manglar
3. Marco metodológico para la restauración del bosque de manglar
4. Técnicas y acciones para la restauración del bosque de manglar







# Sección 1



# Marco referencial para la restauración del bosque de manglar

## 1.1 Contexto biogeográfico

La República Bolivariana de Venezuela posee una superficie continental de 916 445 km<sup>2</sup> y la ecorregión marino-costera donde se distribuye el bosque de manglar representa 44 454 ha del territorio nacional.

El área de estudio, que permitió caracterizar los manglares del país, se ubicó en los municipios costeros de Venezuela, en los estados Zulia, Falcón, Yaracuy, Carabobo, Aragua, Miranda, Anzoátegui, Nueva Esparta y Sucre y en las zonas insulares (Figura 1), principalmente localizados en la fachada caribe.

### ► Figura 1

#### Ubicación de municipios costeros de la República Bolivariana de Venezuela



Fuente: elaboración propia

Por lo tanto, el presente manual se desarrolla describiendo los pasos, proceso y acciones a seguir como un instrumento guía focalizado en las áreas con mayor perturbación, las cuales se ubican en el Caribe venezolano por estar más pobladas. Adicionalmente, se determinó trabajar con vegetación

nuclear de manglar (FAO 1994), por tratarse de un manual destinado prioritariamente a recuperar humedales marinos-costeros.

Los manglares de la costa venezolana se distribuyen de manera discontinua, dentro de bahías, ciénagas, lagunas, desembocaduras de los ríos y quebradas, permanentes o temporales. Su estado de preservación depende de forma directa de la historia de cambios que han afectado su dinámica, ya sea por causas naturales o antrópicas (agudas o crónicas; visibles o encriptadas) que derivan en una cascada de efectos que modulan su repuesta (Figura 1).

Los manglares del Caribe, en sus áreas continentales e insulares, presentan condiciones marcadamente diferentes a los de la fachada atlántica. Estas diferencias se resumen en el tipo de distribución: en la fachada atlántica es mayormente continua a diferencia del Caribe, donde esta se presenta de manera discontinua; en el porte y desarrollo de los mangles, el cual es considerablemente mayor en el Atlántico; así mismo, su cobertura y extensión es marcadamente mayor a los bosques de la fachada caribe. A este respecto, Conde y Alarcón, en 1993, registran para Venezuela un total de 2500 km<sup>2</sup>, indicando que de estos el 73,4% corresponden a la fachada atlántica, quedando 665 km<sup>2</sup> para el Caribe.

## 1.2 Estado actual del bosque de manglar

La distribución espacial del ecosistema marino del manglar presenta una fuerte asociación con la dinámica físico-territorial que genera la interfaz tierra-agua. En Venezuela se identifican dos formas básicas a nivel de grandes paisajes (Naveda, 2014):

- A: Costas sedimentarias compuestas de llanuras costeras, planicies de inundación y delta, las fuerzas modeladoras combinan, algunas de las antes mencionadas junto con los ríos que generan procesos sedimentarios, donde la estructura de los suelos y los mantos freáticos son afectados por las cuñas salinas del mar, determinando la tipología de los paisajes costeros de inundación.
- B: Costas de origen orográfico, compuestas por acantilados rocosos y sedimentarios, bahías de diversos tamaños y abanicos aluviales, las fuerzas modeladoras dominantes están representadas por la tectónica, las mareas, el oleaje, los vientos y la meteorización salina.

Los manglares de la costa venezolana se distribuyen de manera discontinua dentro de bahías, ciénagas, lagunas, desembocaduras de los ríos y quebradas permanentes o temporales. Su estado de preservación depende de forma directa de la historia de cambios que han afectado su dinámica, ya sea por causas naturales o antrópicas (agudas o crónicas; visibles o encriptadas) que derivan en una cascada de efectos que modulan su repuesta.

Este manual parte de los resultados del estudio realizado, donde el bosque de manglar se encuentra distribuido en el gran paisaje A y B, con una cobertura de 44 454,25 hectáreas, este valor incluye bosques que históricamente no habían sido registrados por la escala espacial empleada en otros estudios del país. Sin embargo, es de interés resaltar que en este estudio se determinó un total de 119 parroquias marino-costeras sobre el Caribe sur y el lago de Maracaibo, que registraban manglar. Este total de parroquias corresponden a nueve estados: Zulia, Falcón, Yaracuy, Carabobo, Aragua, Miranda, Anzoátegui, Sucre y Nueva Esparta. Adicionalmente, este estudio registra cinco localidades insulares con manglar, pertenecientes al territorio insular Miranda (archipiélago de Los Roques, La Orchila e Isla de Aves, de sotavento y barlovento) y dos islas pertenecientes a dependencias federales (La Tortuga y La Blanquilla) para un total de 124 localidades analizadas.

## Cobertura actual del bosque de manglar en el gran paisaje sedimentario y tipos asociados

Para el año 2021, el bosque de manglar distribuido en el gran paisaje sedimentario y tipos asociados, abarcaba una superficie de 35 984,78 hectáreas.

### ► Cuadro 1

#### Cobertura actual del bosque de manglar en el gran paisaje sedimentario y tipos asociados

SECTORES	UNIDAD DE PAISAJE GEOMORFOLÓGICO/ TIPO	DESCRIPCIÓN	COBERTURA MANGLAR (ha) MARZO 2021
A1) Costas del golfo de Venezuela, Coro y península de Paraguaná	A1. TIPO 1	Costa baja Castilletes Paraguachón	804,15
	A1. TIPO 2	Costa inundable del Gran Eneal Sinamaica	17 267,5
	A1. TIPO 3	Llanura costera de Maracaibo	719,52
	A1. TIPO 4	Costa inundable del humedal Los Olivitos-Borojó	5 114,10
	A1. TIPO 5	Costa baja Borojó - El Paují-Arajo.	321,29
	A1. TIPO 6	Delta rio Mitare	397,25
	A1. TIPO 10	Costas con humedales y terrazas terciarias	423,5
	A1. TIPO 11	Costa de acantilados con delgada franja de playa	128,9
	A1. TIPO 12	Playas con pequeñas planicies inundables	66,05
	A1. TIPO 13	Playas con médanos costaneros de Punta. Macolla - Cabo San Román	1,39
	A1. TIPO 14	Playas de arena finas con arrecifes en barrera y humedales costeros	91,59
	A1. TIPO 15	Costas someras con lomas arenosas	23,18
A2) Costa de Golfo Triste	A2. TIPO 21	Llanura costera de desborde de los ríos Aroa y Yaracuy, con línea de costa arenosa	841,35
	A2. TIPO 22	Costa con abanicos aluviales de los ríos Goigoaza- San Esteban y humedales	67,25
A3) Costas de Barlovento, Unare y Barcelona (desde Laguna Grande al sur de Cabo Codera hasta la quebrada Quebradita, entre Puerto La Cruz y Guanta	A3. TIPO 25	Llanura costera inundable de Barlovento.	8487,77
	A3. TIPO 29	Lagunas costeras Unare - Píritu	827,3
	A3. TIPO 30	Delta del rio Unare	304,4
	A3. TIPO 31	Llanura costera del rio Neveri	67,2
	A3. TIPO 32	Llanura costera de Maguey	31,09
		Superficie total con cobertura de manglar para el año 2021 en el gran paisaje A	35 984,78

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a lo expresado en el Cuadro 1, la distribución del bosque de manglar en el gran paisaje sedimentario y tipos asociados está interrelacionada con los aspectos biofísicos específicos del área donde se desarrollan. En este contexto, Sánchez-Arias, *et al.* (2021) resaltan los aspectos característicos de la cobertura del bosque de manglar desde el punto de vista biofísico en el gran paisaje A.

El sector A.1. “*Costas del golfo de Venezuela, Coro y península de Paraguaná*”, por sedimentos fluviomarinos que generan una serie de planicies costeras con características diferenciales dentro de la franja climática semiárida (bioclimaxérico).

En esta zona, las fuerzas que modelan los patrones sedimentarios varían desde los fuertes vientos que generan dunas, corrientes marinas que generan playas arenosas, hasta ambientes protegidos con el efecto de la mezcla de aguas marinas y continentales que dan lugar a sistemas deltaicos, lagunas costeras estuarinas y albuferas. Estas condiciones favorecen una mayor distribución de manglar con 25 358,42 ha (70,47%) en el gran paisaje A.

Dentro de las unidades de paisaje correspondientes a este sector se destaca la unidad de paisaje (A1, Tipo 2) con 17 267,5 ha, correspondiente al complejo Gran Eneal-Sinamaica, caracterizado por poseer un relieve de planicies inundables con lagunas costeras de origen fluvial. Esta unidad posee condiciones altamente propicias para el desarrollo del manglar: fuente de agua dulce por los aportes que generan caños como el Socuy, Guasare y Cachiri (Medina y Barboza 2003), protección contra el oleaje y los vientos por su ubicación geográfica (al estar ubicado en el complejo Lagunar de Sinamaica) y nutrientes, por el material que aportan los ríos y las corrientes marinas.

Por su parte, los bosques de manglar de las unidades de paisaje con formas de relieve de planicies bajas, planicies arenosas e inundables en forma de salinas y lagunas costeras y de planicies bajas con dunas móviles (A1. Tipo 5-14-15) presentan un menor desarrollo por causa de estrés hídrico al estar ubicados bajo un régimen climático semiárido con escasez de fuentes constantes de agua dulce. La unidad A.1. Tipo 4, presenta la segunda cobertura de manglar en el sector A y comparte características similares con la unidad A.1. Tipo 2, pero su posición geográfica hace que tenga mayor influencia marina, una menor protección contra la erosión marino-costera y una menor influencia fluvial.

Del resto podemos destacar las unidades o paisajes geomorfológicos A.3. Tipo 25 correspondiente a la llanura costera inundable de Barlovento, la cual llega a alcanzar las 8487,77 ha de manglar.

### **Cobertura actual del bosque de manglar en el gran paisaje de costas de origen orográfico**

El bosque de manglar distribuido en el gran paisaje de costas de origen orográfico, para el año 2021 abarcaba una superficie de 8 469,47 hectáreas.

► Cuadro 2

**Cobertura actual del bosque de manglar en el gran paisaje de costas de origen orográfico**

SECTORES	UNIDAD DE PAISAJE GEOMORFOLÓGICO/ TIPO	DESCRIPCIÓN	COBERTURA MANGLAR (ha) MARZO 2021
B1) Costa oriental del estado Falcón	B1. TIPO 18	Acantilados terrígenos con estrechas franjas de playas.	125,06
	B1. TIPO 19	Llanuras costeras con humedales (lagunas costeras, ciénagas y salinetas).	3 434,75
	B1. TIPO 20	Complejo costero de ensenadas tectónico - coralinas y acantilados calcáreos del cerro Chichiriviche.	3 711,3
B2) Cordillera de la costa central desde el río San Esteban hasta Cabo Codera	B2. Tipo 23	Acantilado rocoso.	191,85
	B2. TIPO 24	Paisajes sedimentarios intercalados en los acantilados (bahías, ensenadas y abanicos coluvio-aluviales).	11,92
B3) Costas de la Cordillera Oriental (desde la quebrada. Quebradita hasta Punta Narizona en el promontorio de Paria)	B3. TIPO 33	Acantilados rocosos fracturados y basculados con penínsulas y ensenadas.	231,32
	B3. TIPO 34	Abanicos aluviales con humedales asociados	503,42
	B3. TIPO 36	Acantilados rocosos con lomeríos y ensenadas.	23,49
	B3. TIPO 38	Costas con playas y taludes de marea	4,17
	B3. TIPO 39	Complejo península y laguna de Chacopata	157,1
	B3. TIPO 40	Acantilados terrígenos y costas llanas con lagunas mareales.	75,09
Superficie total con cobertura de manglar para el año 2021 en el gran paisaje B			8 469,47

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a lo reportado en la cobertura del manglar en el gran paisaje B, y si se analizan los factores que determinan la distribución de manglar en el sector B1 (Cuadro 2), se cumple la misma condición del sector A1 (Cuadro 1): los planos inundables, los humedales estuarinos, independientemente de su origen, favorecen el desarrollo de los manglares y superan la distribución del manglar en las áreas de playa.

El sector B2 ocupa todo el frente norte de la cordillera de la costa central; este complejo, conforma una línea de costa, básicamente de acantilados rocosos sin línea de playa, interrumpidos secuencialmente por pequeñas unidades de playas con formas de bahías, ensenadas y abanicos coluvioaluviales. En la unidad B2. Tipo 23, el ecosistema de manglar se registra en forma de rodales en las bahías y ensenadas protegidas, formando predominantemente bosques de barra con una cobertura total de 191,85 ha. La forma del relieve para esta zona es de acantilado rocoso de origen tectónico.

Los bosques de este sector se distinguen por su desarrollo y belleza paisajística, recibiendo aportes fluviales. El subsector B2. Tipo 24 está conformado por unidades sedimentarias intercaladas a lo largo de los acantilados de origen coluvioaluvial; en esta zona el bosque, se ubica en pequeños parches asociados exclusivamente en desembocaduras de ríos y quebradas intermitentes.

Esta zona presenta una alta dinámica tectónica y como particularidad presenta un bosque relictual de manglar de 4,08 ha, a más de 3,0 m de altura sobre el nivel del mar y sin intercambio mareal.

Al comparar el sector B3 con otros sectores, es el que presenta menor cobertura de manglar debido a que las formas de relieve presentes no favorecen la expansión de este, a excepción de la forma de releve de planicies aluviales en forma de abanico o delta como fase de salida al mar de algunos ríos (Santa Fe, Manzanares, Cautaro, Guaracayal, Mariguítar, Tarabacoa, Cachamaure y otros). Los mismos se ubican entre tramos de acantilado, en planicies de caños abandonados y en pequeñas lagunas costeras (Cuadro 2).

### 1.3 Tendencias del bosque de manglar

El bosque de manglar del Caribe venezolano culturalmente ha sido utilizado como fuente de madera y leña, aunque no se puede hablar de una explotación forestal de gran magnitud, como la que se registra en bosques del Pacífico o del Atlántico.

Las mayores deforestaciones de manglar están asociadas a desarrollos turísticos cercanos a centros poblados, que son percibidos como impulsores de desarrollo por las comunidades y como mejoradores del ambiente al extenderse la idea que relaciona el manglar con focos de enfermedad y pobreza.

Lo anterior contrasta con las comunidades locales aisladas de centros poblados, donde el manglar hace parte de su cotidianidad, es valorado y reconocen que lo protegen, y del cual derivan sustento y divertimento. Esto se evidencia claramente con las comunidades de pescadores y con las comunidades indígenas que han logrado integrarse como parte del ecosistema de manglar. En el Caribe, tal es el caso de los bosques ubicados en Sinamaica, donde el mayor registro de uso de productos forestales no maderables se registra especialmente en bosques donde vive la comunidad indígena añú y en las parroquias aledañas.

Sin embargo, existe una relación entre la presencia de centros urbanos y el registro de bosques urbanos y periurbanos en aquellas unidades de paisajes vinculadas a ambientes sedimentarios. Una de las causas puede obedecer al patrón histórico de asentamiento, vinculado a una topografía que facilitara el intercambio comercial y donde incluso la presencia del bosque de manglar se constituyó en una fuente de madera para la construcción de puertos, casas y alumbrado eléctrico.

Desafortunadamente, esta visión foránea que desvaloriza la conservación del ecosistema de manglar se mantiene en el momento de realizar planes de desarrollo que promocionan, para aumentar la belleza "paisajística", el uso de otras especies y reemplazan el manglar.

Así mismo, el diagnóstico del estado actual del bosque de manglar realizado por Sánchez-Arias, *et al.* (2021) reporta que gran parte de los manglares que presentan degradación están bajo un régimen especial de protección (parques nacionales, monumentos nacionales, reservas de fauna silvestre, refugios de fauna silvestre).

Debido a ello, se han venido acumulando una serie de problemas ambientales a lo largo de décadas, que al pasar los años se constituyen en limitantes que impiden una respuesta efectiva en la protección y restauración del ecosistema de manglar. Por ejemplo, el área bajo régimen de administración especial (ABRAE) decretada hace menos de 15 años como la reserva de fauna Hueque-Sauca (estado Falcón) hoy en día registra una de las mayores pérdidas de bosque de manglar (superior al 95% de su cobertura original).

Lo antes descrito se evidencia en los resultados obtenidos por Sánchez *et al.* 2021, donde se determina que la superficie de bosque de manglar distribuida en el gran paisaje A y B, es de 44 454,25 hectáreas (444,54 km<sup>2</sup>) y estudios previos publicados en el *Libro rojo: Ecosistemas terrestres de Venezuela* reportan para los estados considerados en este estudio, sin incluir el territorio insular, una superficie estimada de 2121 km<sup>2</sup> para el año 1988 y una superficie estimada de 2333 km<sup>2</sup> para el año 2010.

En el caso de la zona Caribe sur, Conde y Alarcón, en 1993 registran para el país un total de 665 km<sup>2</sup>; Rodríguez, Rojas-Suárez y Giraldo, en el año 2010, reportan una cobertura aproximada de bosques de manglar de 1277 km<sup>2</sup>, mientras que para el año 2021 se registra una cobertura de 444,54 km<sup>2</sup> de bosques de manglar en áreas continentales e insulares (lago de Maracaibo y Caribe); este valor incluye bosques que históricamente no habían sido registrados por la escala espacial empleada.

Al comparar en este mismo ejercicio los reportes del indicador superficie ocupada por el bosque de manglar por estado del país, de Huber y De Oliveira-Miranda (2010), las cifras reflejan pérdidas de cobertura de bosque de manglar muy altas encontrándose en situación de peligro crítico y en peligro (cuadros 3 y 4).

### ► Cuadro 3

#### Cobertura y tendencia estimada del bosque de manglar por estado del país

Estados	Superficie en km <sup>2</sup>		Tendencia estimada general
	Año 2010	Año 2021	
Anzoátegui	13	13.06 ▲	
Aragua	6	0,65 ▼	
Carabobo	31	6,09 ▼	
Dependencias Federales	219	20.81 ▼	
Falcón	273	110.22 ▼	
Miranda	162	83,92 ▼	
Nueva Esparta	39	19.41 ▼	
Sucre	1090	44.04 ▼	
Yaracuy	8	0.90 ▼	
Zulia	492	339.54 ▼	

Fuente: elaboración propia a partir de Huber y De Oliveira-Miranda (2010)

Llama la atención la diferencia en cifras de bosques de manglar que se registran para la República Bolivariana de Venezuela, por lo que existe un margen de error alto, producto de las metodologías y la escala empleada. De ahí deriva la importancia de tener un estudio de línea base a la escala apropiada de detalle, para poder llevar a cabo un adecuado plan de restauración nacional. Una situación que limita estimar una tasa anual de pérdida del bosque de manglar con un alto nivel de certidumbre.

Sin embargo, si se hace un ejercicio de aproximación y se compara la cobertura que se deriva del estudio por cada una de las entidades estatales con lo reportado en el *Libro rojo: Ecosistemas terrestres de Venezuela*, se obtendría una cifra alarmante, la cual expresa claramente la necesidad de estandarizar los métodos de análisis de acuerdo con el objetivo propuesto.

Debido a esta situación en el diagnóstico del estado y presión en el bosque de manglar venezolano, se enfocó su metodología a una escala muy detallada para determinar con mayor precisión la situación de los bosques desde la perspectiva de cada parroquia marino-costera, principalmente aquellas sobre

el Caribe sur y el lago de Maracaibo, por lo que ofrece una base sólida para determinar a nivel estatal la situación de los bosques de manglar en el país y brinda elementos para determinar las zonas que deben ser priorizadas para un proceso de restauración.

Es así como el análisis detallado de áreas empleando herramientas geomáticas determinó un total de 119 parroquias marino-costeras sobre el Caribe sur y el lago de Maracaibo, que registraban manglar. Este total de parroquias corresponden a nueve estados: Zulia, Falcón, Yaracuy, Carabobo, Aragua, Miranda, Anzoátegui, Sucre y Nueva Esparta. Adicionalmente, este estudio registra cinco localidades insulares con manglar, pertenecientes al territorio insular Miranda (archipiélago de Los Roques, La Orchila, Isla de Aves de sotavento y barlovento) y dos islas pertenecientes a las dependencias federales (La Tortuga y La Blanquilla) para un total de 124 localidades.

Para el diagnóstico del estado actual de los bosques de manglar del país se tomó como referencia el índice cuantitativo de salud (Guzmán y Menéndez, 2006), que parte de un modelo equiponderado como una primera aproximación, el cual se determinó a partir del cociente obtenido entre el número de tensores identificados en cada sector sobre el total de tensores identificados a nivel regional y para la República Bolivariana de Venezuela. A partir del índice obtenido, se definió la complejidad por estado y parroquia de la presión sobre los bosques de manglar (Cuadro 4) siguiendo la siguiente escala: Muy alta (de 100 a 71), Alta (de 70 a 67), Media (de 66 a 62), Baja (de 61 a 42) y Muy baja (41 o menos).

#### ► Cuadro 4

##### Nivel de presión registrado sobre los bosques de manglar por estado y número de parroquias

	# de parroquias con manglar	Porcentaje de parroquias de acuerdo al nivel de presión registrado sobre los bosques de manglar de su territorio					Valores riesgo de desaparición en porcentaje a partir del análisis a nivel de Parroquia					
		Complejidad Muy Alta	Complejidad Alta	Complejidad Media	Complejidad Baja	Complejidad Muy baja	EL	CR	EN	VU	NT	LC
ZULIA	45	13		17	68	2	2	78	20	0	0	0
FALCÓN	21	30		25	45		5	71	24	0	0	0
YARACUY	1	100					0	100	0	0	0	0
CARABOBO	5		100				0	100	0	0	0	0
ARAGUA	1					100	0	100	0	0	0	0
MIRANDA	5	40	60				0	60	20	20	0	0
ANZOÁTEGUI	13	46	54				0	92	8	0	0	0
SUCRE	17	12		25	29	34	0	100	0	0	0	0
NUEVA ESPARTA	12	8	34	8	50		0	92	8	0	0	0
DEPENDENCIAS FEDERALES	2					100	0	100	0	0	0	0
TERRITORIO INSULAR	3				25	75	0	75	25	0	0	0
% TOTALES												
Venezuela	125	22,6	22,5	6,8	19,7	28,3	0,6	88,0	9,5	1,8	0,0	0,0

CR = Peligro crítico  
EN = En peligro  
VU = Vulnerable  
NT = Casi amenazado  
LC = Preocupación menor

Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que una mayor complejidad exige una acción más contundente, pero una baja complejidad no significa que no se constituya en una amenaza que termine desapareciendo el bosque. En ambos casos hay que actuar, especialmente si el riesgo de desaparición del bosque es alto.

Lo reflejado en los cuadros 3 y 4 representa el resultado de un diagnóstico de la situación actual de los bosques de manglar del Caribe sur venezolano a nivel estatal, donde se destacan los aspectos relevantes del estado de riesgo, presión y respuesta.

### **Presión sobre el ecosistema de manglar**

La presión sobre el ecosistema de manglar se evalúa como la sumatoria de presiones sobre el ecosistema de manglar, teniendo en cuenta lo local y la conectividad funcional a diferentes escalas espaciales. Una complejidad muy alta indica que recuperar la capacidad de resiliencia del bosque puede implicar más tiempo y esfuerzo, a diferencia de una baja complejidad. Así mismo, una alta complejidad en un sistema afectado donde aún se registran rodales sobrevivientes puede indicar la necesidad de una restauración, toda vez que el sistema puede estar a punto de sobrepasar su capacidad de respuesta y amenazar la desaparición del bosque que aún sobrevive.

Al integrar los resultados de cada estado a partir de la información generada en las parroquias (Cuadro 4), se observa que los estados Miranda, Yaracuy, Carabobo y Anzoátegui presentan la mayoría de los bosques de sus parroquias bajo un alto grado de presión (categorías Alta y Muy alta), asociados a bosques urbanos y periurbanos, sobrevivientes. Zulia, por su parte, presenta una baja complejidad en términos de número de presiones, pero la zona afectada hace más de tres décadas presenta, en la actualidad baja recuperación, lo que indica que el grado de presión, aunque pertenece a la categoría Baja, es suficiente para detener la respuesta resiliente de los bosques afectados (caso La Tigra). Cabe anotar que una mayor complejidad exige una acción más contundente, pero una baja complejidad no significa que no se constituya en una amenaza que termine desapareciendo el bosque. En ambos casos hay que actuar, sobre todo si el riesgo de desaparición del bosque es alto. El territorio insular es un ejemplo de esto: presenta una baja complejidad, la mayoría de sus islas no poseen población permanente. En el caso del archipiélago de Los Roques, donde se registra población, todo su territorio está bajo régimen especial de protección por ser un parque nacional, pero a pesar de esto se registran rodales afectados en todo su territorio. Sin bien el deterioro se presenta principalmente por causas locales y climáticas, esta zona es prioritaria, toda vez que no actuar y no recuperar para promover resiliencia puede significar que muchas áreas queden expuestas a la erosión y que sean más vulnerables a los efectos del cambio climático. Esto se cumple también para Nueva Esparta, por ser un conjunto de tres islas. En el caso de Sucre, presenta el 88% de sus parroquias entre las categorías bajas a media y un 12% con una alta complejidad, pero el componente social es especialmente fuerte, ya que la mayoría de las poblaciones en las zonas más aisladas derivan su sustento de la pesca.

### **Estado de riesgo del manglar**

En cuanto al estado de riesgo de desaparición, el presente estudio evidencia la importancia de la escala espacial en el momento de ejecutar un diagnóstico para la restauración y conservación de los bosques de manglar a nivel estatal. Por ejemplo, en cuanto al estado de riesgo de desaparición, Rodríguez, Rojas-Suárez y Giraldo (2010, 324) indican que en el ámbito nacional los bosques de manglar se encuentran bajo la condición de preocupación menor (LC) de acuerdo con el criterio C2. No obstante, estos autores aclaran que al cambiar el objeto y escala de análisis a nivel estatal, solo los estados Aragua y Yaracuy están en peligro crítico (CR) y los estados Anzoátegui, Carabobo, Falcón, Miranda,

Nueva Esparta, Trujillo y Zulia y las dependencias federales se hallan en peligro (EN). Los estados que tienen costas sobre la fachada atlántica se mantienen en la categoría de preocupación menor (LC). No obstante, los resultados de este estudio muestran que la situación a nivel estatal cambia de manera importante al generar la información basada en los bosques presentes en las parroquias costeras que posee cada estado. Por ejemplo, el 100% de los bosques ubicados en las parroquias de cuatro estados: Aragua, Yaracuy, Carabobo, Sucre, y las dependencias federales presentaron la categoría de riesgo crítico (CR) de desaparecer; así mismo, el 92,0% de las parroquias del estado Anzoátegui y el 90,0% de las parroquias de Nueva Esparta muestran bosques con categoría CR. Por su parte, Falcón y Zulia presentan un 77,8% y 71,4% de sus parroquias con categoría CR, respectivamente, seguido por el territorio Insular con un 75% de su territorio en esta categoría. De acuerdo con estos resultados, es evidente que la situación de los bosques de manglar del Caribe sur venezolano presenta un alto riesgo de desaparición, pues más del 85% de los bosques de manglar de los estados marino-costeros tienen un 50% de probabilidad de estar eliminados en un plazo de 50 años.

En cuanto a la categoría EN, el territorio insular Miranda registra el 25% de su territorio en esta categoría. Le sigue Falcón con el 24%, y Zulia y Miranda con iguales porcentajes de 20%. Por su parte, Nueva Esparta y Anzoátegui presentan un 8% de sus parroquias.

La categoría VU solo está representada en Anzoátegui en un 20% de sus parroquias.

Llama la atención que las categorías NT (no amenazado) y LC (preocupación menor) no están representadas en ningún estado del Caribe sur venezolano, a diferencia del Atlántico venezolano (Cuadro 4).

La categoría VU solo representa un 2,2% de los bosques de las parroquias del estado Zulia y un 33,3% de los bosques de las parroquias de estado Anzoátegui.

## Respuestas para la restauración del bosque de manglar

- Si se analizan las presiones registradas y el estado de riesgo de los bosques del Caribe sur venezolano, la respuesta debe ser la implementación de un plan nacional de restauración, aplicado a todos los estados marino-costeros y al territorio insular, pues es imperativo revertir la tendencia. Igualmente se requiere con urgencia incluir el concepto de *conectividad funcional o ecológica* dentro de las políticas de protección del ecosistema de manglar, y empoderar a las comunidades para que estas participen en la toma de decisiones sobre cualquier proyecto que afecte su territorio.
- En la situación y condiciones actuales de los bosques de la zona costera, las prioridades de acción deben establecerse a partir de las comunidades locales y la memoria de cambios integrada al componente socioeconómico y cultural, para lo cual se necesita un programa de formación de restauradores comunitarios.
- La mayor afectación de los bosques de manglar, por ser humedales, está relacionada con aquellas causas que generan procesos de alteración de la dinámica hídrica (sedimentación, erosión, estancamiento, etc.).
- La degradación de las cuencas es una de las causas principales que generan estos procesos, por lo que se hace indispensable integrar al plan de restauración del manglar, labores de protección de las cuencas asociadas. Debido a que también la degradación de ecosistemas marinos costeros (corales, praderas de fanerógamas) promueven procesos erosivos, deben ser incluidos en estos planes.
- Se debe tener en cuenta que todo bosque de manglar, independientemente de su área, posee una importancia funcional. Casos como los manglares del estado Aragua requieren una gran atención, pues están conectados funcionalmente con el Parque Nacional Henri Pittier, teniéndose mejores resultados al enfocar la protección únicamente en el área donde se ubica el bosque. Con ello se muestra la importancia de declarar áreas de protección, pues se presentan zonas con deterioro

relacionado con el manejo actual en la boca y ciénaga, las cuales son fundamentales para las comunidades locales debido a que de ellas devengan su sustento, ya sea a través de la pesca o a través del turismo por la belleza escénica que provee el manglar. Casos como estos se repiten a lo largo de la costa del Caribe; por lo tanto, la priorización debe partir de la integración de esfuerzos tierra-mar y mar-tierra, y debe ser realizada con la participación y toma de decisión de la comunidad local.

### **Aspectos a considerar**

El estado actual del bosque de manglar y su dinámica de cambio obedece a las condiciones edafoclimáticas que a nivel de paisaje modulan el ecosistema de manglar de cada municipio y las diversas variables de presión, que varían según el estado, municipio y parroquia de la ecorregión marino-costera venezolana, lo cual debe considerarse para iniciar un proceso de planificación con planes y proyectos de restauración del bosque de manglar venezolano.

Por ser este trabajo un manual e instrumento enfocado hacia la restauración, el diagnóstico sienta las bases para su abordaje, priorizando los bosques de manglar ubicados sobre el Caribe de la ecorregión marino-costera continental e insular y el lago de Maracaibo, por ser el territorio con mayor densidad de población en la República Bolivariana de Venezuela y donde se presenta la mayor amenaza de desaparición.

Este es un insumo clave para que el lector pueda ponderar el nivel de importancia de cada causa identificada, determinar el tipo de deterioro que generó y los principales aspectos a tener en cuenta al momento de realizar un proceso de restauración y tomar las decisiones técnicamente adecuadas.

## **1.4 Contexto legal e institucional en la República Bolivariana de Venezuela para la restauración de manglares**

De acuerdo con la Red ARA (2011), en los últimos años se han realizado esfuerzos importantes para la conservación de ambiente. La incorporación de los derechos ambientales en la Constitución nacional, el aumento de la participación de las comunidades locales en el desarrollo de programas de conservación y la incorporación de nuevas leyes de protección ambiental son pasos fundamentales para la protección del ambiente. Nuestro país es signatario de más de treinta convenios Internacionales, que, en forma de leyes aprobatorias, comprometen al Estado venezolano a actuar efectivamente en la conservación de las condiciones ambientales y en la defensa del patrimonio ambiental común. Es por ello que la gestión ambiental se establece como una política de Estado al incluirla y desarrollarla en el quinto objetivo histórico del Plan de la Patria 2019-2025: “Contribuir con la preservación de la vida en el planeta y la salvación de la especie humana”, por lo que esta plasma un proceso constituido por un conjunto de acciones o medidas orientadas a diagnosticar, inventariar, restablecer, restaurar, mejorar, preservar, proteger, controlar, vigilar y aprovechar los ecosistemas, la diversidad biológica y demás recursos naturales y elementos del ambiente, en garantía del desarrollo sustentable (Ley Orgánica del Ambiente, GORBV N° 5.833 del 22/12/2006).

### **Aspectos legales relevantes**

A partir de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, se cuenta con una variedad de instrumentos para la conservación y manejo del ecosistema de manglar, desde leyes orgánicas que protegen el ambiente, el territorio y los espacios acuáticos e insulares, hasta decretos específicos para

su protección en todas sus manifestaciones, tanto biológicas como de los espacios vitales asociados (decreto N.° 1843; N.° 623).

Existen otros instrumentos legales, vinculados a la gestión y manejo del bosque de manglar, asociados a toda la normativa técnica establecida por la Ley Orgánica del Ambiente y otras leyes vinculantes, entre las que se destacan:

La Ley de zonas costeras, promulgada en el 2001, cuyo objeto es establecer las disposiciones que regirán la administración, uso y manejo de las zonas costeras, al objeto de su conservación y aprovechamiento sustentable, como parte integrante del espacio geográfico venezolano (Título 1. Disposiciones generales). Reconoce que constituyen parte integral de las zonas costeras los elementos como arrecifes coralinos, praderas de fanerógamas marinas, manglares, estuarios, deltas, lagunas costeras, humedales costeros, salinas, playas, dunas, restingas, acantilados, terrazas marinas, costas rocosas, ensenadas, bahías, golfos, penínsulas, cabos y puntas (artículo 3.°).

En este mismo contexto, la Ley de Gestión de la Diversidad Biológica vigente (GORBV N.° 39.070 del 1/12/2008) establece:

- La protección de especies autóctonas.
- El fomento y desarrollo de tecnologías ambientalmente seguras, destinadas fundamentalmente a inventariar, conservar y restaurar, con énfasis en el restablecimiento y el manejo de los diversos componentes de la diversidad biológica.
- La adopción de acciones y medidas para la vigilancia y el control de actividades capaces de degradar la diversidad biológica y modificar negativamente los procesos ecológicos propios de ella.
- La incorporación de aquellos conocimientos tradicionales de las comunidades locales, pueblos y comunidades indígenas que sean utilizables como prácticas favorables para la conservación, aprovechamiento y manejo de la diversidad biológica.
- La compatibilización entre las actividades antrópicas y el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales que se deriven de la diversidad biológica.
- La prevención, seguimiento, evaluación, mitigación, corrección y reparación de las alteraciones a la diversidad biológica causadas, directa o indirectamente, por actividades humanas o eventos naturales extremos.

Asimismo, en la Ley de Bosques se establece la rectoría de la gestión forestal a través del Ministerio con competencia ambiental, cuyos fines señalan las acciones y medidas que se deben ejecutar para lograr la sustentabilidad y sostenibilidad del recurso bosque y el patrimonio forestal. Esto da garantía de que se planifiquen e implementen planes, programas, proyectos y obras vinculadas a la restauración del bosque bajo los principios de sustentabilidad, integralidad y uso múltiple, participación ciudadana, corresponsabilidad, transversalidad, precaución, desarrollo endógeno, pluriculturalidad y multietnicidad. Y estipula que para el establecimiento, mejoramiento y fomento de bosques, se deben desarrollar actividades de forestación, reforestación, repoblación, y la aplicación de técnicas silviculturales para el mejoramiento de los bosques naturales y plantados, el establecimiento de plantaciones forestales, la promoción y conservación de bosques como sumideros de carbono, el establecimiento de sistemas agroforestales y cualquier acción que propenda a aumentar la superficie boscosa, y al mejoramiento, recuperación, restauración, rehabilitación y conservación de los bosques existentes.

Para el cumplimiento de estas competencias vinculadas a las estrategias, métodos y técnicas de restauración de bosques, cada estado y municipio destinará el uno por ciento (1%) de su presupuesto anual.

Entre las medidas administrativas cautelares, se contempla la recuperación y la protección integral del patrimonio forestal. Dentro de las sanciones se consideran, en esta ley, la reparación, recuperación, rehabilitación, restauración o reordenamiento, con individuos de la misma especie u otros árboles adecuados, en los sitios donde se hubiera ocasionado el daño, a costa del infractor.

## Aspectos institucionales relevantes

Venezuela cuenta con un amplio marco constitucional y legal que establece la institucionalidad necesaria para promover, planificar e implementar acciones de restauración de bosques de manglar. El Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo es el responsable de implementar la política pública de ordenación y conservación de los bosques de manglar a través del Viceministerio de Servicio de Gestión del Ambiente; Direcciones Generales de Patrimonio Forestal, Políticas de Gestión y Conservación de Ecosistemas y a través del Viceministerio para la Preservación de la Vida y la Biodiversidad, la Dirección General de Políticas para el Fortalecimiento y Defensa de la Biodiversidad.

Lo antes descrito evidencia que existen condiciones propicias para establecer en el país el manejo forestal sostenible y la restauración de los manglares con las comunidades locales, donde estas acciones se pueden convertir en un factor importante en la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) 5 "Igualdad de género", 13 "Acción por el clima", 14 "Vida submarina" y 15 "Ecosistemas terrestres".





# Sección 2



# Aspectos conceptuales claves para la restauración del bosque de manglar

## 2.1 Resiliencia en ecosistema de manglar

El primer significado es el más común y se refiere a la “ingeniería de resiliencia” (*engineering resilience* en inglés) (Holling 1996, 32) citado en: Gunderson *et al.* 2002), que parte de un sistema cercano a un “estado uniformemente estable” (*stable steady state* en inglés) en donde la resiliencia es la habilidad para retornar a dicho estado una vez que ha ocurrido una alteración.

El segundo significado lo citan como “resiliencia ecológica” (*ecological resilience* en inglés), el cual enfatiza sobre condiciones muy lejanas a un estado estable (*steady state*), donde la perturbación puede llevar a un sistema a otro régimen de comportamiento diferente (Gunderson *et al.* 2002). En este caso, la resiliencia es medida como la magnitud de perturbación que puede ser absorbida antes de que el sistema redefina su estructura por cambios de variables y procesos que controlan su comportamiento.

La resiliencia de un sistema posee tres propiedades: a) la cantidad de daño que el sistema puede sobrellevar o la cantidad de fuerzas externas que puede resistir; b) el grado de organización por el cual el sistema es capaz de autoorganizarse, contra la organización forzada por una fuerza externa; c) la capacidad para aprender y/o adaptarse como respuesta a una alteración (Carpenter *et al.* 2001). El conocimiento de los factores que obstaculizan el establecimiento de las plantas luego de una perturbación puede contribuir al conocimiento de los mecanismos de sucesión (Connell y Slatyer 1977). Es así como Klijn y De Haes (1994) dicen que el encadenamiento de procesos que se desatan tras la perturbación sigue la dirección de los flujos de energía y materia que indican el itinerario del modelo de organización jerárquica de los ecosistemas.

Los manglares tienen una variedad de características que contribuyen a su resiliencia (Alongi 2008): 1) Reservorio de nutrientes del suelo; 2) tasas rápidas de flujos de nutrientes y descomposición microbiana que facilita la recirculación; 3) controles bióticos altamente eficientes (eficiencia en el uso de agua y nutrientes); 4) autodiseño y una simple arquitectura que permite una rápida reconstrucción y rehabilitación; 5) redundancia de especies claves que permiten la restauración de la función y estructura del bosque; 6) patrones de retroalimentación positiva y negativa que le proveen maleabilidad.

Al final, y en todos los casos, los componentes estructurales menores, como la vegetación, la fauna o los microorganismos, terminarán por verse afectados; por lo tanto, para cada perturbación es necesario caracterizar el nivel jerárquico o escala espacial prioritaria de donde esta parte (punto de ataque) y posteriormente se debe evaluar, mediante diferentes métodos, la cascada de efectos que se transfieren a los niveles inferiores (Klijn y De Haes 1994).

Se sabe que para mantener cualquier función de un ecosistema se necesita una composición mínima de organismos que permita que se establezcan las relaciones entre productores primarios, consumidores y descomponedores para que, de esta forma, se posibilite el flujo de energía y el ciclo

de nutrientes. Al respecto, Bertrand (1999) concluye que, enfatizando sobre las propiedades jerárquicas del manglar, la aplicación de un análisis de proceso-respuesta puede permitir avances importantes en el entendimiento de la interacción entre procesos bióticos y abióticos del ecosistema de manglar. Como regla general añade que los patrones sucesionales dependientes de la variación de los gradientes ambientales, como aquellos que reciben grandes cantidades de sedimento alóctono ya sea por vía terrestre o por mareas, tienen una baja probabilidad de encontrar en el manglar comunidades en estado estable, y afirma que la dirección y magnitud de los cambios en las comunidades a través del tiempo puede ser impredecible.

Por lo tanto, al ocurrir una perturbación tal que elimina poblaciones claves, por ejemplo, la población de manglar, y al pasar el tiempo, no tener registros de recolonización natural a pesar de tener acceso a fuentes de semillas (Primack *et al.* 2001), se asume que la capacidad de resiliencia ha sido sobrepasada.

### **Conectividad funcional**

Se refiere a las relaciones que existen entre uno o varios ecosistemas que van más allá de contacto espacial directo o vectores visibles. La conectividad funcional deriva del primer principio de la ecología: "Todo está conectado con todo" (Barry Commoner). Por tanto, al analizar los efectos de una acción, es importante entender que cada ecosistema tiene su mapa particular de relaciones funcionales, las cuales determinan su dinámica, desde la escala a nivel de paisaje físico-estructural hasta la unidad mínima de hábitat.

El no incluir el análisis de la conectividad funcional al momento de realizar un diagnóstico (estudio) de impacto ambiental, ha traído como consecuencia que se aprueben obras de infraestructura a kilómetros de la costa, que con el pasar de los años afectan de manera drástica la integridad del ecosistema de manglar. Tal es el caso de la construcción de represas (caso de Hueque, estado Falcón), la explotación de arenas tierra adentro y su efecto sobre procesos de sedimentación en manglar (laguna de La Restinga, Nueva Esparta), la construcción de carreteras y su efecto sobre los pulsos de agua en el bosque de manglar en ambientes áridos (Alta Guajira, estado Zulia), la destrucción de dunas (Castilletes, estado Zulia), etc.

Así mismo, la afectación de corales ubicados a kilómetros de distancia puede incidir sobre la protección de los bosques ubicados en las zonas marino-costeras (caso Parque Nacional Morrocoy, estado Falcón). El conocimiento de la dinámica de corrientes marino-costeras locales que afectan un bosque, así como de las fuentes de agua originarias que generan los pulsos hídricos que llegan a determinado bosque puede ayudar a promover la resiliencia de un sistema que está siendo afectado.

### **Relaciones tróficas**

Otro aspecto importante para el estudio del ecosistema de manglar se refiere a sus relaciones tróficas. Para entender la dinámica del ecosistema de manglar, es necesario conocer las interacciones multiespecíficas, incluyendo los flujos tróficos, las eficiencias de asimilación, la energía transferida y disipada. Esto se refleja en abundancia, distribución y persistencia de los componentes biológicos que finalmente regulan la productividad primaria, y la variabilidad ambiental (Vega-Cendejas y Arrequín-Sánchez 2001).

### **Equilibrio dinámico y resiliencia**

Una perturbación es cualquier evento relativamente discreto en el tiempo que trastorna la estructura de una población, comunidad o ecosistema y cambia los recursos, la disponibilidad de sustrato o el

ambiente físico. La importancia de las perturbaciones periódicas naturales ha sido demostrada sobre la dinámica de las comunidades y ecosistemas. Cuando las perturbaciones son muy intensas, los ecosistemas muy diversos y complejos se “simplifican”, conservando pocas especies e interacciones. Sin embargo, el sistema puede regenerarse rápidamente, porque la perturbación libera recursos que son fácilmente aprovechados. Este tipo de perturbaciones naturales renueva el sistema si su magnitud no afecta de modo significativo a las fuentes de germoplasma en los alrededores. En cambio, las perturbaciones antrópicas normalmente no liberan recursos; de hecho, modifican tan profundamente algunas propiedades del sistema que las especies no tienen la capacidad de aprovecharlos (Rapport y Whitford 1999).

La pérdida de la capacidad de regeneración tiene como principal consecuencia la degradación del sistema. De acuerdo con Rapport y Whitford (1999), los síntomas de la degradación son similares entre ecosistemas; estos autores proponen tres procesos como las principales causales de esta sintomatología:

1. interrupción de los ciclos de nutrientes;
2. estrategias adaptativas de las especies invasoras, y
3. desestabilización de sustratos.

Indican que las perturbaciones antrópicas que inciden sobre uno o varios de estos procesos ocasionan el daño irreversible de los ecosistemas causando una imposibilidad de regeneración que permanece activa aun cuando la fuente de la perturbación desaparezca.

La ecología de la restauración investiga y provee la metodología para el restablecimiento de las poblaciones y comunidades completas en hábitats degradados. No solo tiene un valor práctico, sino también teórico, puesto que constituye una prueba experimental para las hipótesis y teorías ecológicas. Si el grado de conocimiento acerca de una comunidad o ecosistema que se desea restaurar es suficiente y las teorías aplicadas son verdaderas, entonces las acciones de la restauración ecológica deberían conducir al restablecimiento de sus procesos ecológicos y composición de especies (Primack *et al.* 1998).

El concepto del “régimen dinámico” (dynamic regime en inglés) para el manejo y restauración de ecosistemas se basa en que los ecosistemas son sistemas dinámicos con la capacidad de responder de forma no lineal a las perturbaciones y a las interacciones dadas a diferentes escalas. El régimen dinámico es definido por la teoría de sistemas como el conjunto estable de relaciones internas entre especies y su ambiente bajo una determinada condición espacial. Un ecosistema puede tener numerosos regímenes posibles, y el tamaño y forma de estos es dictado por las relaciones internas, las cuales a su vez pueden promover el cambio de un régimen (Mayer y Rietkerk 2004).

Las fuerzas externas que influyen sobre los ecosistemas pueden promover cambios de regímenes de forma lenta o sorpresiva (Mayer y Rietkerk 2004). Estas fuerzas pueden, de acuerdo con Twiley y Rivera-Monroy (2005), ser concebidas para el manglar en tres escalas: global (clima, biogeografía), regional (geomorfología y geofísica: descargas de ríos, corrientes marinas) y local (topografía). A su vez, determinan el gradiente de regulación que influye sobre la salinidad, contenido de sulfuros, redox, pH; sobre el gradiente de recursos influyen: luz, nutrientes, espacio y otras variables relacionadas con la productividad; y por último fijan el hidroperíodo; los cuales en conjunto controlan la productividad de cualquier unidad de hábitat de manglar.

El comportamiento dinámico de los flujos y poblaciones ha sido ampliamente estudiado y difundido. (Bertrand 1999; Chen y Twiley 1999; Davis *et al.* 2001; Feinsinger 2004). De acuerdo con Mayer y Rietkerk (2004), el término *equilibrio* prevaleció mientras los ecosistemas fueron considerados como sistemas estáticos y se refería a un tipo de comunidad a la que el sistema retornaba, una vez que ocurría una perturbación. El término *equilibrio múltiple* es un punto de vista más reciente, en donde se acepta que

el ecosistema pudiese retornar en comunidades diferentes de acuerdo con el tipo e intensidad de la perturbación y de acuerdo con las condiciones del sistema antes de la perturbación.

## 2.2 Ecosistema de manglar y resiliencia

Los ecosistemas de manglar tienen una amplia distribución intertropical y están expuestos a una alta variabilidad de ambientes edáficos, climáticos y regímenes hidrológicos, bien diferenciados. La eficiencia de los mecanismos fisiológicos de los bosques de mangle, les permiten la ocupación exitosa de estos hábitats donde otras especies no pueden desarrollarse (Lüttge 2002, 113-135). El manglar, al igual que todo sistema ecológico natural, se mantiene en su entorno en un equilibrio dinámico, sustentado por una compleja dinámica evolutiva de sus suelos, de sus poblaciones integrantes y de su eficiencia productiva (Pannier y Fraño 1989, 68). Sus características permiten que puedan crecer en zonas inundables anóxicas, con alto contenido de iones cloruro, suelos inestables y presencia de material orgánico. Los mangles han desarrollado mecanismos especiales de supervivencia, tales como sus sistemas de reproducción (vivíparos o criptovivíparos) y el sistema de dispersión de embriones (Jiménez 1994, 336). Se caracterizan por poseer raíces para su arraigamiento a suelos inestables, lenticelas o poros que hacen posible la translocación de oxígeno del aire al suelo anóxico, y un sistema de filtración y excreción de sales que les permite sobrevivir en medios saturados de iones. Constituyen un importante elemento de articulación entre los sistemas marinos y terrestres, aportando a los suelos costeros la depuración necesaria para permitir la posterior implantación de vegetación terrestre (Grosso *et al.* 1997).

La secuencia de colonización de las diferentes especies de manglar ha sido la razón para tipificar manglares de acuerdo con sus características fisiográficas (Lugo y Snedaker 1974; FAO 1994). Se proponen los siguientes cinco tipos:

- Manglares de cuenca o ensenada. Se ubican en las partes internas de los bosques y se comunican permanentemente con el mar mediante canales estrechos. El flujo de agua circundante es lento, laminar y cubre áreas de gran extensión y de bajo relieve topográfico. Este bosque es especialmente sensible a la inundación prolongada y a la alteración hídrica. Normalmente se encuentra *Rhizophora mangle* (mangle rojo) si hay influencia de marea, mientras que en las partes más altas o terrestres predomina *Avicenniagerminans* (mangle negro). Los árboles pueden alcanzar alturas de 15 m.
- Manglares ribereños. Están situados a lo largo de las orillas de los ríos y muestran su mayor desarrollo en las desembocaduras. Pueden estar las tres especies *Rhizophorasp*, *Avicenniasp* y *Laguncularia racemosa* y alcanzar alturas superiores a los 18 m.
- Manglares de franja o barra. Son propios de áreas protegidas e inundadas periódicamente por mareas. Están expuestos a la acción del oleaje, sobre suelos con un marcado gradiente salino. Los árboles alcanzan alturas máximas de 10 m.
- Manglares de lavado periódico o sobrelavado. Están expuestos a lo largo de la línea costera frontal y sobre bancos coralinos sumergidos. Se distinguen por tener suelos desprovistos de hojarasca la cual es arrastrada por las mareas. Alturas máximas de 7 m.
- Manglares enanos. Crecen en ambientes salinos, pobres en nutrientes, o en suelos pedregosos. Se encuentran las tres especies, pero estas raras veces superan los 1,5 m. Los nutrientes son el factor limitante.

Aunque la clasificación anterior es reconocida por numerosos autores, de acuerdo con Lacerda *et al.* (1993), para ciertas áreas de manglar puede cambiar según la geomorfología costera, no pudiéndose definir de manera contundente. Es así como Jiménez (1994), con el fin de simplificar el análisis de las variaciones estructurales y funcionales observadas en componentes vegetales de manglar en áreas

estuarinas (mezcla de agua dulce/ríos y quebradas y salada/mar) y ribereñas (ríos), propone diferenciar dos zonas típicas en un área de manglar: una zona externa y una zona interna. La zona externa incluye no solo aquellas partes expuestas directamente al cuerpo de agua estuarina, sino también aquellas áreas expuestas a los canales y márgenes de los ríos asociados. La parte interna es aquella que está alejada de los cuerpos de agua, ya sean ribereños o estuarinos. En la zona interna, el balance hídrico está dominado por los patrones de precipitación, evapotranspiración y escorrentía de la región. Durante la época seca, raramente la zona interna es influenciada por las mareas; durante la época lluviosa las inundaciones por aguas estuarinas salobres son más intensas. Esta zona presenta la mayor variación en cuanto a estructura entre sitios bajo régimen climático lluvioso y seco.

A nivel estructural, este ecosistema se presenta como una cadena de especies de manglar, con fisonomías muy contrastadas, que se suceden desde el mar hasta la tierra, además se pueden clasificar como vegetación nuclear y marginal o acompañante.

### Vegetación nuclear

Está constituida por especies tradicionalmente reconocidas como manglares verdaderos. Su distribución está completamente ligada a la influencia del agua de mar. Solo accidentalmente (efecto de tectónica), algunos individuos se encuentran fuera de la zona de influencia de las mareas. Presentan la mayoría de las adaptaciones que caracterizan a la vegetación del manglar (viviparidad, tolerancia a altas concentraciones salinas, raíces aéreas, glándulas excretoras de sal).

### Vegetación marginal o acompañante

Está constituida por especies adyacentes a la vegetación nuclear de manglar, en suelos elevados, irrigados por aguas salobres o en los bordes de los salitrales.

En la República Bolivariana de Venezuela se reportan seis especies de manglar: *Rhizophora mangle*, *Rhizophora harrisoni*, *Rhizophora racemosa*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*.

Esta distribución está determinada por la tolerancia de las especies a la salinidad y a las inundaciones, ligada a las mareas y afluentes de agua dulce de la cuenca, pero también a las características edáficas y climáticas del sitio considerado (Kandasamy y Bingham 2001).

Según Imbert (2002), se pueden definir cuatro zonas denominadas "cinturones" para describir esta distribución ordenada: una franja costera (es decir, la parte periférica del manglar: *R. mangle* es el género dominante); una franja de arbustos que se encuentra por encima de las mareas diarias (dominadas por *A. germinans*, que forma un estrato arbóreo escaso); una tercera zona bajo la influencia de los flujos de agua dulce de las cuencas (el cinturón interior) que se caracteriza por una alta población dominada por *R. mangle* de porte más alto; y finalmente, el cinturón exterior, que constituye una zona de transición a tierra dominada tanto por *L. racemosa* y *A. germinans*, dependiendo de la topografía y los niveles de inundación. En donde la topografía es pronunciada y la exposición al agua es más prolongada incluso con altos contenidos de sal, coloniza *A. germinans* sobre *L. racemosa*, en aquellas zonas más compactadas y menos inundables, dominadas por procesos sedimentarios *L. racemosa* puede dominar.

## 2.3 Restauración ecológica

### ¿En qué consiste la restauración ecológica?

La Sociedad para la Restauración Ecológica (Clewell, Rieger y Munro 2005) la define como “el proceso de ayudar a la recuperación de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido que comprende una serie de acciones que buscan detener o mitigar las causas que ocasionaron el deterioro, eliminar o transformar los efectos que generaron las barreras bióticas y abióticas que impidieron la recuperación del ecosistema y promocionar su resiliencia”. Parte de la identificación de las causas que provocaron el cambio y pérdida de los atributos funcionales del ecosistema, su control y/o mitigación, para después enfocarse en las labores de adecuación o tratamiento de las áreas afectadas. Se apoya en el monitoreo tanto de las labores de adecuación para asegurar la respuesta esperada como en el seguimiento a corto, mediano y largo plazo de la trayectoria o respuesta del ecosistema restaurado ante las labores realizadas.

La ecología de la restauración investiga y provee la metodología para el restablecimiento de las poblaciones y comunidades completas en hábitats degradados (Primack *et al.* 1998); estas metodologías, en la mayoría de los casos, dependen de la valoración del saber de las comunidades que mantienen contacto directo y permanente con el ecosistema. De acuerdo con Murcia y Guariguata (2014), el enfoque de una restauración debe tener en cuenta las condiciones únicas a escala de sitio (firma específica de cada lugar); así mismo, debe considerar el contexto del paisaje ecológico, ya que en algunos casos la degradación implica interacciones entre dos o más ecosistemas muchas veces distantes entre sí. Esto se cumple para el ecosistema de manglar (Sánchez-Arias, Ruiz y Torrealba 2018) por ser un ecosistema que mantiene relaciones entre el mar y la tierra. Dentro del enfoque de sitio específico y de paisaje se debe incluir el análisis de las características socioeconómicas que incidieron en la degradación.

Es claro, entonces, que restaurar no es únicamente reforestar. El objetivo de una restauración ecológica parte del conocimiento del sistema afectado, las causas que generaron la degradación, la valoración de sus efectos, la determinación del tipo de mitigación de las causas, la recuperación de los atributos esenciales que definen el ecosistema (suelo, agua, conectividad, etc.) que le dan su identidad (composición, estructura y función) y que influyen en la cantidad y calidad de los servicios ecosistémicos que este provee.

Una restauración puede realizarse a partir del manejo y control de las causas que provocaron el cambio y a partir de estas acciones lograr que el sistema responda naturalmente sin necesidad de sembrar, o, en el caso del manglar, puede partir de la recuperación de la hidrodinámica de las áreas afectadas, una vez conocidas y mitigadas las causas.

La recuperación a largo plazo de un ecosistema depende de este contexto paisajístico, por lo que las acciones de restauración se enmarcan en una visión espacial y temporal amplia. De esto se deriva que la restauración ecológica es en esencia una práctica con visión interdisciplinaria, transdisciplinaria y de múltiples escalas (Murcia y Guariguata 2014).

### **Planificación conceptual de una restauración (adaptado de Clewell, Rieger y Munro 2005)**

Un restaurador ecológico puede verse como un “médico de ecosistemas”, donde el “paciente” es el ecosistema que presenta algún grado de afectación. Para el caso de la restauración ecológica, el restaurador debe tener información suficiente antes de emitir un diagnóstico y un tratamiento; es decir, debe hacer la “historia clínica” del ecosistema afectado, o la “historia forense”, en caso de haber sido eliminado el ecosistema.

Esta “historia clínica” implica determinar con claridad las condiciones actuales del ecosistema, su historia de cambio y efectos asociados. Así mismo se debe determinar la respuesta resiliente a esos cambios, los factores intrínsecos y extrínsecos que modulan su capacidad de recuperación, y a partir de esto determinar si hay que hacer estudios adicionales para emitir un diagnóstico o si la información es suficiente para poder construir la planificación conceptual de la restauración. Un “médico” que diagnóstica un tratamiento sin conocer la causa que genera los síntomas de un paciente comete un gran error; así mismo ocurre con un restaurador de ecosistemas.

La planificación conceptual o modelo de una restauración marca la hoja de ruta de una restauración ecológica; se basa en planificar antes de ejecutar y se lleva a cabo cuando la restauración puede ser una opción viable. Si se mantiene la analogía médico/paciente, se constituye en la etapa de “conocer al paciente y determinar el tipo de tratamiento a aplicar”.

Por lo tanto, proporciona la información preliminar que es necesaria para poder diseñar un proyecto de restauración ecológica.

De acuerdo con lo expuesto, la planificación para la restauración es un proceso que incluye conocimientos de diferentes naturalezas (interdisciplinarios) y conocimientos de la comunidad (transdisciplinarios).

La información generada ayuda a determinar el grado de dificultad de la restauración, los componentes principales para tener en cuenta, los actores directos e indirectos que deben ser involucrados y que definen las fases y actividades necesarias para hacer la restauración. Incluye desde la delimitación del sitio, la historia de cambio, los factores que modulan su respuesta, etc., hasta las estrategias de manejo y protección necesarias para asegurar el esfuerzo invertido.

Una vez integradas las causas y los efectos, se determina el nivel de afectación, y de acuerdo con esto se define el objetivo principal y los objetivos específicos de la restauración (pasos para alcanzar el objetivo).

De acuerdo con Clewell, Rieger y Munro (2005), se tienen varios objetivos considerando el tipo de degradación:

- a** - Recuperación de un ecosistema degradado a su estado anterior. Se registran cambios sutiles o graduales que reducen la integridad ecológica y la salud.
- b** - Reemplazo de un ecosistema que fue completamente destruido con uno del mismo tipo. La degradación o daño elimina toda la vida macroscópica y comúnmente arruina el ambiente físico. El nuevo ecosistema debe ser completamente reconstruido en un sitio que fue despojado de sus atributos.
- c** - Transformación de un ecosistema para reemplazar uno que fue removido de un paisaje que se alteró irreversiblemente. Esta opción es importante para restaurar áreas naturales en un contexto urbano donde, por ejemplo, las condiciones hidrológicas originales no se pueden restaurar.
- d** - Sustitución de un ecosistema del lugar donde un ambiente alterado ya no puede soportar ningún tipo de ecosistema de origen natural. El ecosistema de reemplazo puede consistir en combinaciones novedosas de especies autóctonas que se ensamblan para adaptarse a las nuevas condiciones del sitio como, por ejemplo, parques recreativos en áreas de relleno.
- e** - Sustitución de un ecosistema de reemplazo potencial, porque no existe un sistema de referencia que sirva de modelo para la restauración. Esta opción es relevante en las regiones densamente pobladas, donde muchos siglos de uso de la tierra han borrado todos los restos de los ecosistemas originales.

Para el desarrollo del plan de restauración se deben incluir propuestas basadas en la relación histórica/actual entre el sistema natural degradado y el sistema socioeconómico que generó la degradación. Esta información brinda alternativas que pueden ayudar a que los esfuerzos realizados se traduzcan en planes de manejo sostenibles que sirvan de referencia para otras zonas y que conlleven a valorar los beneficios directos e indirectos de una restauración.

El desarrollo del plan debe incluir la búsqueda de fuentes de financiamiento, la elaboración de fichas de acuerdo con las exigencias del ente financiador, el tipo de contratos y pagos requeridos según las condiciones de la zona.

También debe analizar la logística con la que se cuenta a nivel del trabajo de oficina, de campo, transporte, alojamiento, seguridad, etc. En esta parte se relacionan los alcances con cada objetivo propuesto y de acuerdo con esto se determina la meta a alcanzar.

## 2.4 Restauración de ecosistemas de manglar

Según Twiley y Rivera-Monroy (2005), el objetivo de una restauración debería ser la promoción de la estructura de las comunidades y funciones ecosistémicas. Indican que esto requiere del conocimiento de cómo la estructura y las funciones responden ante los cambios del lugar en términos de la hidrología, la topografía y las energías geofísicas.

En los manglares, por ejemplo, la hidrodinámica juega un papel relevante en la productividad representada en entrada y salida de aguas ya que se correlaciona con múltiples factores como la salinidad, el balance de energía, la distribución del calor, donde el clima es determinante, resultando en respuestas diferentes en cuanto a la bioquímica del sistema (Talling 2001). Estos aspectos han sido referenciados desde hace varias décadas, Lugo y Snedaker (1974) mencionan las mareas y la química de las aguas como los principales reguladores de la productividad en el manglar.

Si se mantiene el concepto que asocia a un restaurador como un “médico de ecosistemas” explicado en secciones anteriores, el primer paso de la restauración del bosque de manglar es conocer al “paciente”, sus conexiones funcionales, su historia de vida, entre otros aspectos claves del ecosistema; por lo tanto la “hoja clínica” del ecosistema debe ser aplicada como mecanismo para entender su estado actual y su historia.

### Construyendo el modelo de la restauración de los bosques de manglar venezolanos

De acuerdo con la Clewell, Rieger y Munro (2005), para la construcción del modelo conceptual o la restauración del bosque de manglar se requiere haber realizado una serie de labores preliminares:

- Tener designado al equipo de restauración. Este equipo debe estar conformado por un responsable del proyecto, un equipo multidisciplinario y transdisciplinario que apoye el levantamiento de la información y, posteriormente, el desarrollo de la restauración. Idealmente debería ser parte de la comunidad.

La restauración ecológica implica abordar muchos factores, pero si no se tiene experiencia, siempre es necesario buscar la asesoría de un especialista con experiencia práctica comprobada, que aconseje y capacite. Proyectos con alta complejidad y con poca información pueden necesitar la colaboración de otros profesionales en áreas específicas (hidráulica, geología, suelos); sus estudios deben aplicarse al proceso de restauración de manera práctica, de tal manera que ayuden a establecer las estrategias más apropiadas para la restauración.

Es importante tener en cuenta que se debe trabajar con personal local que cumpla con el perfil requerido para las labores de levantamiento de información, idealmente con experticia en restauración, conocedor de las limitaciones y especificidades de la zona.

El equipo de restauración debe ser organizado de acuerdo con las potencialidades de cada individuo.

Las responsabilidades individuales deben ser determinadas de manera colectiva, estableciendo un orden en cuanto al nivel de autoridad que le corresponde a cada miembro (Murcia y Guariguata, 2014).

- Al realizar el modelo conceptual se debe haber establecido previamente el ecosistema de referencia y haber especificado claramente los criterios utilizados para su selección. Este ecosistema representa la condición u objetivo futuro sobre el que se diseña la restauración; a partir del mismo se definen los alcances y se calcula la duración del proyecto de restauración, el cual luego servirá como base para la evaluación del proyecto.

También el sistema afectado puede servir de referencia, si se tienen datos sólidos de la condición previa a la perturbación. Así mismo, si existe en la zona un bosque que ha sido resiliente a los cambios puede integrarse al modelo. Tanto el bosque de referencia como el resiliente deben ser caracterizados desde el punto de vista biótico, abiótico y funcional.

En el caso de los bosques de referencia de manglar, deben tener el mismo tipo fisiográfico y fisionómico (composición de especies y estructura) y estar bajo el mismo tipo de unidad de paisaje a nivel geomorfológico.

- Desde el inicio de la construcción del modelo es importante tener las ubicaciones imagen-gráficas que servirán como guías del desarrollo del proyecto; las mismas deben estar geoposicionadas, de modo que se puedan comparar las imágenes del antes y el después (Clewel, Rieger y Munro, 2005); igualmente, el uso de guías (postes de madera, marcados con colores vistosos cada 50 cm) dentro del área afectada ayuda a evaluar los cambios de manera sencilla y rápida).

Las imagengrafías aéreas históricas que muestran el estado anterior a la perturbación y que muestran eventos de perturbación son útiles. Las imágenes satelitales pueden ser una buena referencia si la escala espacial es la adecuada (el bosque debe tener un área mayor de 3 pixeles de la escala de la imagen escogida); así mismo, las imagen-imágenes de servidores de libre acceso, como Google Earth, Xantex, pueden ser de utilidad siempre y cuando se corrobore la información en campo.

- Se deben identificar y vincular los actores directos e indirectos relacionados con el área a restaurar; y estipular el tipo de participación de los actores directos e indirectos que harán parte del proceso.
- La participación de las comunidades locales constituye la mayor fortaleza de un proyecto de restauración. Por este motivo, parte de las tareas preliminares es contactarlas e integrarlas.
- Murcia y Guariguata (2014) mencionan que es fundamental explorar la percepción sobre la restauración, su aceptabilidad en función del entorno socioeconómico que prevalece en el área, respetando las aspiraciones propias de las comunidades locales, en términos del futuro que desean.
- La restauración ecológica es una actividad de largo plazo y, por consiguiente, quienes deben garantizar la continuidad de los proyectos son las poblaciones locales con apoyo de las organizaciones que hacen vida en las zonas privadas y públicas.
- Durante la construcción del modelo conceptual es fundamental definir los alcances: se debe calcular el área a restaurar (críticas y deterioradas), evaluar la complejidad de las causas de deterioro, el tipo de relación actual entre las causas y las barreras que impiden promover la resiliencia, determinar si se cuenta con personal local con experiencia en trabajos de restauración o si es necesario capacitar los equipos de apoyo en campo.
- También, en el modelo propuesto, se debe indicar si las acciones a realizar requieren de algún tipo de permiso (modificación de una vialidad, manejo de una represa, etc.). Se deben definir las responsabilidades a nivel de las instituciones públicas y privadas y el papel que se requiere que asuman en el proceso de la restauración.
- Se deben definir los requerimientos para desarrollar las actividades complementarias para la preservación de la restauración: las campañas de socialización del proyecto de restauración (brinda información a los diferentes actores sobre la situación actual del ecosistema, las causas que

generaron su deterioro, sus efectos y los beneficios esperados asociados a la restauración).

La divulgación de los productos forestales no maderables (PFNM) que pueden brindar alternativas socioeconómicas a las comunidades.

En caso de no poseer experticia en restauración, se deben incluir talleres de capacitación para la mitigación de causas y adecuación de áreas, seguimiento de las labores de mitigación y adecuación a realizar y monitoreo del sistema recuperado.

Se debe considerar incluir el diseño de planes socioproductivos que involucren a todos los actores para asegurar la protección del ecosistema restaurado.

- El desarrollo del modelo dependerá de los aspectos que definen su alcance: el tamaño del área a recuperar, los costos, las fuentes de financiamiento, voluntad política de las instituciones interesadas en la restauración, legislación; el nivel de organización comunitaria, el interés de participación, la seguridad del área, el tipo de técnicas de recuperación requeridas y sus materiales y equipos.

### **Seguimiento a la planificación y restauración de bosques de manglar**

Se determinan los indicadores de desempeño del proceso de restauración tanto en lo práctico como en lo financiero. Incluye indicadores que muestren el avance y respuesta desde las labores de mitigación de causas, control de barreras para la recuperación, adecuación abiótica y biótica del área afectada, hasta las acciones relacionadas con capacitación, protección y manejo del área restaurada.

Estos indicadores deben ser integrados en la planificación conceptual y en su ejecución. Idealmente se deben escoger aquellos indicadores que muestren la respuesta esperada a corto plazo en lo referente a la mitigación y adecuación de las áreas.

### **Evaluación de los planes y proyectos de restauración de los bosques de manglar**

En esta etapa se analizan los resultados del seguimiento. Se utiliza como criterio el ecosistema de referencia y se determina la trayectoria esperada; corto (1 a 5 años), mediano (5 a 15 años) y largo plazo (más de 15 años).

En la evaluación se determina si la trayectoria registrada va a alcanzar los atributos de un ecosistema restaurado (Clewell y Aronson 2013):

- Contiene un conjunto característico de especies que habitan en el ecosistema de referencia y que proveen una estructura apropiada de la comunidad.
- Consta de especies autóctonas hasta el grado máximo factible.
- Contiene todos los grupos funcionales necesarios para el desarrollo y/o la estabilidad continua del ecosistema.
- Tiene un ambiente físico que permite sostener poblaciones reproductivas de las especies necesarias para la continua estabilidad o desarrollo a lo largo de la trayectoria deseada.
- Funciona normalmente de acuerdo con su estado ecológico de desarrollo y no hay señales de disfunción.
- Se ha integrado adecuadamente con la matriz ecológica del paisaje, con los cuales interactúa a través de flujos e intercambios bióticos y abióticos.
- Tiene eliminadas o reducidas, tanto como sea posible, las amenazas potenciales del paisaje circundante sobre la salud e integridad del ecosistema.
- Tiene suficiente capacidad de recuperación como para aguantar los acontecimientos estresantes periódicos y normales del ambiente local y que sirven para mantener la integridad del ecosistema.
- Es autosostenible al mismo grado que su ecosistema de referencia y tiene el potencial de persistir indefinidamente bajo las condiciones ambientales existentes.







# Sección 3



# Marco metodológico para la restauración del bosque de manglar

## 3.1 ¿Cómo hacer la “historia clínica” del bosque de manglar?

Esta primera actividad implica los dos primeros pasos de los doce que tiene todo el proceso:

### Paso 1: Identificación del ecosistema

Es una imagengrafía actual del sistema, incluye la delimitación de la zona afectada, el cálculo de su área (ha, km<sup>2</sup>), caracterización a escala de sitio o lugar donde se ubica el bosque degradado (tipo de ecosistema, composición, estructura, descripción de suelos, dinámicas, etc.), a escala ecológica (relaciones bióticas de paisaje, hidrología, topografía, conectividad) y a escala regional (geomorfología, condiciones edáficas y ambientales).

Se realizan mapas ya sean esquemáticos (mapas comunitarios) o cartográficos que ayuden a ubicar espacialmente la información relacionada con cambios y efectos sobre el ecosistema a restaurar.

Se registra toda información referente al bosque degradado, dando énfasis a aquellos indicadores que pueden mostrar su grado de afectación; también puede integrarse la información generada a partir de estudios formales, salidas de campo, recopilación de memoria histórica.

Entre los aspectos que se incluyen en la identificación del ecosistema afectado, se debe definir el tipo administrativo de protección (si lo tiene) y el tipo de bosque de acuerdo con las intervenciones actuales e históricas (urbano, periurbano, semisilvestre y silvestre); además se incluye la identificación de actores indirectos y directos relacionados con el ecosistema a restaurar a nivel político-administrativo, gubernamental, no gubernamental (ONG), y especialmente comunidades relacionadas.

### ¿Cómo elaborar la “hoja clínica” del ecosistema

La planilla que conforma la “hoja clínica” del ecosistema de manglar (Cuadro 5) consta de diferentes partes de acuerdo con el tipo de información solicitada. En la primera parte, correspondiente a la identificación, se determina la información que reconoce el bosque de manglar a restaurar:

- La fecha: momento de la elaboración de la ficha;
- el responsable: persona que realiza la ficha;
- nombre de ubicación: se refiere al nombre como se reconoce el bosque de manglar (normalmente las comunidades designan estos nombres), en caso de no tenerlo se debe colocar lugares de referencia reconocidos;
- GPS: se refiere a la georreferenciación del área a restaurar, se brindan una o varias coordenadas geográficas. Si se carece de GPS, se puede realizar un mapa con puntos de referencia conocidos. También la ubicación se puede hallar a partir de una aplicación de celular o a partir de una imagen-imagen de la zona provista por

portales de acceso libre que brindan información geográfica, como Google Earth, Xantex, etc. Es importante registrar en la planilla la información político-territorial, ya que a partir de esta es posible ubicar los actores institucionales que pueden estar relacionados con el proceso de restauración. El área aproximada expresada en hectáreas (ha): se refiere a la cobertura del área afectada; también se puede determinar a través de imagen-imagen utilizando los portales antes mencionados o a partir de cálculos levantados en el área.

### ► Cuadro 5

#### Identificación – Caracterización del bosque de manglar

Fecha:		Responsable:		
IDENTIFICACIÓN				
Nombre del bosque:		Coordenadas geográficas (utilizando GPS):	Ubicación: sector, parroquia, municipio, estado	
Área aproximada (ha) :	Comunidades que hacen vida:	Usos registrados:	Tipo de protección:	Intervención: Bosque urbano, periurbano, semisilvestre, silvestre

Fuente: elaboración propia.

En esta parte de la “Hoja clínica” también se determinan los principales aspectos que deben ser tenidos en cuenta para la planificación a nivel operativo y de diagnóstico. Por este motivo, se debe determinar además de su ubicación información sobre:

- **Comunidades que hacen vida:** se refiere a las comunidades vinculadas con el bosque a restaurar de manera directa e indirecta, pues serán el motor de todo el proceso de restauración.
- **Los usos registrados:** se indican las actividades realizadas por diferentes actores ya sea dentro del bosque o en áreas aledañas (pesca, turismo, caza, extracción de ostras, extracción de leña, extracción de sal, corte de madera, etc.).
- **Tipo de protección:** se anota si el bosque tiene algún tipo de protección especial (Áreas Bajo Régimen de Administración Especial: Parque Nacional, Monumento, etc.), ordenanza municipal, estatal, o en caso contrario, si no tiene ningún tipo de protección. En el caso de que el bosque se encuentre dentro de una institución del Estado, se debe colocar el nombre de la institución. Conocer el tipo de protección puede facilitar las labores de restauración y su posterior seguimiento.

Por último, se encuentra la clasificación de acuerdo con la intervención antrópica, expresada en su cercanía con centros urbanos y comunidades rurales: esta información ayuda a enmarcar el conjunto de presiones que pueden estar afectando el área analizada.

- **Urbano (U):** Centro urbano a menos de 5 km, el ecosistema no tiene posibilidad de expansión; el bosque resiliente representa la respuesta a una cascada de efectos generados por múltiples causas que hoy lo hace especialmente vulnerable.
- **Periurbano (PU):** Centro poblado a menos de 10 km, tiene posibilidad de expansión, aunque es limitada por obras de infraestructura.
- **Semisilvestre (SS):** Centro poblado a más de 40 km con asentamientos a menos de 5 km, con algunas obras básicas de infraestructura de tipo rural que no impiden su expansión.
- **Silvestre (S):** Centro poblado a más de 100 km sin asentamientos a menos de 5 km, ni obras de infraestructura.

## 3.2 Información a escala regional

La escala regional aporta una visión integradora de los procesos que modulan el ecosistema degradado más allá de su entorno inmediato. Puede indicar el nivel de complejidad de la restauración de acuerdo con el paisaje físico natural. Por ejemplo, un bosque degradado ubicado bajo un clima árido, con pocas fuentes de agua dulce, representa un ambiente más estresante que un paisaje con fuentes de agua y un clima lluvioso.

### ► Cuadro 6

#### Identificación - Escala regional

Información a escala regional				
Unidad geomorfológica	Bioclima	Geología	Formas de relieve	Suelos/Drenajes

Fuente: elaboración propia.

## 3.3 Unidad geomorfológica

En este apartado se debe identificar y describir la unidad geomorfológica que ocupa el ecosistema objetivo. Vale señalar que, en el Caribe venezolano, en la Subregión Costera Continental, se registran dos grandes paisajes: planicies o llanuras sedimentarias (inundables o no) y acantilados de origen tectónico. Se destaca si el mismo se encuentra de manera particular en alguna de las siguientes posiciones geomorfológicas:

- A1)** Costas del golfo de Venezuela, Coro y península de Paraguaná (desde la Guajira hasta quebrada La Vela, estado Falcón);
- A2)** Costa de Golfo Triste (desde el caño Salado hasta el río San Esteban, estado Carabobo); y
- A3)** Costas de Barlovento y Barcelona (desde Cabo Codera hasta quebrada Quebradita).

Los relieves de origen tectónico conforman series de acantilados costeros rocosos o terrígenos (sedimentarios) que están interrumpidos por bahías, ensenadas, abanicos aluviales o combinaciones de estos (Naveda 2014). Estos poseen tres sectores en la fachada caribe:

- B1)** Costa oriental del estado Falcón;
- B2)** Cordillera de la Costa central desde el río San Esteban hasta Cabo Codera (estado Miranda), y
- B3)** Costas de la Cordillera Oriental (desde la quebrada Quebradita hasta Punta Narizona en el promontorio de Paria (estado Sucre).

A partir de estos sectores, se definen 41 unidades ecológicas de paisaje, las cuales son consideradas con un detalle suficiente para caracterizar los bosques de manglar en Venezuela (Sánchez-Arias, *et al.*).

En la ecorregión correspondiente al lago de Maracaibo, Medina y Barboza (2003) reconocen cinco sectores específicos para bosques de manglar.

El territorio insular puede ser clasificado en tres tipos: a) archipiélagos coralinos sobre la placa tectónica Caribe Sur, conformada por el arco de islas neerlandesas, el archipiélago de Las Aves, Los Roques y La Orchila en el sector centro occidental del Caribe Sur; b) el arco de islas de la plataforma de La Tortuga-Margarita, conformado por islas como La Tortuga, Margarita, Coche, Cubagua y La Blanquilla, las cuales son de origen tectónico y se ubican en la zona sureste del Caribe; y c) la prominencia de Aves, de origen volcánico (Naveda 2014).

### Bioclima

Consiste en describir/caracterizar el tipo de clima que se registra en la zona donde se ubica el manglar. La temperatura y la precipitación son elementos claves para la respuesta del bosque de manglar. Para el Caribe venezolano se destaca el bioclima xérico y desértico.

### Geología

Esta variable brinda información sobre dinámicas marino-costeras vinculadas con el origen de las zonas. La tectónica, por ejemplo, puede ser el motor de cambios marino-costeros.

### Forma de relieve

Esta variable brinda información sobre probabilidad de procesos de erosión, sedimentación, deslizamientos, entre otras.

### Drenajes/suelos

Esta variable indica la dinámica hídrica y el tipo de sedimentos y nutrientes que pueden modular la respuesta de la restauración del bosque de manglar.

### Forma de relieve

Esta variable brinda información sobre probabilidad de procesos de erosión, sedimentación, deslizamientos, entre otras.

### Drenajes/suelos

Esta variable refiere la dinámica hídrica y el tipo de sedimentos y nutrientes que pueden modular la respuesta de la restauración del bosque de manglar.

## 3.4 Información a escala ecológica

En el ecosistema de manglar de Twiley y Rivera-Monroy (2005), se indica que esta escala está definida por la topografía y la dinámica mareal. Así mismo, se exponen algunos de los tipos fisiográficos definidos por Lugo y Snedaker (1974), los cuales fueron explicados en capítulos anteriores (Barra, Cuenca, Enano, Sobrelavado, Ribereño).

### ► Cuadro 7

#### Escala ecológica

Información a escala ecológica				
Tipos fisiográficos (B, C, E, R, S)	Hidrografía	Composición del bosque de manglar: Especies observadas	Relaciones bióticas (niveles tróficos, especies asociadas)	Conectividad Otros ecosistemas marinoscosteros continentales
Altura máxima/especie (sp)	Categoría diamétrica	Densidad: individuos/ha	Número de individuos/ha	Número de individuos muertos/ha

Fuente: elaboración propia.

## Tipo fisiográfico

En el Caribe venezolano se presentan los tipos fisiográficos mencionados en la clasificación de Snedaker (1974). Es importante anotar que un área degradada puede abarcar diferentes tipos fisiográficos, en cuyo caso se debe tener un bosque de referencia de cada uno.

## Composición de especies

En caso de tener un área sin vegetación en pie, se debe compilar la información histórica, ya sea a partir de la memoria comunitaria o de documentación de la zona. Así mismo, en el bosque de referencia, por cada tipo fisiográfico. De igual manera, se debe determinar si existen estudios fisionómicos (composición y estructura); deben levantarse algunos estudios, en caso de no haber ninguno, ya sea por el método de parcelas o por cuadrantes centrados en punto (Sánchez-Páez y Álvarez-León, 1997).

## Relaciones bióticas

Se refiere a la necesidad de contar con información sobre presencia de flora y fauna y su relación con los niveles tróficos (productores primarios, herbívoros, omnívoros, carnívoros); así mismo, micro- y macrofauna del suelo (poliquetos, microcrustáceos), etc. Estas relaciones muestran el nivel de complejidad del bosque a analizar.

## Conectividad con otros ecosistemas

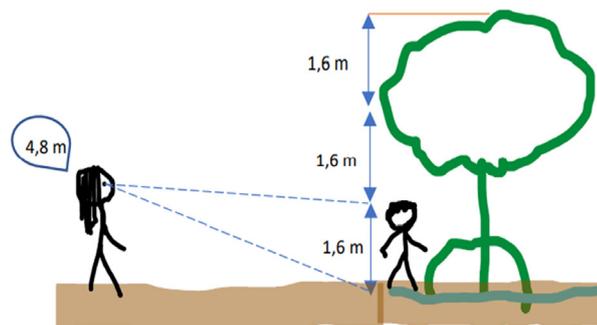
Dentro de la unidad de paisaje (Naveda, 2014) se anotan los ecosistemas marino-costeros que tienen influencia directa, e indirecta (corales, praderas, playas, dunas, etc.). Idealmente se debe describir la distancia aproximada entre el ecosistema y el bosque de manglar, así como el vector que los une (corrientes internas, externas, mareas, ríos, etc.).

## Altura máxima

Se parte de los datos obtenidos al realizar el estudio fisionómico tanto de la altura como el diámetro a la altura de pecho (DAP). Si se quiere tener una primera aproximación se puede determinar en campo el o los individuos más altos y colocar este dato. La forma más práctica de medir altura si no se tiene un clinómetro es con un punto de referencia; por ejemplo, se tiene la medida de altura de una persona, la misma se coloca en la base del árbol y otra persona calcula cuantas veces la altura de la persona, se repite hasta alcanzar la altura del árbol medido.

### ► Figura 2

#### Cálculo aproximado de altura con objeto de referencia.



Fuente: elaboración propia.

### **Categoría diamétrica (clase asignada de acuerdo con la longitud del diámetro del tronco)**

A partir del estudio fisionómico se coloca la categoría diamétrica predominante (brinzal, latizal, fustal); la misma se determina siguiendo la norma de medición de DAP en árboles de manglar (Brinzal: de 2,5 cm a 5 cm, Latizal: 5,1 cm a 15,0 cm y Fustal: mayor a 15,1 cm). Esta información permite analizar el estado de desarrollo del bosque.

### **Densidad**

El cálculo del número de individuos sin diferenciar especies (densidad absoluta), corresponde al número de individuos por unidad de superficie partiendo del número calculado a partir de parcelas de menor tamaño, por lo general se trabaja por hectárea (10.000 m<sup>2</sup>), mientras que cuando se discrimina por especie se refiere a la densidad relativa.

Estas variables permiten analizar qué especie es la dominante y en qué proporción una especie influye en el bosque; así mismo, aportan una noción de las características del régimen hídrico y los suelos.

### **Número de individuos muertos/ha**

Se determina a partir del conteo de individuos muertos en una parcela (10 x 10 m<sup>2</sup> o 20 x 20 m<sup>2</sup>) ubicada en la zona representativa seleccionada, la cual se extrapola al resto del área degradada. El conteo se puede hacer a partir de árboles muertos en pie, en donde es posible determinar la especie, o a partir de troncos y tocones tomando en cuenta sus características externas:

- *R. mangle*: corteza gris rojiza a pardo rojiza, fisurada; su corteza es lisa;
- *A. germinans*: presentan troncos huecos y su corteza asemeja la piel de un caimán; corteza levemente fisurada, rojiza en el interior;
- *L. racemosa*: corteza externa delgada, parda a rojiza, fisurada en escamas largas.

### **Escala unidad de hábitat**

De acuerdo con Twiley y Rivera-Monroy (2005), esta escala expresa el ambiente donde se encuentra el bosque degradado; incluye factores relacionados con la concentración de nutrientes a partir de la fuente, y los reguladores en el suelo a partir de un gradiente hacia el interior del bosque o bien sea, a partir de la dinámica hídrica presente (Cuadro 8).

► Cuadro 8

Parámetros y variables a considerar a escala local

Información a escala local/ sitio específico					
Suelos	Tipo de suelo: 30 cm profundidad	Valor densidad aparente (mínimo 5 cm)	Humedad suelo	Materia orgánica	
	Horizonte "O": espesor y distribución espacial	Salinidad por pasta saturada	Examen de fertilidad (*) Determinación nutrientes mayores (macronutriente), Nutrientes menores (micronutrientes), capacidad de intercambio catiónico, pH, etc		
Agua intersticial	Salinidad	PH	REDOX	SST (solidos suspendidos totales)	Sulfuros
Hidroperíodo	Dinámica salina/dulce Según Clasif Watson	Periodo de inundación Según Clasif. Hans;e	Altura de columna de agua	Tipo de flujos presentes	
	Nivel freático (cm) Hora: Marea:	Tiempo llenado flujo (30 cm) Hora: Marea:	Altura máxima de pneumatoforos	Presencia de raíces zancudas en: <i>Avicennia germinans</i> / <i>Langularia racemosa</i>	
Tipos de fuente de agua	Cercanía de fuente agua dulce	Numero de drenajes externos identificados	Número de drenajes Activos o permanentes		
Flujos interiores	Demarcación de canales secundarios	Demarcación de chorreras	Demarcación de áreas de acumulación		

Fuente: elaboración propia.

## Suelos

El tipo de suelos puede indicar la dinámica de transporte de sedimentos que domina la zona, así como procesos pedogénicos (creación de suelos). En el caso de la evaluación para la restauración es suficiente una profundidad de 30 cm; sin embargo, si se requiere conocer dinámicas históricas que afectaron los suelos, es recomendable profundizar un mínimo de 50 cm.

**Tipo de suelo:** clasificar los suelos según sea:

- **Orgánico/turba (100% materia orgánica, sin ningún tipo de mineral);** se catalogan los mismos en: Fibrist (se pueden visualizar claramente las raíces), Hemist (se visualizan, pero con dificultad), Saprist (no se visualizan las raíces).
- **Mixto:** cuando en el suelo se presentan horizonte orgánico y horizonte mineral, ya sea una o varias capas intercaladas. Se debe tomar imagen del perfil del suelo y anotar sus características (textura del tipo mineral, tipo predominante, ubicación de las capas, con respecto a la superficie, ancho de cada capa).
- **Mineral:** no presenta ninguna capa orgánica; se debe describir y colocar el tipo de textura y color.
- **Densidad aparente:** expresa la porosidad del suelo por volumen, y está vinculada con procesos de sedimentación en suelos orgánicos. Una densidad aparente superior a 0,8 g/cm<sup>3</sup> en suelos de manglar mixto u orgánico puede indicar procesos de estancamiento por sedimentación.

## Pautas para toma de muestras del suelo

- Se toma mediante un cilindro con una altura mínima de 5 cm, y un diámetro de 2,5-5,1 cm.
- Antes de utilizarlo se debe pesar y anotar el valor del peso de cada cilindro; también se debe anotar

su altura y su diámetro; el cilindro debe estar previamente marcado e identificado. Posterior a esto, se lleva a campo para su utilización.

- El cilindro se hunde en el suelo, teniendo cuidado de no manipular la parte interna. Con una pala de jardinería, se elimina el material exterior y con cuidado se corta la base del suelo para sacar el cilindro cuidando de no perturbar la muestra, la cual no se debe sacar del tubo. La misma se envuelve con papel de aluminio o plástico y se coloca en una bolsa para ser transportada a la zona de secado; la bolsa debe tener la fecha y la identificación del lugar; si se cuenta con un GPS deben ubicar la posición o el número del waypoint (WP) que marca el instrumento.

### ► Figura 3

#### Procedimiento de extracción de muestras de suelo para determinar densidad aparente



- En la zona de secado, se pesa la muestra fresca con el cilindro, sin sacar la muestra de suelo, y se anota el valor; se deja secar hasta alcanzar un peso constante ya sea al sol o en un horno a 60 °C. Cuando llega a peso constante, se pesa nuevamente y se anota el valor del cilindro con la muestra.
- La densidad aparente se calcula de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Peso seco de la muestra (g)}}{\text{Volumen del cilindro (cm}^3\text{)}}$$

Peso seco de la muestra se determina: peso del cilindro con la muestra seca – peso cilindro.

El volumen del cilindro se calcula: = Área del cilindro · altura del cilindro

$r = \text{diámetro del cilindro} / 2$

Área del cilindro =  $\pi r^2$

Los datos son expresados en  $\text{g/cm}^3$

Un valor de densidad aparente superior a  $0,8 \text{ g/cm}^3$  en suelos orgánicos muestra un problema de sedimentación severo. Los valores superiores a  $0,8 \text{ g/cm}^3$  en suelo mineral conformado por arcillas pueden indicar que en los períodos secos estos suelos se contraigan trayendo como consecuencia la ruptura de raíces y la muerte de individuos jóvenes. Los suelos orgánicos fibrist bien drenados normalmente tienen valores menores a  $0,6 \text{ g/cm}^3$ .

- Humedad del suelo:** es la cantidad de agua que hay en el suelo expresado en porcentaje (%), después de secar y alcanzar un peso constante. Se recomienda tomar la muestra en bajamar. Se halla a partir de:

$$\text{Fórmula humedad en \%} = (\text{peso inicial} - \text{peso final}) \cdot 100 / \text{peso inicial}$$

- **Materia orgánica:** este parámetro se determina a partir de 10 submuestras (que abarcan la zona degradada y un perfil de 15-30 cm de suelo); se mezclan y homogeneizan y se toma una muestra 500 g, la cual se hace por duplicado, cuidando incluir todo el suelo desde la superficie hasta el fondo. El contenido de materia orgánica es un índice que permite estimar en forma aproximada las reservas de N, P y S en el suelo.
- **Horizonte "O":** es la capa de hojarasca, ramas, flores, que esta sobre el suelo y aun no se ha degradado. El grosor y cobertura de esta capa indica cuanta materia orgánica se acumula y cuanto se exporta.
- **Salinidad del suelo:** se realiza por el método de pasta saturada e indica la acumulación de cloruro de sodio que se mantiene en el suelo. Esta medida es más estable que la salinidad del agua intersticial.
- **Examen de fertilidad:** se realiza en un laboratorio especializado en suelos, para comparar suelo de referencia y suelo degradado. Marca el punto de inicio del estado de los suelos antes de hacer cualquier labor de restauración, indica las barreras geoquímicas para el desarrollo de la vegetación y sirve para determinar la respuesta a las labores de restauración. Cabe resaltar que los suelos de manglar difieren de los suelos de cultivo; por este motivo el análisis realizado en el laboratorio puede indicar apreciaciones que no atañen a los suelos de manglar. El análisis se realiza para establecer diferencias entre el bosque degradado y el bosque de referencia; no para determinar fertilidad de acuerdo con los parámetros estipulados para zonas agrícolas.
- **Agua intersticial:** su caracterización indica la dinámica de intercambio subsuperficial. Es importante en el momento de tomarla, tener definida la hora para determinar si hay marea entrante o saliente (entrada/salida) y realizar esta caracterización mínimamente en período seco, cuando hay mayor estrés. Se realiza una excavación de 30 cm, se espera que se llene de agua; esta agua se elimina y se toma la nueva muestra, mínimamente 0,5 litros. En caso de tener una sonda multiparamétrica, se puede tomar la mayoría de los parámetros (pH, salinidad, REDOX, oxígeno disuelto, SST); el contenido de sulfuros está relacionado con el potencial REDOX y ayuda a tener una idea del tipo de degradación que se está dando (anaeróbica o aeróbica).
- **Hidroperíodo:** por ser un humedal, la información vinculada con el hidroperíodo puede dar la pauta de cambios y enmiendas a realizar.
- **Dinámica salina/dulce:** se puede describir a través de los índices de la clasificación de Watson (FAO 1994). A partir de la misma se puede determinar la dominancia marina o de agua dulce del área estudiada.
- **Período de inundación:** se puede realizar a través de la clasificación de Hans (FAO 1994), que define el número de días que permanece al mes inundado.
- **Altura de columna de agua:** idealmente se debe hacer en la misma zona en puja mareal (máxima y mínima) y comparar con el área del bosque de referencia el mismo día y a la misma hora.
- **Tipo de flujos que se registran:** libre (canales visibles), subsuperficial (por debajo del suelo), laminar (distribución de manto sobre la superficie).
- **Tipo de fuentes de agua:** se refiere a la existencia de ríos, lagunas, manantiales, quebradas, etc.
- **Cercanía de fuentes:** tanto de agua dulce, como salobre y salina.
- **Número de drenajes externos:** se refiere a canales de intercambio que unen las fuentes de agua con el área degradada.
- **Número de drenajes activos o permanentes:** del total de drenajes o canales de intercambio identificados previamente se debe colocar los que no están afectados.
- **Flujos interiores:** se refieren a los canales que son modulados por la microtopografía del área, los cuales solo son visibles en pujas mareales (máximos y mínimos); estos canales se encargan de distribuir el agua por todas las zonas, por lo que es muy importante identificarlos, ya que ayudan a determinar el tipo de trabajo que se requiere para recobrar la dinámica hídrica. Estos flujos deben demarcarse ya sea con marcas físicas dentro del bosque o a través de tracks (serie de puntos que genera el GPS para marcar un camino). Pueden ser canales secundarios que penetras dentro del bosque degradado o las zonas aledañas al bosque degradado "chorreras" o

minicanales de intercambio que se encuentran dentro del bosque. También puede haber zonas de acumulación al interior de los bosques que son pequeñas depresiones que en pujas mareales pueden servir de fuente de agua a otras zonas. En caso de registrar perturbación en los canales internos, las aguas pueden quedar estancadas en estas depresiones y producir deterioro.

## Paso 2: Historia de cambio

Recopila, a diferentes escalas espaciales y temporales, el registro de cambios para poder determinar las causas que han ocasionado perturbación tanto naturales como antropogénicas. Se determina la dimensión espacial de la causa de afectación (demarkando las áreas afectadas), la magnitud (describiendo el daño ocasionado) y la intensidad (el tiempo de acción).

En esta parte se describe la historia de la degradación, donde se indica qué ocasionó el cambio, dónde y cómo se detectaron los efectos que originaron perturbación.

El uso de herramientas geomáticas aporta información relevante para la detección de cambios. Hoy en día existen servidores que aportan información histórica de las áreas, pero la misma debe ser siempre corroborada a través de la memoria local.

## Diagnosticando al paciente

Para poder determinar las causas históricas que han generado cambio es importante identificar a los adultos mayores de las comunidades que hacen vida en el manglar, ya que son las principales fuentes de información que pueden indicar los cambios ocurridos.

La consecución de información puede hacerse a través de entrevistas abiertas o a través de mapas comunitarios, donde se indica de manera esquemática la historia de cambios. Estos mapas ayudan también a tener una idea de los puntos donde se vieron los primeros cambios; también ayudan a determinar los accesos y pueden complementar la "historia clínica". Normalmente, los adultos mayores tienen mayor claridad de los eventos que en esa época se dieron, por lo que siempre se debe preguntar por las causas de esos cambios según sus puntos de vista.

Un restaurador debe valorar el conocimiento que poseen las comunidades locales sobre su historia (Cuadro 9).

En caso de no identificar adultos mayores vinculados al bosque degradado, es importante revisar las crónicas locales, las noticias sobre eventos que han afectado la zona y determinar si tienen vinculación con el área degradada.

### ► Cuadro 9

#### Registro de la historia de cambios, ejemplos

Antecedentes (Historia de cambios)				
Bosque problema				
Definir alcances				
Fecha	Dónde (Observado en campo)	Cómo (Agudo/ Crónico)	Tipo de efecto sobre el área: (observado en campo)	Punto de ataque: (regional, ecológico, local)
Cuándo 1987	Bosque de cuenca	Crónico	Muerte en pie	Regional
Cuándo 2002	Bosque de cuenca	Crónico	Defoliación	Local
Cuándo 2017	Toda la laguna	Agudo	Muerte	Regional

Fuente: elaboración propia.

Una vez que se tiene la lista de cambios y sus causas, se debe discriminar cuáles en la actualidad siguen modulando la respuesta del ecosistema degradado.

Hay que recordar que muchas de las causas de degradación son motores de los cambios que se detectan en un bosque debido a los efectos que generan; por lo tanto, hay que relacionar causa/efecto para poder determinar las acciones que deben realizarse de manera prioritaria.

### 3.5 Principales cambios asociados a tipos de estrés o efectos generados de acuerdo con la fuente energética

Lewis *et al.* (2013) determinan los principales tipos de estrés o efectos generados de acuerdo con la fuente energética que abordan:

- **Cambios en la fuente primaria de agua, (mareas, lagunas, ríos y/o quebradas permanentes o estacionales, escorrentías):** normalmente se relacionan con causas asociadas a la construcción de represas, rellenos por urbanismo y carreteras, cambio de curso de ríos por avance de frontera agrícola o camaroneras, cierre de canales de intercambio mareal y/o subsuperficial por carreteras, muelles, creación de sistemas de tratamiento de agua, etc. Las causas que generan este tipo de estrés pueden ser actuales o históricas, pero pueden seguir teniendo efecto.
- **Cambios en hidropériodo,** se relacionan con modificaciones de la hidrodinámica del humedal, apertura y ampliación de canales, cierre de bocas en lagunas y canales, construcción de infraestructura marina dentro del bosque, aterramientos (cortes de los flujos internos del manglar), creación de canales de navegación en las fuentes primarias de agua, dragados. Si bien este tipo de causas encierra una menor complejidad, las obras de mitigación requieren, en su mayoría, la eliminación de la causa si esta sigue afectando de manera directa la hidrodinámica (aterramientos, cierre de bocas, etc.). De lo contrario las causas deben ser mitigadas a partir de acciones que minimicen sus efectos y aseguren el restablecimiento de una hidrodinámica que promueva resiliencia.
- **Cambios que evitan que el bosque realice la imagensíntesis:** este tipo de efecto se puede dar por tala, y por competencia con especies oportunistas cuando hay un descenso de la salinidad o cuando hay un desequilibrio de las cadenas tróficas al interior del ecosistema de manglar. Este tipo de causa parte de la eliminación del tensor, y de labores de enmienda a nivel de agua y suelo para posteriormente promocionar regeneración.
- **Cambios que eliminen los nutrientes del suelo:** este tipo de efectos viene vinculado a procesos de erosión principalmente en bosques de barra y a procesos de sedimentación en los bosques de cuenca de manglar especialmente en áreas con influencia estacional de ríos. La causa más reconocida es la degradación de cuencas, la minería, la inundación causada por desviación de ríos o por expansión de frontera agrícola que arrastran sedimentos a las áreas de manglar. Estos sedimentos (normalmente limos y arcillas) se ubican sobre los suelos orgánicos y se acumulan de manera paulatina, aumentando el valor de la densidad aparente y disminuyendo la capacidad de aireación, lo que promueve un cambio de la actividad enzimática y microbiana de procesos aeróbicos a anaeróbicos, trayendo como consecuencia una disminución en la diversidad funcional y en la velocidad de mineralización de la materia orgánica afectando la disponibilidad de nutrientes (Sánchez-Arias 2009a). Igualmente, al secarse estos suelos en época seca, normalmente se compactan rompiendo las raíces de las cohortes recién implantadas e impidiendo que haya una regeneración natural.
- **Afectaciones en el metabolismo de las plantas (temperatura, sustancias tóxicas).** Normalmente este tipo de cambios van relacionados a vertidos de aguas servidas, sustancias químicas, hidrocarburos, aguas de desecho de plantas desalinizadoras, termoeléctricas, etc. En estos casos se debe eliminar la causa de deterioro antes de realizar cualquier tipo de enmienda.

Estos efectos deben ser relacionados con cada una de las causas que se identificaron como motores de cambio en el ecosistema de manglar.

### 3.6 Determinación de causas de deterioro

Para el ecosistema de manglar se pueden resumir un total de 22 causas de degradación de bosques de manglar, que a nivel general son comunes tanto para áreas continentales como insulares de diferentes países (Pérez-Carrera, Moscuza y Fernández-Cirelli 2008; Osland *et al.* 2018, Sánchez-Arias, Ruiz y Torrealba 2018; Guzmán 2020). A partir de las mismas se puede ir analizando más detalladamente la historia del lugar para poder definir la historia local de cambio.

#### ► CUADRO 10

##### Lista de principales causas de degradación en manglar

Presión (tensores generales)
1. Construcción de vías
2. Tala, deforestación manglar
3. Extracción sal
4. Deforestación cuencas
5. Sobreexplotación productos
6. Competencia/invasoras
7. Presencia de bosques periurbanos o urbanos (*)
8. Construcción infraestructura marina
9. Vertimiento / Basuras
10. Cambio climático (inundaciones, aridez, etc.)
11. Avance de la frontera agrícola
12. Desarrollos urbanísticos
13. Ganadería/ (Pastoreo)
14. Acuicultura
15. Represas/desvío de ríos, quebradas
16. Rellenos
17. Dragados
18. Construcción de canales navegación
19. Desarrollo turismo
20. Movimientos tectónicos
21. Afectación ecosistemas marinos-costeros
22. Arenera, minería

(\*): urbano, rodeado por infraestructura, no tiene posibilidad de expansión; periurbano, puede expandirse de manera limitada, presencia de obras de infraestructura.

Fuente: elaboración propia.

### 3.7 Valoración de las causas de deterioro

La valoración de las causas de deterioro, se realiza a partir de los efectos que generan y la determinación de la importancia del efecto o impacto causado.

Las variables que deben considerarse para la determinación de la importancia de los impactos o efectos causados son:

- 1- Reversibilidad:** posibilidad de retornar a partir de la resiliencia del manglar a las condiciones que tenía antes de la ocurrencia de la causa de deterioro.
- 2- Intensidad:** grado de incidencia de la acción sobre el componente específico en que actúa (suelo, agua, hidrodinámica, vegetación, biota, hombre). Va de *baja* (un solo ámbito) a *muy alta* (todos los ámbitos).
- 3- Extensión:** área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del ecosistema de manglar (% del área). Si la acción produce un impacto muy bien localizado, se considerará que el impacto tiene un carácter puntual; en caso contrario se considerará total, con gradaciones intermedias parcial y extenso.
- 4- Momento:** plazo de manifestación del impacto, tiempo que transcurre entre la aparición de la causa de deterioro y el comienzo del efecto sobre el ecosistema de manglar considerado.
- 5- Persistencia:** tiempo supuesto de permanencia del efecto en el manglar desde su aparición.
- 6- Recuperabilidad:** posibilidad de revertir total o parcialmente los efectos a partir de promover la resiliencia.
- 7- Sinergia:** este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples.
- 8- Acumulación:** incremento de la manifestación de un efecto, cuando persiste de forma continuada la acción que lo genera (vertidos crónicos, movimiento de placas, etc.).
- 9- Efecto:** forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de la causa de deterioro.
- 10- Periodicidad:** regularidad de la manifestación del efecto.

Para la determinación del valor de *importancia* se debe discriminar el peso de cada variable. Una vez determinado el conjunto de causas históricas o actuales que han originado cambios adversos a un bosque de manglar determinado, se deben definir los efectos asociados a cada causa y analizarlos de acuerdo con las características expuestas en el Cuadro 11.

#### ► Cuadro 11

**Valoración de importancia a partir de las características de los efectos sobre el manglar (basado en Conesa 1997)**

1. Reversibilidad		6. Sinergia	
Corto plazo	1	Sin sinergismo	1
Medio plazo	2	Sinérgico	2
Irreversible	4	Muy sinérgico	4
2. Intensidad		7. Acumulación	
Baja	1	Simple	1
Media	2		
Alta	4	No acumulativo	4
Muy alta	8		

3. Extensión		8. Efecto	
Puntual	1	Indirecto (secundario)	1
Parcial	2		
Extenso	4	Directo	4
Totalidad	8		
4. Momento		9. Periodicidad	
Largo plazo	1	Discontinuo	1
Medio plazo	2	Periódico	2
Inmediato	4	Continuo	4
5. Persistencia		10. Recuperabilidad	
Fugaz	1	Inmediata	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Mitigable	4
		Irrecuperable	8
<b>IMPORTANCIA (I) (Equiponderado) *</b>			
I = (1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)			
+ (7) + (8) + (9) + (10)			

(\*) Este modelo puede ser ajustado a uno ponderado cuando el efecto tiene incidencia marcada y directa sobre la dinámica hídrica, en cuyo caso el efecto se acompaña con un factor multiplicativo.

Fuente: elaboración propia.

### Paso 3. Diagnóstico de estado de afectación del área degradada

El diagnóstico se realiza a partir del valor de importancia obtenido para las causas de deterioro.

#### ► CUADRO 12

##### Categorías para el diagnóstico

Categoría de diagnóstico	Rango de importancia	Tipo de acción
Bajo	0 < 10	Promoción resiliencia/Recuperación
Moderado	≥ 10 < 40	Reemplazo
Severo	≥ 40 < 52	Transformación/Rehabilitación
Crítico	≥ 52	Transformación/Sustitución

Fuente: elaboración propia.

Una vez valorado el nivel de importancia de las causas de deterioro identificadas a través de sus efectos, es necesario determinar el grado de afectación del ecosistema a partir de los diferentes componentes que lo integran.

En el manglar se pueden definir a nivel (suelo, agua, vegetación, biota asociada) y sobre esto se define la prioridad de acciones por cada componente. Al culminar el paso 3, se deben buscar soluciones para la eliminación o mitigación de las causas de deterioro; para ello, en la sección 4 de este manual, se describen las principales técnicas de restauración de manglar y acciones para remediar las afectaciones.

#### **Paso 4: Papel de los actores comunitarios/institucionales necesarios para la restauración**

Siempre se debe tener presente la identificación e incorporación de actores claves. El principal motor de una restauración es la comunidad que hace vida y reconoce la importancia del esfuerzo realizado; sin embargo, existen otros actores indirectos que pueden asegurar la viabilidad de las acciones y su monitoreo en el tiempo. Entre estos actores indirectos que pueden convertirse en brazos motores se tienen los relacionados con la administración política territorial y las instituciones de gobierno vinculadas a la conservación, al manejo de zonas costeras y a planes de desarrollo como el turismo, el comercio, etc.

Muchas de las labores de restauración requieren mitigar las causas de deterioro vinculadas a obras de infraestructura, o se requieren ordenanzas que aseguren que la causa de afectación se elimine o maneje (caso de rellenos ilegales, de represas donde se requiere un manejo especial que asegure períodos de pulsos de agua al manglar, etc.). Para viabilizar este tipo de acciones es necesario tener apoyo de los entes locales, regionales e incluso nacionales.

El uso de la radio local es un excelente medio para divulgar información sobre el proyecto de restauración, sus objetivos, su justificación y sus necesidades. Los talleres informativos también ayudan a que se informe y se vinculen diferentes tipos de instituciones a la propuesta de restauración.

Se pueden presentar casos en que, para un mismo sistema lagunar, varios municipios compartan responsabilidad. En estos casos se deben integrar todos los responsables. Así mismo, en áreas donde hay desarrollo turístico, es importante vincular a las empresas privadas, explicarles las razones del proyecto e invitarlas a hacer parte de este. Cada grupo comprometido con el trabajo asegura que el mismo se lleve a cabo de manera exitosa.

#### **Paso 5: ¿Cómo saber hasta dónde llegar? Determinación de los alcances de la restauración**

Tal vez una de las principales dudas al hacer un proyecto de restauración surge al determinar los alcances para definir hasta dónde se puede abarcar.

Todo va a depender de la discriminación de las causas principales de deterioro vinculadas a los efectos sobre el manglar.

Los criterios para delimitar los alcances van desde el monto dado por el ente financiador y el tiempo requerido de ejecución, hasta la logística requerida de acuerdo con cada causa a mitigar.

En todos los casos se debe tener claro con qué equipo se cuenta y calcular cuántas horas/hombre de dedicación se estiman para la realización de las labores, así como los resultados esperados a partir de cada acción. Si el área a recuperar supera las capacidades del grupo de restauradores, es importante diseñar el proyecto por etapas, con resultados e indicadores medibles, para asegurar las siguientes etapas.

Así mismo, es importante determinar desde un principio lo que corresponde a acciones directas y lo que corresponde a decisiones de manejo, y a partir de esto discriminar los equipos y el personal requerido.

### **Paso 6: ¿Cómo definir las metas de restauración?**

Las metas de una restauración están vinculadas a mitigar las causas de deterioro, eliminar las barreras que impiden una respuesta resiliente del ecosistema y promover resiliencia, determinar la trayectoria y asegurar que el ecosistema se mantenga; es decir, que se cumplan los atributos de un ecosistema restaurado (Clewell, Rieger y Munro 2005), lo cual se convierte en las metas de una restauración:

- Que el ecosistema restaurado contenga un conjunto característico de especies que habitan en el ecosistema de referencia y que proveen una estructura apropiada de la comunidad.
- Que conste de especies autóctonas hasta el grado máximo factible.
- Que contenga todos los grupos funcionales necesarios para el desarrollo y/o la estabilidad continua del ecosistema.
- Que tenga un ambiente físico que permita sostener poblaciones reproductivas de las especies necesarias para la continua estabilidad o desarrollo a lo largo de la trayectoria deseada.
- Que funcione normalmente de acuerdo con su estado ecológico de desarrollo y no haya señales de disfunción.
- Que se integre adecuadamente con la matriz ecológica o el paisaje, con los cuales interactúa a través de flujos e intercambios bióticos y abióticos.
- Que tenga eliminadas o reducidas, tanto como sea posible, las amenazas potenciales del paisaje circundante sobre la salud e integridad del ecosistema.
- Que tenga suficiente capacidad de recuperación como para aguantar los acontecimientos estresantes periódicos y normales del ambiente local y que sirven para mantener la integridad de bosques de coberturas menores a 100 ha.
- Que sea autosostenible al mismo grado que su ecosistema de referencia y tenga el potencial de persistir indefinidamente bajo las condiciones ambientales existentes.

Cada meta posee un objetivo vinculado a una serie de acciones, y esas acciones vienen limitadas por los alcances mencionados con anterioridad; por lo tanto, al definir las metas se deben tener en cuenta todos estos componentes para asegurar que se logren de acuerdo con las condiciones sociales, ambientales, políticas, económicas y financieras.

### **Paso 7: ¿Cómo elaborar un plan para la mitigación de causas?**

El plan de mitigación de causas depende de la escala de valoración de importancia de las causas que en la actualidad afectan el estado de salud del ecosistema de manglar, explicada en puntos anteriores. De acuerdo con estos valores, se priorizarán las acciones a partir de las de mayor importancia a las de menor importancia y se ordenarán de acuerdo con la escala espacial de impacto (regional, ecológica, local) y de acuerdo con el tiempo de vigencia (históricas, actuales).

De acuerdo con el resultado obtenido, se determinará si las acciones de mitigación que van vinculadas a las causas analizadas responden a decisiones de manejo, y/o capacitación o si las causas requieren de determinadas acciones que implican obras de adecuación o eliminación directa. Por ejemplo, si la causa principal de deterioro está vinculada al deterioro de la cuenca asociada al ecosistema de manglar, que trae como consecuencia la sedimentación y cierre de las bocas de recambio hídrico, entonces las labores de mitigación deben incluir talleres de capacitación y decisiones sobre el manejo

y recuperación de la cuenca, pero también labores de contención de sedimentos. Las determinaciones de los pasos a seguir se apoyarán en las características medioambientales del mismo.

### **Paso 8: ¿Cómo identificar áreas control/referencia?**

El ecosistema de referencia se constituye en el modelo para determinar, mediante una comparación preliminar entre el estado inicial y el estado final, si el proyecto es realista y se ha ponderado su potencial de éxito. Entre más difiera el estado inicial del ecosistema con respecto a la referencia, más costoso, difícil e incierto podría ser el proyecto (salvo en ecosistemas de baja diversidad como, por ejemplo, manglares en donde el ecosistema de referencia tiene una o pocas especies en el dosel) (Murcia y Guariguata 2014).

El ecosistema de referencia provee, además, una guía de la trayectoria esperada de la restauración. El grado de avance del proyecto se mide a lo largo de esta trayectoria y el éxito se determina comparando los logros con las condiciones ideales esperadas. Existen distintos criterios para definir el ecosistema de referencia: por ejemplo, el ecosistema en su estado previo a la degradación (referencia histórica); un ecosistema equivalente en la vecindad del área a restaurar (que probablemente haya incorporado cualquier cambio temporal que hubiera afectado al ecosistema si no hubiera sido degradado, o una referencia funcional, en la cual solo se busca replicar un aspecto funcional del ecosistema.

El tipo de ecosistema que se seleccione debe estar alineado con los objetivos del proyecto. Es decir, que, si se busca recuperar la biodiversidad de un lugar, la referencia debe tener información sobre la composición y diversidad de las especies que se pretende restablecer.

Las áreas control son zonas de manglar ubicadas en el mismo paisaje regional, que no han sido perturbadas; por su parte, las áreas de referencia son áreas de manglar que se encuentran cercanas a las zonas que presentan deterioro, pero que han sido resilientes y se hallan un buen estado de salud.

Para poder escoger un área de referencia o control en áreas de manglar, se debe asegurar que posee el mismo tipo fisiográfico y la misma composición de especies.

### **Paso 9: Determinación de indicadores de resiliencia**

La aplicación de los indicadores de resiliencia en el ecosistema de manglar va determinada por el período de seguimiento estipulado dentro del proyecto de restauración, por las condiciones ambientales y por el régimen dinámico propio del lugar.

Por lo tanto, se recomienda, para evaluaciones a corto plazo, el análisis de parámetros bioquímicos del suelo (materia orgánica, actividad microbiana y enzimática) que expresen el estado del suelo como reservorio de nutrientes y que determinen la eficiencia de flujos de nutrientes y descomposición microbiana.

La evaluación de la respuesta dada por la regeneración inducida en períodos secos (tasa de crecimiento, supervivencia) es un buen indicador de eficiencia en el uso del agua y nutrientes, lo cual está relacionado con el uso de controles bióticos altamente eficientes.

A mediano plazo, los datos relacionados con respuestas a cambios ocasionados por causas naturales (tormentas, inundación), como la aparición de raíces aéreas ya sea para dar estabilidad al árbol o para responder a inundaciones, son indicadores de la capacidad de autorreconstrucción y rehabilitación.

### **Paso 10: Determinación de indicadores de seguimiento de trayectoria de la restauración**

Puesto que los resultados no son inmediatos y existe un nivel de incertidumbre sobre la dirección que tome el ecosistema a lo largo del tiempo, es necesario definir indicadores que faciliten un seguimiento a la restauración, por lo menos a mediano plazo.

El indicador tiene como objetivo medir el cambio en el tiempo con respecto a un punto de referencia que comprende tanto la condición inicial como el ecosistema de referencia. De los resultados que arrojen derivan ajustes y acciones adicionales para asegurarse de que el sistema está siguiendo la trayectoria esperada, a la velocidad esperada, hacia un estado de referencia.

### 3.8 Indicadores relacionados con el suelo

Teniendo en cuenta la dinámica del ecosistema de manglar y su alta variabilidad sitio-específica se escogen indicadores que representan la evolución de un estado perturbado a uno restaurado.

Por tiempo de respuesta, los indicadores de la trayectoria a corto plazo más recomendados son aquellos relacionados con el suelo, por contribuir a la resiliencia del bosque, debido a que representan una reserva de nutrientes para el sistema y presentan tasas rápidas de flujos de nutrientes y descomposición microbiana que facilitan la recirculación de nutrientes como parte de la integridad del ecosistema (Alongi 2008).

Por la alta variabilidad sitio-específica no se espera que la respuesta sea idéntica al sistema de referencia, sino que los cambios esperados evidencien una trayectoria similar; por esto, desde un inicio se determina el valor de estos indicadores tanto en el área degradada (punto inicial) como en el bosque de referencia (punto final), para definir el punto de partida y las tendencias una vez que se realizan las labores de mitigación de causas de deterioro y de eliminación de barreras que impiden la respuesta resiliente.

**Indicadores:** humedad, densidad aparente, salinidad del suelo, saturada materia orgánica, pH, tasa de descomposición de la materia orgánica.

### 3.9 Indicadores relacionados con la dinámica hídrica

Por ser un humedal marino-costero se requiere determinar la trayectoria en cuanto a la recuperación de la dinámica hídrica.

La meta debe estar proyectada de acuerdo con las características fisiográficas del bosque y del bosque de referencia.

El marco debe focalizarse en las características iniciales del bosque y las características finales una vez finalizadas las labores; sin embargo, si se desea tener más control del trabajo, es recomendable el monitoreo de estas variables mientras se ejecuta la recuperación.

**Indicadores:** son las variables que caracterizan el hidroperíodo a partir de los índices evaluados en la "hoja clínica" del ecosistema, periodicidad de inundación, salinidad en período seco, salinidad en período de lluvias, altura de columna de agua, así como porcentaje de canales recuperados que permanecen funcionales (primarios, secundarios y complementarios), entre otros. La escogencia del indicador dependerá de las condiciones del sitio específicas de cada área degradada.

### 3.10 Indicadores relacionados con cobertura vegetal y relaciones tróficas

Por ser una restauración de bosques de manglar, se requiere conocer si la trayectoria observada obedece a la promoción de la resiliencia en términos de su integridad dentro de una dinámica de cambio propia del sistema. Por lo tanto, se deben escoger indicadores que puedan ser valorados desde el inicio de la restauración.

**Indicadores:** se debe determinar la respuesta de cohortes implantadas por regeneración inducida y cohortes implantadas naturalmente. Las respuestas dadas en términos de su supervivencia y desarrollo servirán de patrón para determinar la trayectoria observada en las áreas restauradas donde se realizó regeneración inducida. Igualmente se determinarán los diferentes niveles tróficos registrados en el sistema de referencia (“hoja clínica” del ecosistema).

## **Paso 11: Seguimiento**

Los proyectos de restauración son costosos y complejos. Por lo tanto, es importante tener un plan de seguimiento del desempeño para evaluar si se han cumplido con las tareas programadas. El monitoreo de seguimiento es la herramienta que permite evaluar si las acciones iniciales dieron los resultados esperados a mediano y largo plazo. Cuando no se obtienen los resultados esperados, entonces es necesario tomar medidas correctivas mediante un proceso de manejo adaptativo (Murcia y Guariguata 2014).

En el caso de los bosques de manglar, el seguimiento del éxito de las labores de reactivación de la hidrodinámica puede determinarse a través de los cambios detectados en el hidropériodo de las áreas degradadas; asimismo en el cambio de las características de los suelos, en la implantación exitosa de los embriones y en la llegada de organismos de diferentes niveles tróficos.

Si no se registran cambios en el hidropériodo, es necesario entonces hacer un seguimiento a las obras ejecutadas y realizar los correctivos necesarios para la adecuación de las áreas afectadas. Este seguimiento se aplica a nivel hídrico, de suelos y de vegetación.

Murcia y Guariguata (2014) sugieren estos indicadores de seguimiento:

- Número de infraestructuras para la restauración (en el caso del manglar se puede referir a las barreras de protección, trincheras, islas de propagación, canales, etc.).
- Vegetación (cantidad de área cubierta por voleo, siembra directa, número de sacos de embriones utilizados, etc.).
- Jornadas de capacitación o número de participantes (talleres realizados, actores directos e indirectos que asistieron).
- Participación comunitaria, número de personas trasladadas o número de personas que participaron en las actividades.
- Eventos de concertación (actores que asistieron, resultados obtenidos).
- Investigación sobre el número de personas involucradas.

## **Paso 12: Evaluación**

La evaluación inicial consiste en (1) identificar la causa de la degradación, entender sus orígenes y determinar si continúa o si las actividades transformadoras se suspendieron; (2) evaluar las condiciones iniciales del ecosistema con respecto a sus atributos y a su contexto paisajístico; y (3) determinar si el ecosistema degradado está en condiciones de retornar por sí solo a su estado original o si requiere de acciones para facilitar su recuperación. Esta información debe estar contenida en la “hoja clínica” del ecosistema, la cual se convierte en la línea de partida de la restauración (Murcia y Guariguata, 2014).

Las acciones de restauración típicamente abarcan un período corto, relativo al tiempo que le toma a los ecosistemas recuperar completamente sus atributos estructurales y funcionales. Por este motivo la evaluación debe tener diferentes niveles de análisis; en el caso del ecosistema de manglar, el suelo es un indicador ideal de cambio a corto plazo; la vegetación, a mediano; y las relaciones tróficas, a largo plazo. Por ser un ecosistema abierto, la caracterización de las aguas debe obedecer a un monitoreo

de evaluación que cubra períodos de sequía y de lluvia, tanto en el ecosistema de referencia como en el ecosistema degradado.

La evaluación final viene dada por las metas planteadas en el momento de realizar el modelo conceptual de la restauración.

La evaluación debe incluir una descripción de las actividades y los protocolos a seguir para cumplir con cada una de las metas y objetivos trazados. Además, debe contar con un cronograma y el listado de los productos a entregar en plazos claramente especificados. Estos últimos son los elementos básicos para evaluar la ejecución del proyecto









# Sección 4



# Técnicas y acciones para la restauración del bosque de manglar

## 4.1 Técnicas de recuperación aplicadas al ecosistema de manglar

Las técnicas de recuperación aplicadas para el ecosistema de manglar están dirigidas, principalmente, a recuperar la dinámica hídrica a partir de la eliminación de barreras que van desde el origen de la fuente de agua (escala regional) hasta promover la dinámica de intercambio dentro del área a restaurar (escala ecológica y de unidad de hábitat).

Los manglares tienen canales naturales de flujos de agua, los cuales pueden colmatarse por alteraciones en la línea de costa, ya sea por troncos producto de tormentas, o por obras de infraestructura que afectan la fuerza de las corrientes. Así mismo, cuando el flujo de agua que traen las quebradas desde la tierra hacia el mar desciende o se elimina, se propician procesos de sedimentación que pueden durar años en expresarse (décadas) y el manglar va muriendo lentamente.

Estos procesos acumulativos en el tiempo generan una cascada de efectos relacionados con la afectación de los suelos, el estancamiento de las aguas, hipersalinización o hiposalinización, toxicidad en el bosque y muerte. La muerte comienza generalmente desde las partes más internas del bosque (manglar de cuenca) en forma de lunar y va avanzando hasta llegar a las partes más externas (bosque de barra); esto normalmente ocurre en casos críticos donde la fuente de agua que da vida al humedal ha sido alterada.

A continuación se muestran diferentes técnicas que parten de un mismo principio, pero que al ser aplicadas en diferentes países bajo diferentes condiciones (niveles de marea y aporte de agua dulce, por ejemplo), presentan modificaciones o variantes. Estas técnicas se aplican y ajustan una vez que se ha hecho la “hoja clínica” del ecosistema; es decir, luego de tener información sobre la evaluación de la fuente, y de conocer el estado de los canales principales, secundarios y complementarios, entre otros aspectos relevantes para la toma de decisiones.

### Activación de canales de intercambio mareal

A partir de la “hoja clínica” se organiza el plan de obras; en el caso de reactivación de canales se debe elaborar un cuadro con los siguientes atributos:

- Tipo de canal (primario, secundario, complementario).
- Fuente de agua (mar, laguna, río, otro canal).
- Máxima velocidad de caudal en puja mareal (en caso de no poseer caudalímetro, se puede calcular usando tres naranjas: se determina la distancia de un punto a otro, se tiran las naranjas al agua y se mide el tiempo en llegar al otro punto, y se calcula el promedio).
- Longitud del canal a reactivar (calculada directamente en campo o través de plataformas Google Earth, Xantex, etc.). Se debe indicar si la reactivación del canal llega directamente a la zona afectada o si se realiza la activación hasta llegar a un canal secundario. También se debe indicar si el canal

secundario atraviesa un bosque aledaño (aumenta la dificultad) para llegar al borde del área afectada.

- Profundidad máxima del canal a reactivar, activo o no activo, y punto o puntos donde el canal presenta obstrucción.

Una vez que se hayan escogido los canales que requieren limpieza, las personas utilizarán palas, hachas, machetes para la limpieza. La mano de obra puede ser realizada por ambos sexos: femenino y masculino. Las comunidades costeras que viven en áreas inundables, los cultivadores de arroz, gente que maneja canales de riego en agricultura ya poseen una experiencia importante en el manejo del agua, que es muy útil en el momento de recuperar un canal. La época ideal para recuperar canales es en período seco.

#### ► Figura 4

#### Restauración de la dinámica a partir de la activación de canales secundarios



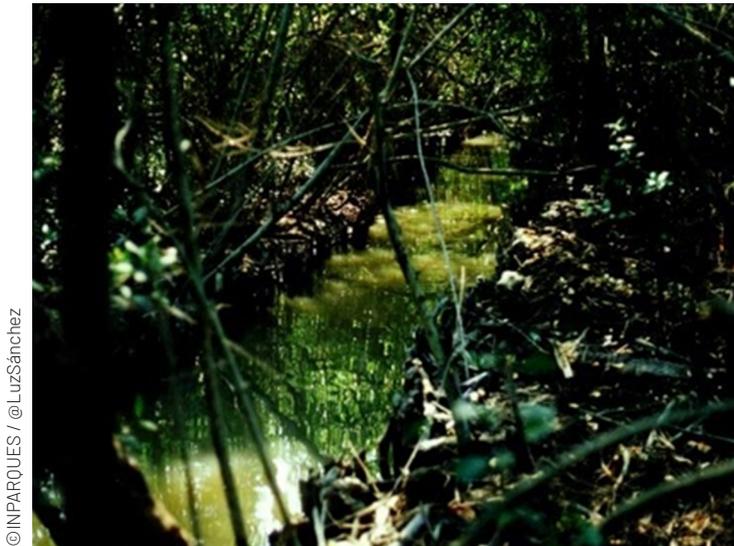
Para limpiar el canal primario se recomienda seguir las dimensiones naturales (ampliar el ancho de un canal disminuye la presión hidráulica y trae como consecuencia procesos de sedimentación). Por lo general, los canales en las áreas de manglar poseen dimensiones que van de 1-3 m de ancho y 1-2 m de profundidad. También se deberá remover todo el material que se encuentre en el fondo del canal.

El suelo retirado del fondo del canal se acomodará ambos lados del canal, cuidando de no obstruir los canales de distribución al interior del bosque.

En caso de limpieza de canales secundarios de distribución es necesario considerar que estos canales, por lo general, tienen de 30 cm a 50 cm de ancho y una profundidad máxima de 50 cm, que va disminuyendo a medida que se acerca a la zona (Figura 5), pero estas dimensiones pueden variar de acuerdo con la topografía; se debe seguir la marca del agua para no propiciar áreas estancadas.

Una vez que el canal ha llegado al perímetro del área degradada, se deberá realizar una red de canales complementarios que ayudarán a distribuir el agua por toda la zona y a propiciar los flujos de recambio mareal. El indicador de éxito de la labor parte de un aumento de la velocidad y volumen del flujo mareal en los canales, y un cambio en el hidropérido de la zona a restaurar.

► **Figura 5**  
**Canal recuperado**



© INPARQUES / @LuzSánchez

---

## Elevación de la topografía

La elevación de la topografía puede compensar la pérdida de suelo por un desequilibrio en la dinámica costera de áreas con tectónica activa, o por la pérdida de suelo por procesos erosivos. También se utiliza cuando hay que recrear nuevas zonas porque las condiciones no permiten volver a una condición anterior.

La elevación del suelo puede ser aplicada siempre y cuando se asegure un hidropérido adecuado a la nueva condición, y esto implica integrar una red de canales suplementarios creados para la promoción de la dinámica de recambio al interior de los bosques degradados y para promocionar áreas de regeneración.

El sedimento que se extrae de la activación de los canales complementarios se utiliza para la formación de las camas de implantación.

Los restos de troncos y ramas secas se utilizan para la creación de estos puntos de regeneración y para crear caminos de acceso y así evitar que los canales internos sean afectados.

► **Figura 6**

**Proceso de elevación de terreno para la promoción de regeneración**



©INPARQUES / @LuzSánchez

Disposición de ramas y troncos para facilitar la movilidad



©INPARQUES / @LuzSánchez

Proceso de elevación de terreno por franjas



©INPARQUES / @LuzSánchez

Canales suplementarios e implantación de embriones

La elevación del terreno se puede realizar de acuerdo con las características del terreno ya sea en franja o en forma de islas. Lo fundamental es asegurar el hidroperíodo que permita una inundación periódica, para la promoción de resiliencia y, por ende, la recuperación integral del sistema.

### **Creación de trincheras (en bosques de barra y cuenca)**

Esta técnica es apropiada para aquellas zonas donde la dinámica mareal presenta temporadas de fuerte oleaje y la barrera natural de manglar ha sido removida total o parcialmente por cambios en la hidrodinámica inducidos por obras de infraestructura marina y/o terrestre, o por causas naturales (huracán, mar de fondo, etc.).

El principio natural se basa en la formación de franjas de bosques en las zonas posteriores a las barras de tormenta, arenosas o a la línea de costa. Su viabilidad se basa en el intercambio mareal a nivel freático.

Este tipo de técnica basada en la respuesta natural del bosque proporciona ambientes de protección marino-costera, al fortalecer la barra en dirección tierra-mar. Su aplicación es ideal como medida de adaptación basada en ecosistema para la mitigación de los efectos del cambio climático. La trinchera proporciona un espacio de crecimiento del bosque que fortalecerá con el tiempo la protección de la línea de costa.

## 4.2 Pasos para la construcción de trincheras

- **Construcción.** Existen dos tipos de trincheras, una ubicada detrás de la barra arenosa o de tormenta, muy cercana a la línea de costa, y otras ubicadas dentro del bosque de barra, pero a varios metros de la línea de costa. En ambos casos las barras se ubican paralelas a la costa y deben mantener la morfología natural rodeando la vegetación presente.

Se sugiere un ancho no superior a 1,5 metros; el largo depende de la morfología de la línea de costa y del lugar, pero por manejo idealmente se pueden crear secciones de máximo 20 metros de largo, separadas entre sí por 1 o 2 metros. Si se requiere cubrir un mayor ancho, se sugiere crear varias franjas paralelas imitando las curvaturas de la barra de arena. El ancho de las líneas de trinchera está sujeto a la geomorfología de la costa.

El principio fundamental que consolida la implantación es asegurar la profundidad necesaria de la excavación de la trinchera hasta llegar al nivel freático en bajamar. Si no se tiene en cuenta el tipo de marea vigente en el momento de la excavación se pueden cometer errores de cálculo que ponen en riesgo la implantación exitosa.

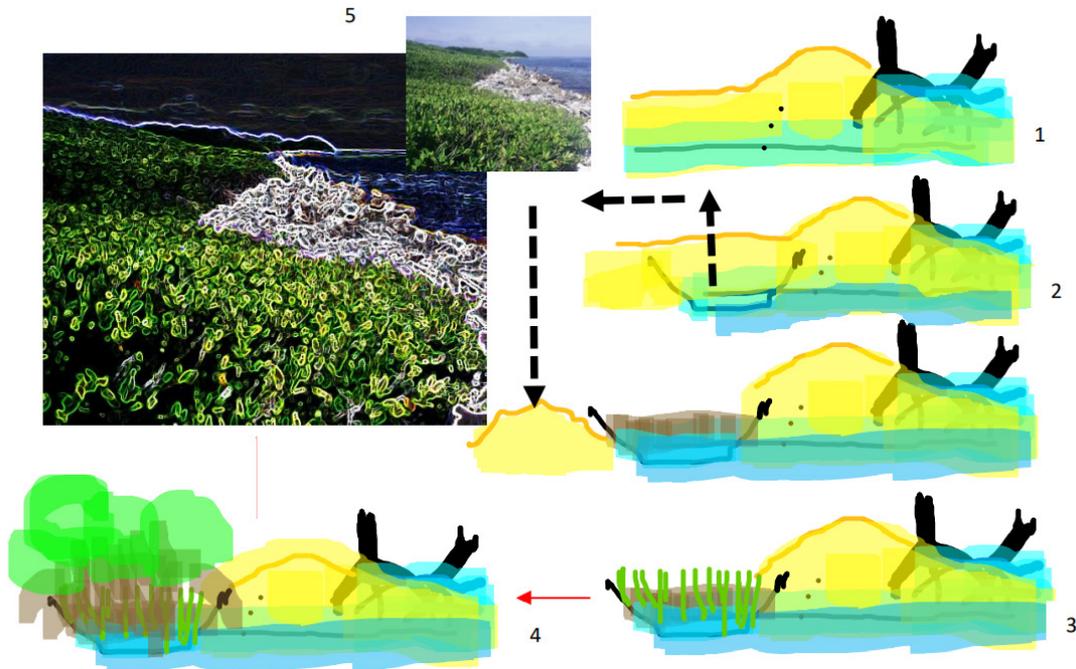
Una vez que se ha llegado a este nivel mediante la excavación de la trinchera, se debe cubrir el fondo con una capa de material orgánico por lo menos de 5 cm. Este material idealmente debe contener suelo fibrist de manglar de bosques en buen estado y proporcionar un inóculo de microorganismos para el crecimiento exitoso de los embriones (este tipo de suelo puede ser recogido cuando se hace mantenimiento a los canales de intercambio hídrico) o puede agregarse material vegetal fragmentado que se encuentra en la desembocaduras de los ríos (reconocido como abono de manglar según el conocimiento de la gente del manglar en el Canal del Dique Colombia) (Sánchez-Arias 2009 b).

Una vez colocada la capa de material vegetal, se debe asegurar, mediante monitoreo, que la misma registra recambio a partir del ritmo mareal, para lo cual se compara el nivel freático durante los períodos de máxima y de mínima mareal. En período de mínima mareal debe humedecer la superficie superior de la capa de material orgánico, y durante la máxima mareal debe incluso saturar la capa de material orgánico; este punto es fundamental para evitar acumulación de sales. Una vez comprobado el intercambio a nivel freático, se deben implantar los embriones de manglar previamente activados.

- En las trincheras más cercanas a la línea de costa se deben implantar embriones de *Rhizophoras*, activados previamente en manojos de enraizamiento (ver activación de embriones de *R.mangle*); esto con el fin de proporcionar un microambiente que favorezca el crecimiento de los individuos más aptos.
- En las trincheras ubicadas hacia el interior de la barra se pueden mezclar embriones de *Rhizophoras* con embriones de *Avicennia germinans*, generalmente en proporción (3:1); sin embargo, siempre debe obedecer a las condiciones sitio-específicas y a las características del bosque afectado (Figura 7).

► **Figura 7**

**Esquema del proceso de construcción de trinchera**



1. Estado inicial alterado. 2. Ubicación de futura excavación de trinchera. Las flechas indican la profundidad de esta para llegar al nivel freático. 3. Excavación realizada con aporte de capa orgánica e implantación de embriones. 4. Respuesta esperada. 5. Proyección futura de trinchera.

Fuente: elaboración propia.

## Activación de embriones y siembra al voleo e hidropónica

■ *Rhizophora mangle*:

Se toman los embriones del árbol, y para disminuir la posibilidad de patógenos se debe observar que la corona (anillo) que une el fruto con el embrión esté bien desarrollada, tenga una tonalidad amarilla y no ofrezca mucha resistencia al separar el embrión.

Después de esto es importante bañar los embriones con aceite mineral para asegurar que no haya barrenadores. Se organizan en grupos por tamaño y se colocan de manera vertical en vasos, bolsas negras sin perforar, o pueden ser recipientes de refrescos de 1,5 litros, cortados por la mitad, los cuales han sido pintados o cubiertos con papel aluminio para evitar que le entre luz a las raíces (Figura 8).

Posterior a esto se prepara agua enriquecida (1 litro de agua por 5 cc de fertilizantes mayores y menores) y se agrega unos 3 cm de altura en cada recipiente. Luego, cada recipiente se rellena en su totalidad con embriones hasta formar una especie de mazo compacto cuidando que no se hagan daño entre sí y que los embriones toquen el fondo del envase. Se deja el recipiente con los embriones en una zona iluminada, pero que no tenga la acción directa del sol. Un día de por medio se cambia el agua. Una vez que la plúmula emerge, están listos para ser trasplantados.

► **Figura 8****Proceso de promoción de regeneración**

©INPARQUES / @LuzSánchez

Tratamiento y selección de embriones



©INPARQUES / @LuzSánchez

Tratamiento y selección de embriones



©INPARQUES / @LuzSánchez

Activación en forma de mazo



©INPARQUES / @LuzSánchez

Siembra hidropónica con soportes  
a 1 m de profundidad■ *Avicennia germinans*:

Se recogen los embriones desde el árbol, seleccionando aquellos de mayor tamaño, de color verde amarillento, idealmente con una tonalidad rosada.

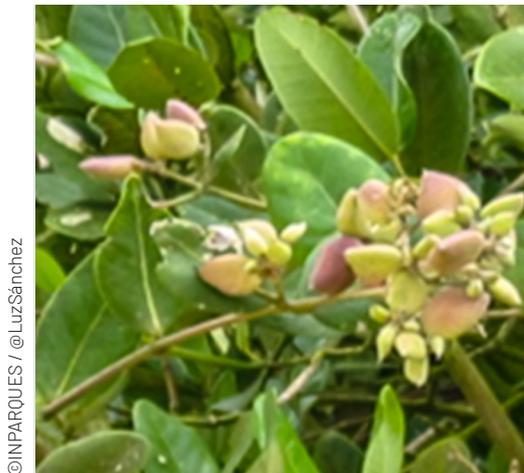
Se almacenan en una bolsa que permita aireación. Una vez que se llega a la zona de activación, se sumergen en recipientes de 20 litros llenos de agua dulce, con 10 ml de agua con aceite mineral y se espera 1 a 2 horas.

Posterior a esto se hace la prueba del peciolo frotando suavemente la superficie del embrión; si este sale con facilidad, ya se puede iniciar la tarea de activación.

Se toma cada embrión y suavemente se le remueve la capa protectora o pericarpio (Figura 9). Una vez eliminada, se dejan sumergidos con agua enriquecida (misma fórmula usada con *R. mangle*). A las 24 horas se cambia el agua y se dejan por 24 horas más hasta asegurar que se vea la radícula y se hayan hidratado a punto de disminuir su flotabilidad. Después se pueden implantar o se sacan del agua y se dejan sobre una manta o malla, y se distribuyen de manera homogénea formando una delgada capa no superior a 2 cm. Se riegan evitando puntos de saturación, pero se debe asegurar humedad. Se espera hasta que el embrión saque su raíz.

Posterior a esto, el embrión ya está listo y activado para ser llevado a los puntos de regeneración; se puede implantar de forma directa en el suelo sin enterrarlo totalmente; solo se debe enterrar la raíz y las falsas hojas deben quedar firmes sobre la superficie. Se colocan por punto 3 embriones, y bajo una densidad de 25 puntos por m<sup>2</sup>, o se tiran los embriones sobre la superficie tratando de que sean distribuidos de manera homogénea.

► **Figura 9**



©INPARQUES / @LuzSanchez

Embriones en buen estado de salud de *A. germinans*



©INPARQUES / @LuzSanchez

Transporte de los embriones, del bosque a la zona de activación



©INPARQUES / @LuzSanchez

Eliminación del pericarpio de los embriones



©INPARQUES / @LuzSanchez

Embriones sin pericarpio, listos para la activación

■ *Laguncularia racemosa*

Se recogen los embriones o propágulos desde el árbol, evitando recoger del suelo. Se van seleccionando aquellos embriones de mayor tamaño, de color verde amarillento; se almacenan en sacos que permitan aireación durante el transporte a la zona de activación. Una vez en la zona, se sumergen en agua con aceite mineral por 2 horas.

Posterior a esto se colocan en baldes plásticos y se va agregando agua nutritiva hasta cubrirlos 2 cm por encima. Se colocan en un ambiente iluminado y fresco y se hace recambio de agua a diario.

Este proceso dura de 4 a 6 días o hasta que aparezca el ancla (una proyección de la raíz, generalmente de color verde que sale de cada propágulo). El proceso es el siguiente: los propágulos cambian de color, se van tornando

de color verde a color café y al mismo tiempo va apareciendo el ancla; una vez que se asoma totalmente el ancla, aparecen las raíces secundarias y se abre el propágulo.

Es muy importante mantener húmedos los embriones, no sumergidos. En este momento están listos para ser implantados. Se pueden sembrar al voleo o de manera directa, asegurando una alta densidad y siguiendo el patrón de una regeneración natural.

### ► Figura 10

#### Proceso de siembra del *Aguncularia racemosa*



©INPARQUES / @LuzSanchez

Recolección de embriones



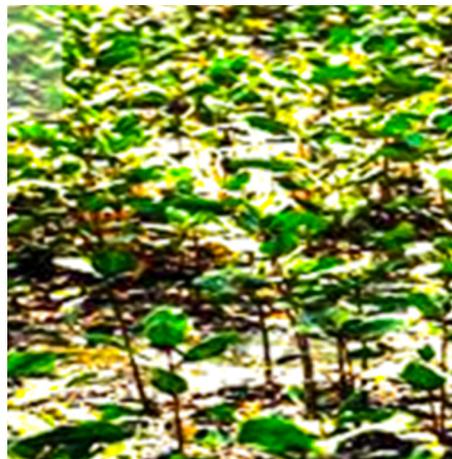
©INPARQUES / @LuzSanchez

Embriones de *Laguncularia* ya activados (nótese el cambio de color de verde a marrón)



©INPARQUES / @LuzSanchez

Siembra directa de embriones sobre camas de regeneración con suelos mejorados



©INPARQUES / @LuzSanchez

Densidad de embriones implantados en medio natural

### Voleo

Se basa en imitar y promocionar los procesos de regeneración natural a partir de la dispersión masiva de embriones previamente activados.

La época climática ideal es al inicio del período de lluvias. La época de pleno verano no es conveniente porque la sequedad afecta la implantación; tampoco en pleno período de lluvia porque los embriones son arrastrados, lo que impide su implantación.

Para esto se parte de una zona que ha recuperado su dinámica hídrica y sus suelos, pero que por su dimensión posee el material vegetal suficiente a su alrededor para cubrir el área por dispersión natural.

Se trabajan embriones activados porque este método es una alternativa más económica que la siembra directa de plántulas por trasplante y porque a su vez se constituye en una prueba del éxito de

las labores realizadas en cuanto a recuperación de suelos y dinámica hídrica, pues se parte del principio de tener la zona bajo una condición idónea, que permite el desarrollo desde el estado de embrión, como ocurre en la naturaleza.

El traslado de los embriones se hace en baldes, evitando su manipulación. Y una vez en la zona se pueden llevar al área degradada en bolsas más pequeñas (Figura 11).

La siembra al voleo debe programarse y se debe asegurar que la zona no esté muy inundada y que la marea esté en bajamar. Lo anterior es para asegurar una distribución más homogénea.

En caso de aplicar voleo a áreas que han sido elevadas, hay menor probabilidad de arrastre de embriones.

### ► Figura 11

#### Proceso de siembra al voleo



©INPARQUES / @LuzSánchez

Voleo en baja marea



©INPARQUES / @LuzSánchez

Voleo en baja marea



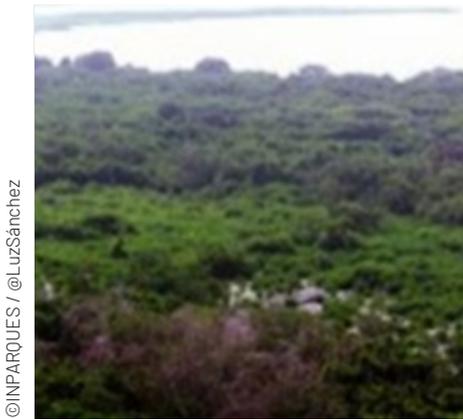
©INPARQUES / @LuzSánchez

Llenado mareal



©INPARQUES / @LuzSánchez

Desarrollo a los 8 meses



©INPARQUES / @LuzSánchez

Aspecto de la zona a los 12 meses



©INPARQUES / @LuzSánchez

Aspecto a los 2 años

## Siembra hidropónica

Se basa en la promoción de un sustrato para la fijación de embriones (tubo pvc, bambú, horqueta, etc.), en zonas cuya profundidad es mayor a 30 cm.

Especialmente aplicada a *R. mangle* por su capacidad de respuesta. Existen muchos métodos (Guzmán 2020), todos funcionales de acuerdo con las condiciones del lugar. Es importante activar y utilizar el sistema de mazo, explicado en capítulo anterior, para asegurar una respuesta más rápida.

### 4.3 Cómo realizar las acciones para eliminar y/o mitigar las causas de deterioro del manglar

Por las características del ecosistema de manglar, las labores al interior del humedal se realizan a partir de esfuerzo humano, sin el uso de maquinaria pesada, para evitar perturbar áreas que no están degradadas.

### 4.4 Acciones para remediar la afectación en la fuente primaria de agua

La eliminación de la causa de deterioro no es viable cuando la misma ya hace parte de la vida de la comunidad (carretera, puerto, urbanismo, represa, sistema de riego, etc.); de ahí la importancia del estudio socioambiental. En estos casos se pueden buscar alternativas que ayuden a promocionar la resiliencia, sobre todo en aquellos casos de degradación que se mantienen en el tiempo (caso de bosques internos de cuenca del Parque Nacional Morrocoy en el estado Falcón).

Cuando no es posible eliminar la causa, normalmente se pueden mitigar sus efectos. La mitigación comprende dos estrategias, ambas igualmente importantes:

- La primera tiene que ver con acciones encaminadas al manejo, donde se planifican talleres informativos y formativos que induzcan a la toma de decisiones conjuntas con todos los actores, teniendo como meta la concientización del esfuerzo de restauración que se va a realizar y la necesidad de formar un equipo que asegure que el ecosistema recuperado prevalezca y que no se cometan errores del pasado. En estos talleres, además de mostrar la situación del bosque y los beneficios de su restauración, se debe

hacer énfasis en opciones como la ecoingeniería, como alternativa al desarrollo destructivo. Así mismo, se deben dar alternativas socioproductivas que ayuden a la conservación y manejo del bosque. Esta alternativa brinda la oportunidad de impulsar y modificar leyes que incluyan aspectos de protección y manejo más allá del espacio que ocupa el ecosistema de manglar.

- La segunda estrategia tiene que ver con las acciones que se van a realizar para recrear la hidrodinámica del humedal a restaurar a partir de un nuevo escenario; en este caso se deben definir las fuentes de agua que se tienen en la actualidad (“historia clínica”) y aquellas que pueden aportar agua al sistema de manera suplementaria. Después de definidas, las fuentes de agua se deben caracterizar en términos de su salinidad, su volumen y su calidad (“historia clínica”).

Las recuperaciones de las fuentes de agua también dependen de su potencialidad, expresada en términos de la dificultad que implica su uso.

- En caso de un ecosistema eliminado en su totalidad, se requiere, además de una fuente de agua, crear la dinámica hídrica, para lo cual se debe evaluar si es necesario recuperar canales o realizar canales totalmente nuevos. En estos casos el apoyo de un ingeniero hidráulico puede agilizar los trabajos.
- En el caso de áreas degradadas que registran bosques resilientes, es necesario asegurar que la fuente no va a alterar procesos existentes poniendo en peligro los bosques no degradados. Para lo cual se debe evaluar el hidroperíodo del bosque resiliente y el degradado, y asegurar, a partir de los canales de recambio, que el mismo no se altere de manera significativa.

#### 4.5 Acciones de remediación encaminadas a recuperar el hidroperíodo

El hidroperíodo tiene que ver con el tipo y duración de la inundación; por lo tanto, depende del sistema de recambio hídrico al interior del bosque, su microtopografía y la fuerza que impulsa el agua, ya sea marina o dulce.

Para la eliminación/mitigación de las causas de deterioro se deben ubicar espacialmente las obras realizadas en el humedal o en zonas aledañas que de forma directa incidieron y siguen incidiendo sobre el hidroperíodo (dragado, rellenos, aterramientos, creación de canales de navegación), y determinar la distancia entre las mismas y el área a restaurar.

Igualmente se debe realizar un mapa o esquema donde se ubiquen las causas de deterioro y los conectores (canales primarios, secundarios) con el bosque a restaurar. En el caso de acciones como aterramientos, se deben eliminar por completo y restaurar el flujo. Normalmente los aterramientos se ocultan simulando escombros dentro del manglar, o sacos de arena ubicados al azar; esto se hace con el fin de que la muerte del manglar tenga una apariencia natural. Para ubicarlos es necesario seguir los flujos que van desde la fuente primaria de agua hacia el área degradada siguiendo el siguiente procedimiento:

#### 4.6 Pasos para la determinación de flujos de recambio al interior del humedal

Se ubican espacialmente los canales primarios, flujos libres, laminares y superficiales identificados previamente en la “hoja clínica”, se determina la dirección del flujo de acuerdo con la marea y se georreferencian a partir de la función TRACK del GPS. En caso de no tener GPS, se colocan marcas y se puede realizar un mapa esquemático con puntos de fácil reconocimiento.

El mapa hídrico debe incluir también la microdinámica que regula la distribución del agua dentro del bosque. Esta microdinámica es muy importante, ya que es la que asegura que el humedal no tenga un desarrollo limitado.

La microdinámica no se observa a simple vista, sino que requiere obligatoriamente internarse dentro de las zonas que se conectan tanto a los bosques sobrevivientes como dentro del área degradada.

Para esto, se toma la información obtenida en la "hoja clínica" del ecosistema y se ubican aquellos canales suplementarios (chorreras) que en la actualidad están activos, los que tienen flujos débiles que solo realizan intercambios dinámicos en pujas mareales y los que están sedimentados o bloqueados.

Esto se puede hacer bajo la influencia de diferentes tipos de mareas, siempre y cuando se anote la hora y el día de la medición; sin embargo, las pujas mareales (máximo del mes y mínimo del mes) son ideales porque muestran fácilmente los flujos de recambio y al mismo tiempo indican el nivel de dificultad que se tiene para restaurar la dinámica hídrica.

Por ejemplo, si un canal primario solo se activa en puja mareal significa que las labores de limpieza son más intensas que otro canal que siempre esté activo independientemente de las mareas.

► **Figura 12**  
**Dinámica de mareas a través de una aplicación**



Para determinar los flujos secundarios y complementarios (visibles solo cuando hay llenado o vaciado por mareas) se debe estipular un día donde se registren máximas y mínimas mareales. Hoy en día existen aplicaciones de dinámica de mareas que brindan esta información de manera gratuita y que pueden ser descargadas a los celulares (Figura 12).

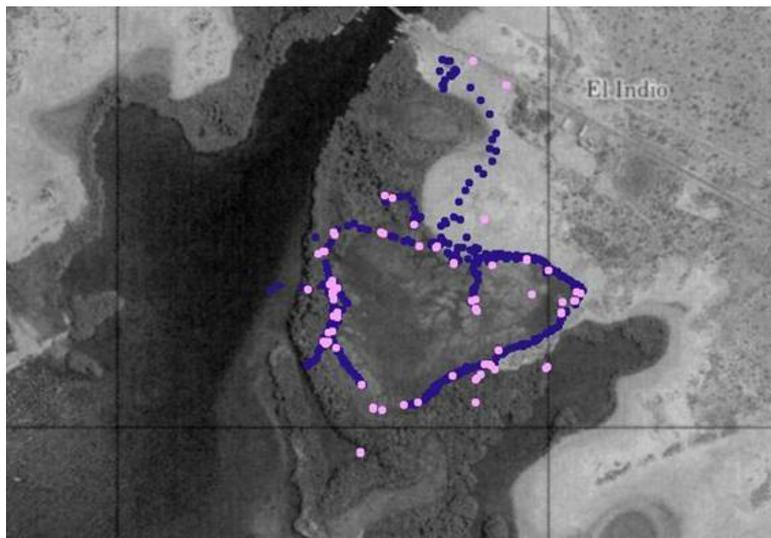
El día de puja mareal, se llega a la fuente de agua identificada a la hora de llenado y se sigue la corriente desde la parte externa hasta la parte interna, hasta donde se pierda; en ese punto se remueve el fondo con un palo o bastón y se espera que en la columna de agua se vea el material suspendido. Posterior a esto se sigue la marca que deja el sedimento. Cuando se pierda la marca, se repite el procedimiento.

Todo este proceso debe ser señalado y en caso de tener GPS debe ser marcado a través de puntos o con la función *TRACK* (Figura 13).

La técnica de seguir la marca de los sólidos suspendidos en el agua también ha sido utilizada ancestralmente por la gente del manglar para ubicar las corrientes internas de acuerdo a la luna y salir hacia la fuente de agua (mar, río, canal, laguna, etc.) cuando se han perdido dentro del bosque. Se pueden utilizar marcadores siempre y cuando se asegure que los mismos sean biodegradables.

### ► Figura 13

#### Ejemplo de señalización de flujos a partir del método explicado



Puntos rosados donde se hizo remoción de fondo para seguir la corriente  
Fuente: elaboración propia

Para determinar el área inundable asociada al bosque degradado (perímetro del área degradada), se debe hacer una primera aproximación a través de portales geográficos de libre acceso Google Earth, Xantex. Esta medición se realiza utilizando la herramienta *polígono*; esta herramienta permite marcar sobre la imagen el borde del área degradada. Para poder visualizar mejor la zona, se aconseja utilizar solo la forma de contorno sin relleno. Una vez delimitada toda el área con esta herramienta, se procede a calcular el área y el perímetro utilizando la función *medir*. Previamente se debe revisar que las unidades sean kilómetros para el perímetro y hectáreas para la superficie; si no es así se debe modificar.

En caso de que el área degradada sea menor a 10 ha, se puede planificar un recorrido perimetral del área utilizando la herramienta *TRACK* del GPS.

Este levantamiento se hace en bajamar y tiene la ventaja de proveer información sobre los puntos históricos de recambio. Los mismos se identifican por ser depresiones súbitas que se encuentran en el recorrido. Estos puntos deben marcarse y georreferenciarse, pues sirven de guía para la determinación de las zonas donde se deben activar canales de intercambio o incluso para crear nuevos canales.

Para tener un cálculo de la longitud aproximada de los canales de intercambio hídrico que se deben reactivar o crear hacia la zona degradada, se parte de la ubicación de la fuente de agua a ser utilizada (laguna, río, mar, etc.), los conectores existentes (canales primarios, secundarios, etc.), y los propuestos entre la fuente y el perímetro del área degradada. A partir de portales geográficos como Google Earth, Xantex, etc., se utiliza la herramienta regla, y se traza una línea recta entre el perímetro de la zona degradada y el punto de ubicación del conector o el punto más cercano a la fuente de agua. Este valor, por ser una línea recta, debe ser multiplicado por 1,5 para simular la sinuosidad propia de los

canales de intercambio de los bosques de manglar. Con los datos obtenidos se elabora un cuadro para priorizar aquellos que presentan las mayores ventajas. Así mismo, se calculan los costos aproximados de acuerdo con el tiempo, la mano de obra requerida y el dato salarial aplicable a la zona.

No siempre es necesario activar todos los canales de recambio que históricamente tiene un sistema degradado antes de la perturbación, ni imitar exactamente al bosque de referencia. Si la perturbación misma ocurrió hace más de 10 años se debe suponer que la microtopografía ha sufrido cambios; luego la mitigación estará direccionada a recobrar a la funcionalidad requerida que permita la resiliencia del sistema más que imitar la forma antes de la perturbación. Cabe anotar que mínimamente un sistema requiere dos puntos de intercambio hídrico, uno de entrada y uno de salida, e idealmente deben estar ubicados en áreas opuestas y de manera no alineada para así evitar puntos muertos.

#### 4.7 Acciones para mitigar las barreras que evitan que el bosque realice la imagen síntesis

Normalmente la escala de aplicación es ecológica o local. En el caso de tala, sin perturbación del régimen hídrico, se debe promocionar la regeneración a partir de áreas de implantación, las cuales se pueden realizar en forma de franjas o en forma de islas interconectadas entre sí por canales.

En estas áreas de promoción se realizan tareas que ayuden a facilitar la implantación de los embriones previamente activados (ver técnicas). Si se trata de suelos erosionados o minerales, la descompactación del suelo a través de picado (imitando los huecos que hacen los cangrejos) promociona un microrrelieve que favorece la implantación. Así mismo, al suelo se puede mezclar turba de manglar (*fibríst*) extraído de la reactivación de canales como inóculo de microfauna o material orgánico articulado que se encuentra en las desembocaduras de los ríos (en caso de tener bosque de manglar de tipo ribereño). Una vez preparado el suelo, se colocan los embriones por grupos en alta densidad imitando los patrones dados en el medio natural.

En el caso de *R. mangle* se pueden aplicar manojos de 5 a 10 embriones separados entre sí 10 cm; el principio es imitar la implantación natural; por lo tanto, se debe evitar el distanciamiento utilizado en bosques de uso forestal.

El agrupamiento favorece la competencia entre individuos de una misma especie y acelera el crecimiento de los individuos más aptos; también los mazos impiden el desarraigamiento en casos de tormentas. Si el bosque degradado era mixto, se pueden entremezclar, en los espacios libres, individuos de *A. germinans* o *L. racemosa*. Con esta competencia inducida se ayuda a acelerar el crecimiento de los individuos y se crean sinergias a nivel del suelo.

Antes de aplicar la competencia inducida se debe consultar la “hoja clínica” del eEcosistema, tanto para el área degradada como para el bosque de referencia *R. mangle*.

En caso de herbivoría crítica, presencia de hongos (carboncillos) en las plántulas, la aspersión con agua salobre (5 ppt), mezclada con aceite mineral (5 ml/l) de baja toxicidad, logra detener el ataque. Sin embargo, es necesario determinar cuáles fueron los factores que desembocaron en este desequilibrio y si obedecen a eventos estacionales o a un evento nunca registrado.

#### 4.8 Acciones de eliminación/mitigaciones relacionadas con la pérdida del suelo por erosión

Se debe determinar si los efectos pueden revertirse o si se puede eliminar la causa. En caso de no poder realizar ningún tipo de eliminación de causas, se procede a la mitigación de los procesos generados.

La pérdida del suelo por erosión se mitiga emulando la acción física de las raíces del manglar a través de barreras permeables al servir de trampa de sedimento (aplicada en Suriname) y de barreras contra el oleaje (aplicada en Colombia). En zonas más expuestas este tipo de técnica puede ser reforzada (experiencia en Cuba) (Guzmán 2020) (Figura 14). En todos los casos se deben definir las corrientes locales y a partir de esto determinar la forma y dirección de la barrera.

#### ► Figura 14

#### Barreras permeables de protección de áreas de manglar



©INPARQUES / @LuzSánchez

Colombia en el 2000



©INPARQUES / @LuzSánchez

Suriname



©INPARQUES / @LuzSánchez

Técnica modificada en Cuba (Guzmán 2020)

## 4.9. Acciones de remediación por efectos de toxicidad

Las acciones en estos casos deben ir dirigidas a determinar la dinámica de la fuente contaminante.

La fuente contaminante debe ser aislada y eliminada del sistema antes de realizar cualquier labor de remediación. En derrames de hidrocarburo, lo primero es detener la llegada del hidrocarburo (HD); normalmente estas labores son llevadas a cabo por contratistas de la empresa de petróleos, pero en el caso del ecosistema de manglar se debe estar vigilante de no permitir que dichas empresas apliquen barreras de cortina de gran calado en

los cuerpos de agua que rodean los bosques, o utilicen barreras de arena en las zonas terrestres, toda vez que este tipo de acciones altera la dinámica hídrica interna del manglar aumentando su vulnerabilidad.

Una vez controlada la fuente contaminante fuera de las áreas de manglar, se debe realizar un mapeo para determinar hasta dónde logró penetrar el hidrocarburo. Para lo cual se deben estudiar los flujos internos y determinar los puntos de entrada y salida de recambio mareal. Se deben revisar las marcas de hidrocarburo dejadas por la mancha sobre las raíces del manglar. Si se ven líneas separadas entre sí, significa que la mancha pasó y luego regresó al descender la marea o viceversa. En esas zonas se deben colocar barreras absorbentes, que permitan el flujo mareal y que ayuden a recoger el aceite que se ubica en la superficie, antes de que penetre de nuevo.

Si la marca es continua significa que la mancha entró y se acumuló en el lugar por un período de tiempo, pero no salió. Si la mancha queda atrapada en el interior del bosque y es localizada, debe ser recogida con mantos absorbentes. En caso de ser una mancha viajera dispersa, se debe calcular su trayectoria a partir de la dinámica mareal y promocionar su salida del bosque hacia los cuerpos de agua adyacentes.

Se calcula el día y la hora donde la mancha va a estar cerca del cuerpo de agua y en ese momento se ubica el punto donde se colocará el desnatador o bomba de succión. Esto se realiza a partir de flujos inducidos.

Una vez que ha salido el hidrocarburo, se debe alejar de las áreas de manglar para evitar que penetre de nuevo, por lo que se deben tener barreras superficiales que encierren la mancha y que permitan su recolección. En ningún caso se debe emplear dispersante.

La premisa más importante de las labores de contingencia de un derrame es que toda obra de recolección del contaminante debe asegurar que la dinámica hídrica no sea afectada.

El objetivo de la mitigación es disminuir el área de impacto del tóxico a través de su recolección, evitando puntos de acumulación.

## 4.10 Aplicación de medidas para la recuperación de la resiliencia del sistema

### Suelos

La resiliencia del bosque de manglar tiene su mejor expresión en el suelo. Luego, las enmiendas deben focalizarse en promover la actividad microbiana y enzimática de los suelos como un mecanismo de mineralización de la materia orgánica para proveer los nutrientes necesarios al ecosistema.

En general, los suelos de manglar se constituyen en un reservorio de nutrientes; sin embargo, es posible que los mismos no estén disponibles por factores como el pH, potencial Redox y otros limitantes. Por ello, dependiendo del elemento que esté limitado, se debe realizar la enmienda ya sea para subir pH, aumentar el potencial Redox, disminuir la salinidad, entre otros.

La biorremediación *in situ* ayuda a promover la actividad microbiana local y en todos los casos se constituye en una fuente de nutrientes a partir de la mineralización de la materia orgánica. Se puede hacer a partir de fertilización con NPK, melaza u otros. En el caso de una contaminación crítica de suelos de manglar por derrame de hidrocarburos (HD), la biorremediación ha demostrado ser muy efectiva para degradar el contaminante.

La solarización del suelo ayuda a eliminar patógenos; el picado del suelo imitando la bioturbación natural ayuda a descomponer y a airear suelos que han permanecido estancados y tienen altos contenidos de alcoholes.

Si hay presencia de suelos minerales y mixtos se deben realizar mejoras a partir de la mezcla de suelos de manglar (*fibríst*), como se explicó anteriormente.

## Agua

El agua se convierte en el factor más determinante en la promoción de la resiliencia del ecosistema de manglar al ser un humedal. Por lo tanto, la restitución de la dinámica hídrica a través de la recuperación de flujos laminares, superficiales y subsuperficiales pueden inducir la regeneración natural del bosque sin necesidad de realizar labores de siembra.

Los flujos laminares se promocionan al eliminar las barreras físicas (escombros, basuras, sedimento) y rehabilitar canales suplementarios colmatados a partir de su limpieza. La creación de nuevos canales debe seguir las características propias de los canales internos de las áreas de manglar, los cuales se caracterizan por ser angostos, sinuosos y no presentar grandes profundidades, a excepción de zonas donde hay actividad tectónica.

### ► Figura 15

#### Canales internos en el ecosistema de manglar



## Vegetación

Se conoce que las especies de manglar poseen la capacidad de modificar y mejorar su entorno; por lo tanto, la promoción de la regeneración a través de la activación de embriones ayuda a su implantación exitosa y a recuperar su resiliencia.







# Bibliografía

- Alongi, D.M. 2002. "Estado actual y futuro de los bosques de manglares del mundo". *Environmental Conservation* 29, n° 3: 331-349. <https://doi.org/10.1017/S0376892902000231>.
- Alongi, D.M. 2008. "Bosques de manglares: Resiliencia, protección contra los tsunamis y respuestas al cambio climático global". *Estuarine Coastal and Shelf Science* 76, n° 1: 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.08.024>.
- Alongi, D.M., F. Tirendi, y F. Clough. 2000. "Descomposición subterránea de la materia orgánica en los bosques de los manglares *Rhizophora stylosa* y *Avicennia marina* en la costa árida de Australia Occidental". *Aquatic Botany* 68, n° 2: 97-122. [https://www.academia.edu/5752314/Below-ground\\_decomposition\\_of\\_organic\\_matter\\_in\\_forests\\_of\\_the\\_mangroves\\_Rhizophora\\_stylosa\\_and\\_Avicennia\\_marina\\_along\\_the\\_arid\\_coast\\_of\\_Western\\_Australia](https://www.academia.edu/5752314/Below-ground_decomposition_of_organic_matter_in_forests_of_the_mangroves_Rhizophora_stylosa_and_Avicennia_marina_along_the_arid_coast_of_Western_Australia).
- Alvarado, H. 2009. "Flora y vegetación ribereña de la cuenca del río Tocuyo, Estados Lara y Falcón (Venezuela)" (tesis de doctorado), Universidad de Alicante.
- Álvarez-León, R. 1993. "Ecosistemas de manglares de Colombia". En *Conservación y utilización sostenible de los manglares en las regiones de América Latina y África* (volumen 2), editado por Luiz D. Lacerda, 75-114. Okinawa, Japón: Mangrove Ecosystems technical reports.
- Arismendi, J. 2005. Mapa unidades físico naturales. Fundación Empresas Polar. GeoVenezuela. AMN004. Apéndice cartográfico. Caja A Mapas Nacionales, Depósito legal CM25920104.
- Arismendi, J. 2009. *GeoVenezuela colección*. Caracas: Fundación Empresas Polar. (Disponible en: [https://bibliofep.fundacionempresaspolar.org/media/1012/gv\\_t2\\_c11\\_p128\\_183\\_lres\\_single\\_preview.pdf](https://bibliofep.fundacionempresaspolar.org/media/1012/gv_t2_c11_p128_183_lres_single_preview.pdf)).
- Álvarez, S. 2005. "La descomposición de materia orgánica en humedales: la importancia del componente microbiano". *Ecosistemas* 14, n° 2 (mayo-agosto). (Disponible en: <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Alvarez-2005.pdf>).
- Ashton, E.C., P. Hogarth y R. Ormond. 1999. "Descomposición de la hojarasca de los manglares en un bosque de mangle gestionado en Malasya Peninsular". *Hydrobiologia* 413: 77-88. <https://doi.org/10.1023/A:1003842910811>.
- Aymard C., G., dir. 2011. "Bosques de Venezuela: Un homenaje a Jean Pierre Veillon". *BioLLania* edición especial 10: 11-26.
- Baily, B. y D. Nowell. 1996. "Técnicas de seguimiento del cambio costero: revisión y estudio de casos". *Ocean and Coastal Management* 32:85-95. [https://doi.org/10.1016/S0964-5691\(96\)00058-0](https://doi.org/10.1016/S0964-5691(96)00058-0).
- Baldock, J.A., C. A. Masiello, Y. Gélinas y J.I. Hedges. 2004. "Ciclo y composición de la materia orgánica en los ecosistemas terrestres y marinos". *Marine Chemistry* 92:39-64. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2004.06.016>.
- Barrera-Cataño, J.I. y C. Valdés-López. 2007. "Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia". *Universitas Scientiarum* 12, n° 2 (enero-junio): 11-24. (Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/499/49912203.pdf>).
- Barreto, M.B. 2001. "Análisis estructural de los manglares en el Refugio de Fauna Silvestre Cuare, Estado Falcón. Venezuela". *Acta Biológica Venezuelica* 21, n° 1 (marzo): 43-51. (Disponible en: [http://190.169.30.98/ojs/index.php/revista\\_abv/article/viewFile/4126/3948](http://190.169.30.98/ojs/index.php/revista_abv/article/viewFile/4126/3948)).
- Barreto, M.B. 2004. "Cambios espacio temporales de la salinidad y estructura del manglar en el Golfete de Cuare, Venezuela". *Acta Biológica Venezuelica* 24, n° 1: 63-79.

- Barreto, M.B. 2008. "Diagnósticos sobre el estado de los manglares en Venezuela: Estudios de caso del Parque Nacional Morrocoy y Refugio de Vida Silvestre Cuare". En *Manglares y halófitas: Restauración y utilización*, editado por Helmut Lieth, Máximo García Sucre y Brigitte Herzog. Dordrecht, The Netherlands: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6720-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6720-4_6).
- Barreto, M.B., y Eduardo Barreto-Pittol. 2012. "Primer informe de *Rhizophora racemosa* Meyer (Rhizophoraceae) en el manglar de la costa caribeña venezolana". *Interciencia* 37, n° 1 (febrero): 133-137. (Disponible en: <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/01/133-c-BARRETO-5.pdf>).
- Bashan, Y. y G. Holguin. 2002. "Bacterias promotoras del crecimiento vegetal: una herramienta potencial para la reforestación de manglares áridos". *Trees* 16 (24 de febrero): 159-166. <https://doi.org/10.1007/s00468-001-0152-4>.
- Barboza, F., Á. Villarreal, Y. Querales. 2019. "Características estructurales y composición florística del manglar Capitán Chico, estado Zulia, Venezuela". Martha Molina Moreira (Comp.) Primer Congreso Manglares de América, Guayaquil, Ecuador. (Disponible en: <http://www.manglaresdeamerica.com/index.php/ec/article/view/3/159>).
- Barboza, F., M. Barreto, V. Figueroa, F. Marta, A. González, L. Lucena, K. Mata, E. Medina, E. Narváez y E. Ochoa. 2006. Desarrollo estructural y relaciones nutricionales de un manglar ribereño bajo clima semiárido. *Ecotrópicos* 19, n° 1 (enero-junio):13-29.
- Beaupérthuy, L.D. 2006. "Análisis histórico de las amenazas sísmicas y geológicas de la ciudad de Cumaná, Venezuela". *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 21, n° 4 (diciembre): 113-115. (Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-40652006000400010&lng=es&nrm=iso](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652006000400010&lng=es&nrm=iso)).
- Bello P., J.A., R. Velásquez, L.J. Cumana, R. Anderson, M. González. 2009. "Inventario florístico en la Laguna el Maguey, Puerto La Cruz, Estado Anzoátegui, Venezuela." *SABER* 21, n° 2: 118-125. (Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427739440003>).
- Bello, C. 1985. *Consideraciones ecológicas de los caños de la región carbonífera del Guasare, estado Zulia*. Ediciones Facultad Experimental de Ciencias.
- Bertrand, F. 1999. "Dinámica de los manglares en la zona de Rivières du Sud, África Occidental: un enfoque ecogeográfico". *Hydrobiologia* 413: 115-126. <https://doi.org/10.1023/A:1003851112629>.
- BirdLife International. 2021. "Ficha técnica de las Áreas Importantes para las Aves: Refugio de Fauna Silvestre Cuare". <http://www.birdlife.org>. Consultado el 21 de Abril de 2021.
- Bolivariana de Puertos (Bolipuertos). Puerto de Maracaibo, dimensiones. <http://www.bolipuertos.gob.ve/puertos/maracaibo.aspx>.
- Brito, E. 2009. *GeoVenezuela colección*. Caracas: Fundación Empresas Polar. (Disponible en: [https://bibliofep.fundacionempresaspolars.org/media/1050/gv\\_t6\\_c50\\_p562\\_659\\_lres\\_single\\_preview.pdf](https://bibliofep.fundacionempresaspolars.org/media/1050/gv_t6_c50_p562_659_lres_single_preview.pdf)).
- Buitrago, J. y J.A. Monente. 1999. "Evaluación puntual de niveles de agregados de alquitrán en las Costas del Golfo de Paria, Venezuela". *Memoria Revista de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* Tomo 59, n° 151 (enero-junio): 53-65. (Disponible en: [http://flasa.msinfo.info/portal/bases/biblo/texto/memoria/men\\_1999\\_59\\_151\\_53-66.pdf](http://flasa.msinfo.info/portal/bases/biblo/texto/memoria/men_1999_59_151_53-66.pdf)).
- Cáceres, J. 2016. "Geología de la Isla La Orchila, Dependencias Federales, Venezuela". Tesis de pregrado, Universidad Central de Venezuela. (Disponible en: <http://saber.ucv.ve/handle/10872/14987>).
- Calchi La Corte, M., Z. Rivero de Rodríguez, Á. Bracho Mora, R. Villalobos, E. Acurero de Yamarte, A. Maldonado, G. Chourio-Lozano e I. Díaz. 2013. "Prevalencia de Blastocystis y otros protozoarios comensales en individuos de Santa Rosa de Agua, Maracaibo, estado Zulia". *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 33, n° 1 (junio): 66-71. (Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1315-25562013000100013&script=sci\\_arttext](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1315-25562013000100013&script=sci_arttext)).
- Camíña, F., C. Trasar-Cepeda, F. Gil-Sotres, C. Leirós. 1998. Medición de la actividad deshidrogenasa en suelos ácidos ricos en materia orgánica. *Soil Biology and Biochemistry* 30, Issues 8-9: 1005-1011. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(98\)00010-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(98)00010-8).
- Capriles Verdi, M.D. 2007. "Evaluación de la erosión lineal costera en la Ciudad de Lechería, Estado Anzoátegui". *Terra Nueva Etapa XXIII*, n° 33 (enero-junio): 13-38. (Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72130294004>).
- Carpenter, S., B. Walker, J. Marty Anderies y N. Abel. 2001. "De la metáfora a la medida: ¿Resistencia de qué a qué?". *Ecosystems* 4, n° 8, 765-781. <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0045-9>.

- Carrillo, E. y C. Zorrilla. 2012. *Geología del sector de Castilletes*. Informe técnico. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC).
- Cartaya, S., W. Méndez y L. González. 2005. "Geomorfología y sedimentología de los ambientes depositacionales recientes del complejo estuarino de los ríos Hueque y Curarí, Estado Falcón, Venezuela (parte B)." *Investigaciones Geográficas (Mx)*, nº 58 (diciembre): 7-33. (Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56905803>).
- Casler, C. y A. Castellano. 2008. "Preservando la Fauna en el Sistema del Lago de Maracaibo". *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas* 42, nº 2: 281-298. (Disponible en: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/boletin/article/view/120/120>).
- Casler, C. y E. Esté. 1996. "Avifauna del manglar en la Península Ana María Campos, estrecho del Lago de Maracaibo, Venezuela." *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas* 30, nº 1: 9-44. (Disponible en: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/boletin/article/view/338/338>).
- Cendrero, A. y D. Fischer. 1997. "Un procedimiento para evaluar la calidad ambiental de las zonas costeras para su planificación y gestión". *Journal of Coastal Research* 13, nº 3: 732-744. (Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/4298668>).
- Chacón-Moreno, E., A. Ulloa, W. Tovar, T. Márquez, E. Sulbarán-Romero y M. Rodríguez-Morales. 2013. "Sistema de clasificación ecológico y mapas de ecosistemas: Enfoque conceptual-metodológico para Venezuela". *Ecotrópicos* 26, nº 1-2:1-27.
- Chandrasekharan, Ch., T. Frisk y J. Campos Roasio. 1996. *Desarrollo de productos forestales no madereros en América Latina*. Santiago de Chile: FAO. (Disponible en: <https://www.fao.org/3/t2360s/t2360s.pdf>).
- Chapman, V.J. 1975. "Biogeografía de los manglares". En *Actas del simposio internacional sobre Biología y Gestión de los Manglares*, editado por G. E. Walsh, S. C. Snedaker y H. J. Teas, 3-22. Gainesville: University of Florida.
- Chávez G., O.. 2004. "Impactos socioambientales ocasionados por la actividad extractiva de carbón sobre el pueblo Wayuu del Municipio Mara del Estado Zulia". Tesis de maestría, FLACSO sede Ecuador.
- Chen, R. y R. Twiley. 1999. "Un modelo de simulación de la materia orgánica y de la acumulación de nutrientes en los suelos de los humedales de manglares". *Biogeochemistry* 44:93-118. <https://doi.org/10.1007/BF00993000>.
- Cilento, N. 2009. *GeoVenezuela colección*. Caracas: Fundación Empresa Polar. (Disponible en: [https://bibliofep.fundacionempresaspolargv.org/media/1038/gv\\_t5\\_c38\\_p240\\_343\\_lres\\_single\\_preview.pdf](https://bibliofep.fundacionempresaspolargv.org/media/1038/gv_t5_c38_p240_343_lres_single_preview.pdf)).
- Cintrón, G. y Y. Schaeffer-Novelli. 1984. "Métodos para estudiar la estructura de los manglares", En *El ecosistema de los manglares: Métodos de investigación*, editado por Snedaker, S. C., 91-113. Paris: UNESCO.
- Clewell, A., J. Rieger y J. Munro. 2005. Directrices para la elaboración y gestión de proyectos de restauración ecológica 2da. edición. Tucson: Society for Ecological Restoration International (SER), dir. [https://www.ctahr.hawaii.edu/littonc/PDFs/682\\_SERGuidelines.pdf](https://www.ctahr.hawaii.edu/littonc/PDFs/682_SERGuidelines.pdf).
- Clewell, A.F. y J. Aronson. 2013. *Restauración ecológica, segunda edición: Principios, valores y estructura de una profesión emergente*. Washington, DC: Island Press.
- Codazzi, A. 1841. *Resumen de la geografía de Venezuela. Tomo III. Geografía de las Provincias*. 1940. Biblioteca Venezolana de Cultura. Colección Viajes y Naturaleza.
- Colomine Rincones, F. 2000. "Importancia geoestratégica de las Dependencias Federales e Isla de Aves." *Aldea Mundo* 5, nº 9: 63-72. (Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54300909>).
- Colónello, G. y Medina, E. 1998. "Cambios en la vegetación inducidos por la construcción de presas en un estuario tropical. El caso del río Mánamo, Delta del Orinoco (Venezuela)". *Plant Ecology* 139, nº 2: 145-154. <https://doi.org/10.1023/A:1009785118019>.
- Comerma, J.A. 1971. "La 7ma aproximación y los suelos venezolanos". *Agronomía Tropical* 21, nº 5: 365-377. (Disponible en: [http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas\\_ci/Agronomia%20Tropical/at2105/arti/comerma\\_j.htm](http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at2105/arti/comerma_j.htm)).
- Conde, J.E. y C. Alarcón. 1993a. "Los manglares de Venezuela". En *Conservación y Aprovechamiento sostenible de Bosque de Manglar en las Regiones de América Latina y África* 199-229. Okinawa (Japón): International Society for Mangrove Ecosystems.

- Conde, J.E., y C. Alarcón. 1993b. "Manglares de Venezuela". En *Conservación y utilización sostenible de los manglares en las regiones de América Latina y África: Parte I. América Latina*. Serie de Informes Técnicos sobre Ecosistemas de Manglares 2, 211-243.
- Conde, J. y C. Carmona-Suárez. 2003. *Biodiversidad en Venezuela*. Caracas: Fundación Empresas Polar. (Disponible en: [https://bibliofep.fundacionempresaspolarg.org/media/17054/libro\\_bio\\_t2\\_050.pdf](https://bibliofep.fundacionempresaspolarg.org/media/17054/libro_bio_t2_050.pdf)).
- Conesa, V. 1997. Metodologías de evaluación de impacto ambiental. España.
- Connell, J.H. y R.O. Slatyer. 1977. "Mecanismos de sucesión en las comunidades naturales y su papel en la estabilidad y organización de la comunidad". *Theamericannaturalist* 111, n° 982: 1119-1144. <https://doi.org/10.1086/283241>.
- Coppens, W. y B. Escalante, dirs. 1988. *Los aborígenes de Venezuela. Etnología Contemporánea II (volumen 3)*. Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Instituto Caribe de Antropología y Sociología.
- Corpozulia. 2011. "Municipio Mara". <http://www.corpozulia.gob.ve/archivos/MARA%202010-2011.pdf>
- Cruz Portorreal, Y. y O. Pérez Montero. 2017. "Evaluación de impactos a la salud del manglar en el municipio Guamá, Santiago de Cuba, Cuba". *Maderas y Bosques* 23, n° 1 (marzo): 23-37. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311517>.
- Cuenca Barrios, L. 1995. "Fertilidad de los Suelos de la Planicie de Maracaibo". *FONAIAP Divulga (Venezuela)*49, 8-9.
- Cumana, L.J. 2010. "Composición Florística del Parque Litoral Laguna de Patos (Cumaná, Estado Sucre, Venezuela)". *Saber* 22, n° 2:127-140. (Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4277/427739444004.pdf>).
- Cumana, L., M.E. Sanabria Ch., C. Leopardi e Y. Guevara. 2010. "Plantas Vasculares de los Manglares del Estado Sucre, Venezuela". *Acta Botánica Venezolana* 33, n° 2:273-298. (Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0084-59062010000200007&lng=pt&lng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0084-59062010000200007&lng=pt&lng=es)).
- Dávalos, A.L. 2010. "Distribución geográfica contemporánea de los manglares en la Costa Caribe de Venezuela" (tesis de Maestría), Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas.
- Davis, A.J., Holloway, J.D., Huijbregts, H., Krikken, J., Kirk-Spriggs, A.H., y Sutton, S.L. 2001. "Los escarabajos peloteros como indicadores de cambio en los bosques del norte de Borneo". *Journal of applied ecology* 38, n° 3: 593-616. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2001.00619.x>.
- De la Lanza Espino, G., J.J. Salaya Ávila, E. Varsi, dirs. 1994. Manejo y Aprovechamiento Acuícola de Lagunas Costeras en América Latina y el Caribe. Trabajos presentados por Brasil, Colombia, Cuba, México y Venezuela. Taller Regional sobre Manejo y Aprovechamiento de Lagunas Costeras con Fines Acuícolas. 2. México City (México). 9-12 Feb 1993. México (México). 169 p. Apoyo a las Actividades Regionales de Acuicultura en América Latina y el Caribe - AQUILA II. Documento de campo 10. Microfiche no: 346857-859. GCP/RLA/102/ITA.
- De Lima, B. y M. Sánchez. 2010. "Escenarios del envejecimiento emigratorio en el municipio Tocópero, Estado Falcón, Venezuela". *Economía* 35, n° 30 (julio- diciembre):143-170. (Disponible en: [http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/34005/articulo\\_5.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/34005/articulo_5.pdf?sequence=2&isAllowed=y)).
- Del Mónaco, C., E. Giménez, S. Narciso, F. Alfonso y F. Bustillos. 2010. "Caracterización de los bosques de manglar y las praderas de Thalassiatestudinum de la isla La Tortuga y cayos adyacentes, Venezuela. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas. 44 (3), pp. 297-316.
- Díaz, B., M. León, L. Argüello, M. Díaz, F. Díaz y Á. Higuerey. 2010. "Diagnóstico de la situación social de las mujeres en el municipio Maneiro, Isla de Margarita, Venezuela." Cayapa. *Revista Venezolana de Economía Social* 10, n° 20: 87-118. (Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62220776006>).
- Domínguez Domínguez, M. y P. Martínez Zurimendi. 2019. *La biodiversidad en Tabasco. Estudio de Estado, volumen 1*. México: CONABIO. (Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Lenin-Arias-Rodriguez/publication/340630239\\_Lagunes-Espinoza\\_LC\\_Arias-Rodriguez\\_L\\_2019\\_Uso\\_de\\_biomarcadores\\_para\\_evaluacion\\_de\\_toxicidad\\_En\\_La\\_biodiversidad\\_en\\_Tabasco\\_Estudio\\_de\\_estado\\_Vol\\_I\\_CONABIO\\_Mexico\\_295-297\\_pp/links/5e95e07b299bf1307997c3ba/Lagunes-Espinoza-LC-Arias-Rodriguez-L-2019-Uso-de-biomarcadores-para-evaluacion-de-toxicidad-En-La-biodiversidad-en-Tabasco-Estudio-de-estado-Vol-I-CONABIO-Mexico-295-297-pp.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Lenin-Arias-Rodriguez/publication/340630239_Lagunes-Espinoza_LC_Arias-Rodriguez_L_2019_Uso_de_biomarcadores_para_evaluacion_de_toxicidad_En_La_biodiversidad_en_Tabasco_Estudio_de_estado_Vol_I_CONABIO_Mexico_295-297_pp/links/5e95e07b299bf1307997c3ba/Lagunes-Espinoza-LC-Arias-Rodriguez-L-2019-Uso-de-biomarcadores-para-evaluacion-de-toxicidad-En-La-biodiversidad-en-Tabasco-Estudio-de-estado-Vol-I-CONABIO-Mexico-295-297-pp.pdf)).
- Ellis, W. y S. Bell. 2004. "Huecos en el dosel formados por el recorte del manglar: una prueba experimental del impacto en la caída de la hojarasca y en las existencias de hojarasca en pie en el suroeste de Florida (EE.UU.)." *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 311, n° 2:201-222. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2004.05.008>.

- Environmental Justice Atlas. 2016. "El proyecto del puerto de aguas profundas en la península de Araya, Venezuela". <https://ejatlas.org/conflict/el-proyecto-del-puerto-de-aguas-profundas-en-la-peninsula-de-araya/?translate=es>.
- ESA. 2016. SNAP. Sentinel Application Platform. <http://step.esa.int/main/download/>
- FAO y PNUMA, dirs. 2020. *El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas*. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca8642es>.
- FAO, dir. 2020. "Términos y definiciones FRA 2020. Evaluación de Recursos Forestales Mundiales 2020". Documento de Trabajo n° 188. 27 pp. (Disponible en: <https://www.fao.org/3/I8661ES/i8661es.pdf>)
- FAO. 1994. *Directrices para la gestión de los manglares*. Roma. (Disponible en: <http://www.archive.org/stream/mangroveforestma034845mbp#page/n1/mode/2up>). Acceso: 15 de Febrero de 2021.
- FAO. 2007. *Los manglares del mundo 1980-2005*. FAO Forestry Paper N° 153. Rome, Forest Resources Division, FAO. <https://www.fao.org/3/a1427e/a1427e00.pdf>.
- Feinsinger, P. 2004. *El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad*. Santa Cruz de la Sierra (Bolivia): FAN-Bolivia.
- Fernández-Vitora, V.C. 1997. *Auditorías medioambientales (2.ª edición)*. Madrid: S.A. Mundi-Prensa Libros.
- Flores, M.A., y C. Aponte Rivero. 2010. "Bases para la Elaboración del Plan de Ordenamiento Territorial de la Reserva de Fauna Silvestre Hueque- Sauca, Municipio Píritu, Estado Falcón". *TerraNueva Etapa XXVI*, n° 40 (diciembre): 45-70. (Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1012-70892010000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1012-70892010000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es)).
- Foghin-Pillin, S. 2020. "Tacarigua de La Laguna, *Mare Nostrum*. Rasgos históricos y geográficos de una comunidad de Pescadores". *Investigación y Postgrado* 35, n° 2:9-35. (Disponible en: <https://revistas.upel.edu.ve/index.php/revinpost/article/view/9065>).
- Frontado Acosta, M., E. Barreto, P. Granado, P. Velozo, H. Briceño, L.E. Sánchez-Arias, A. Ruiz, J.P. Rodríguez. 2010. *Cactáceas como Indicadoras de Cambios en Isla La Orchila. Caribe-Venezuela*.
- Fuenmayor, W. 2005. *Atlas del estado Zulia. Síntesis Sociohistórica y Cultural*. Maracaibo (Venezuela): Splanos.
- García, C. y J. Polanía. 2007. "Marco conceptual para los productos no maderables del bosque en manglares de Colombia". *Gestión y Ambiente* 10, n° 2: 169-178. (Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/1420>).
- Giri, Ch., B. Pengra, Z. Zhu, A. Singh y L. Tieszen. 2007. "Seguimiento de la dinámica de los manglares de los Sundarbans en Bangladesh e India mediante datos satelitales multitemporales de 1973 a 2000". *Estuarine, coastal and shelf science* 73, n° 1-2: 91-100. <https://doi.org/10.1016/J.ECSS.2006.12.019>.
- Gobernación del Estado Falcón. 2015. *Plan de Ordenación del Territorio Estado Falcón. Tomo 1*. Santa Ana de Coro-Falcón (Venezuela).
- Gómez, I. y F. Carvajal. 2012. "La actividad de la deshidrogenasa y la hidrólisis del diacetato de fluoresceína como indicadoras de actividad microbiana en los sedimentos superficiales de la cuenca baja del Río Neverí, Barcelona, Venezuela". *Saber* 24, n° 2 (julio-diciembre): 123-131. (Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427739448002>).
- González, A., O. Ferrer y Á.I. Villarreal. 2012. "Socioeconomía de la comunidad pesquera artesanal del cangrejo azul de Barranquita, estado Zulia, Venezuela". *Revista Expresión Tecnológica* 1, n° 2: 163-174. (Disponible en: <http://bdigital.ula.ve/storage/pdf/expretecn/v1n2/art03.pdf>).
- González, L. A., A. Prieto, C. Molina y J. Velásquez. 2004. "Los reptiles de la península de Araya, estado Sucre, Venezuela". *Interciencia* 29, n° 8 (agosto): 428-434. (Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33909505>).
- Graciano, E., J. Viloria y A.I. Rosales. 2005. Asociación de Subórdenes del Suelo. *GeoVenezuela colección*. Caracas (Venezuela): Fundación Empresas Polar. Depósito legal CM25920109. Apéndice Cartográfico. Impreso por C.A. Litoven. (Disponible en: [https://bibliofep.fundacionempresasolar.org/media/1377877/geov\\_a\\_mn\\_009.pdf](https://bibliofep.fundacionempresasolar.org/media/1377877/geov_a_mn_009.pdf)).
- Granado, P., P. Velozo, H. Briceño, A. Ruiz, L.E. Sánchez-Arias, L. Parra y G. Martín Morales. 2012. "Distribución de Áreas Coralinas Someras en el Archipiélago de La Orchila (Caribe Venezolano) Empleando Herramientas Geomáticas". *Interciencia* 37, n° 3 (marzo): 222-226. (Disponible en: <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/01/221-c-SANCHEZ-6.pdf>).

- Green, E.P., P.J. Mumby, A.J. Edwards, ed., C. Clark. 2000. *Manual de teledetección para la gestión de las costas tropicales. Coastal Management Sourcebooks 3*. Paris: UNESCO. (Disponible en: <http://lib.riskreductionafrica.org/bitstream/handle/123456789/258/3558.Remote%20Sensing.%20Handbook%20for%20Tropical%20Coastal%20Management.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)
- Grosso, J.L., R. Restrepo, L.E. Sánchez-Arias, D. Avendaño, I. Mantilla. 1996. "Evaluación preliminar de la participación de especies de mangle en el control de metales pesados en aguas de producción". *Ciencia, Tecnología y Futuro (CT&F)* 1, n° 2 (diciembre): 55-65. (Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ctyf/v1n2/v1n2a05.pdf>).
- Guerrero-Camargo, O., G. Cantos, A. Uzcategui y O.A. Guerrero. 2012. "Sectorización geomorfológica-geomecánica: base del plan de desarrollo urbano local del municipio Maneiro, estado Nueva Esparta, Venezuela". *Geominas* 40, n° 59: 105+. (Disponible en: <https://link.gale.com/apps/doc/A494500895/AONE?u=anon~af7ef3e7&sid=googleScholar&xid=a87e99c4>).
- Gunderson, L.H. y C. Stanley Holling, dirs. 2002. *Panarquía: comprender las transformaciones en los sistemas humanos y naturales*. Island press.
- Guzmán M., J.M. 2020. *Métodos de intervención para la recuperación de la salud del ecosistema de manglar en el archipiélago cubano: Experiencia del Proyecto Manglar Vivo al sur de provincias Artemisa y Mayabeque*. La Habana: AMA.
- Guzmán M., J.M. y Menéndez, L., dirs. (2006). *El ecosistema de manglar en el archipiélago Cubano. Estudios y experiencias enfocados a su gestión*. Editorial Academina La Habana. La Habana-Cuba.
- Hernández V., N. 2009. *GeoVenezuela colección*. Caracas (Venezuela): Fundación Empresas Polar. (Disponible en: [https://bibliofep.fundacionempresaspol.org/media/1057/gv\\_t7\\_c60\\_p632\\_717\\_depfed\\_lres\\_single\\_preview.pdf](https://bibliofep.fundacionempresaspol.org/media/1057/gv_t7_c60_p632_717_depfed_lres_single_preview.pdf)).
- Hernández, O. 2009. *GeoVenezuela colección*. Caracas (Venezuela): Fundación Empresas Polar. (Disponible en: [https://bibliofep.fundacionempresaspol.org/media/1378336/gv\\_t7\\_c58\\_p416\\_489\\_yaracuy\\_lres\\_single\\_preview.pdf](https://bibliofep.fundacionempresaspol.org/media/1378336/gv_t7_c58_p416_489_yaracuy_lres_single_preview.pdf)).
- Hernández, Y., N. Noguera, M. Pietrangeli, L. Jiménez y M.I. Larreal. 2009. "Metodología para determinar cambios espaciales y temporales en La Ciénaga de Los Olivitos, estado Zulia, Venezuela. Uso actual y cobertura vegetal. 1946 y 1976". *Revista Científica UDO Agrícola* 9, n° 4 (septiembre-diciembre): 885-889. (Disponible en: <http://www.bioline.org.br/request?cg09105>).
- Hilevski, S. y Á. Velasco. 2020. "Estado y conservación del *Crocodylus acutus* en una base naval del estado Aragua, Venezuela". *Journal of Herpetology* 54, n° 2 (mayo): 183-188. <https://doi.org/10.1670/18-118>.
- Hinestroza, J. 1994. "La Serpiente en el Lago. Transformaciones histórico ambientales causadas por la petroquímica El cuadrozo en la comunidad de El Hornito, Estado Zulia. 1968-1992" (tesis de maestría), Universidad del Zulia, Maracaibo.
- Hinestroza, J. 2012. *La industrialización petroquímica venezolana: aspectos socioestructurales y ambientales: 1952-1990*. LUGAR: Universidad del Zulia. Ediciones del Vicerrectorado Académico.
- Hno. Ginés y G. Yépez. Sin fecha. "Aspectos de la Naturaleza de Las Islas Las Aves, Venezuela". *Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*. (Disponible en: [http://www.fundacionlasalle.org.ve/userfiles/mem\\_1960\\_20\\_55\\_5-53.pdf](http://www.fundacionlasalle.org.ve/userfiles/mem_1960_20_55_5-53.pdf)).
- Holguin, G., P. Vázquez y Y. Bashan. 2001. "El papel de los microorganismos de los sedimentos en la productividad, conservación y rehabilitación del ecosistema de los manglares: una visión general". *Biology and Fertility Soils* 33 (abril): 265-278. <https://doi.org/10.1007/s003740000319>.
- Huber, O. y C. Alarcón. 1988. *Mapa de Vegetación de Venezuela*. Caracas: Fundación Bioma.
- Huber, O. y R. De Oliveira-Miranda. 2010. *Libro rojo de los ecosistemas terrestres de Venezuela*. Caracas: Provita, Shell Venezuela, Lenovo.
- Hyne, N.J. y P.A. Dickey. 1977. "El delta contemporáneo del río Catatumbo, lago de Maracaibo, un modelo para explicar antiguos deltas intermontañas". En *Memorias del V Congreso Geológico Venezolano*, 327-337. Caracas.
- Imbert, D. 2002. Impacto de los huracanes en la estructura y la dinámica de los bosques en los manglares de las Indias Occidentales. *Bois et Forêts des Tropique* 3, n° 273. (Disponible en: <https://hal.univ-antilles.fr/hal-01964320/document>).
- INFOR. 2020. *Productos Forestales no Madereros*. Boletín 35. ISSN 0719-9996.

- Instituto del Patrimonio Cultural (IPC). 2010. *Catálogo de Patrimonio Cultural Venezolano 2004-2010 Municipios Acosta, Cacique Manaure y San Francisco*. Caracas. Depósito legal If 61920093002878, ISBN 978-980-397-131-1. (Disponible en: <https://albaciudad.org/wp-content/uploads/2017/01/Falcon-Acosta-CaciqueManaure-SanFrancisco.pdf>).
- Instituto Nacional de Estadística (INE). 2007. Informe Geoambiental Estado Carabobo. (Disponible en: [http://www.ine.gob.ve/documentos/Ambiental/PrinIndicadores-/pdf\\_ANT/Informe\\_Geoambiental\\_Carabobo.pdf](http://www.ine.gob.ve/documentos/Ambiental/PrinIndicadores-/pdf_ANT/Informe_Geoambiental_Carabobo.pdf)).
- INE. 2011a. Informe Geoambiental Estado Sucre. (Disponible en: [https://www.academia.edu/9041667/Informe\\_Geoambiental\\_Sucre](https://www.academia.edu/9041667/Informe_Geoambiental_Sucre)).
- INE. 2011b. Informe Geoambiental Dependencias Federales. (Disponible en: [http://www.ine.gob.ve/documentos/Ambiental/PrinIndicadores-/pdf/Informe\\_Geoambiental\\_Dependencias\\_Federales.pdf](http://www.ine.gob.ve/documentos/Ambiental/PrinIndicadores-/pdf/Informe_Geoambiental_Dependencias_Federales.pdf)).
- INE. 2011c. Informe Geoambiental Estado Anzoátegui. (Disponible en: <https://es.scribd.com/document/228136709/Informe-Geoambiental-Anzoategui-2011>).
- INE. 2011d. Informe Geoambiental Estado Miranda. (Disponible en: <https://dokumen.tips/documents/informe-geoambiental-miranda.html>).
- INE. 2011e. Informe Geoambiental Estado Zulia. (Disponible en: <https://es.scribd.com/document/370210563/Informe-Geoambiental-Zulia>).
- INE. 2011f. Informe Geoambiental Estado Aragua. (Disponible en: <https://studylib.es/doc/8967286/informe-geoambiental-aragua>).
- INE. 2014a. Informe Geoambiental del Estado Yaracuy. (Disponible en: [http://www.ine.gob.ve/documentos/Ambiental/PrinIndicadores-/pdf\\_ANT/Informe\\_Geoambiental\\_Yaracuy.pdf](http://www.ine.gob.ve/documentos/Ambiental/PrinIndicadores-/pdf_ANT/Informe_Geoambiental_Yaracuy.pdf)).
- INE. 2014b. XIV Censo Nacional de Población y Vivienda- Resultados por Entidad Federal y Municipio del Estado Miranda. (Disponible en: <http://www.ine.gov.ve/documentos/Demografia/CensodePoblacionyVivienda/pdf/miranda.pdf>).
- INE. 2014c. XIV Censo Nacional de Población y Vivienda. Resultados por Entidad Federal del Estado Zulia. (Disponible en: <http://www.ine.gov.ve/documentos/Demografia/CensodePoblacionyVivienda/pdf/zulia.pdf>).
- INE. 2014d. XIV Censo Nacional de Población y Vivienda. Resultados por Entidad Federal del Estado Anzoátegui. (Disponible en: <http://www.ine.gov.ve/documentos/Demografia/CensodePoblacionyVivienda/pdf/anzoategui.pdf>).
- INE. 2014e. XIV Censo Nacional de Población y Vivienda- Resultados por Entidad Federal y Municipio de Dependencias Federales. (Disponible en: <http://www.ine.gov.ve/documentos/Demografia/CensodePoblacionyVivienda/pdf/nacional.pdf>).
- INE. 2014f. XIV Censo Nacional de Población y Vivienda. Resultados por Entidad Federal del Estado Aragua. (Disponible en: <http://www.ine.gov.ve/documentos/Demografia/CensodePoblacionyVivienda/pdf/aragua.pdf>).
- INE. 2014g. XIV Censo Nacional de Población y Vivienda. Resultados por Entidad Federal del Estado Yaracuy. (Disponible en: <http://www.ine.gov.ve/documentos/Demografia/CensodePoblacionyVivienda/pdf/yaracuy.pdf>).
- INE. 2014h. XIV Censo Nacional de Población y Vivienda. Resultados por Entidad Federal del Estado Carabobo. (Disponible en: <http://www.ine.gov.ve/documentos/Demografia/CensodePoblacionyVivienda/pdf/carabobo.pdf>).
- INE. 2014i. XIV Censo Nacional de Población y Vivienda- Resultados por Entidad Federal y Municipio del Estado Nueva Esparta. (Disponible en: <http://www.ine.gov.ve/documentos/Demografia/CensodePoblacionyVivienda/pdf/nacional.pdf>).
- INE. 2014j. XIV Censo Nacional de Población y Vivienda- Resultados por Entidad Federal y Municipio del Estado Falcón. (Disponible en: <http://www.ine.gov.ve/documentos/Demografia/CensodePoblacionyVivienda/pdf/falcon.pdf>).
- Instituto Nacional de Parques (INPARQUES). 1991. Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso del Parque Nacional Archipiélago Los Roques. (Disponible en: <https://docplayer.es/48077752-Plan-de-ordenamiento-y-reglamento-de-uso-parque-nacional-archipelago-los-roques.html>).
- INPARQUES. 1996. Ficha Informativa sobre Humedales RAMSAR. (Disponible en: <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/VE856RIS.pdf>). Acceso: 20 de Noviembre de 2021.
- INPARQUES. 2019. Parque Nacional Archipiélago Los Roques. <http://www.inparques.gob.ve/cms/main/verGaleria/87#infoparques>. Acceso: 20 de Noviembre de 2021.

- Instituto para el Control y Conservación de la Cuenca del Lago de Maracaibo (ICLAM). 2005. Evaluación de la calidad de las aguas en Caño Araguato Laguna de Las Peonías y Cañada Fénix, Municipio Maracaibo. Estado Zulia.
- ICLAM. 1988. "Estudio sobre el comportamiento hidrodinámico de la Laguna de Las Peonías". Informe n° IT-88-11-054-0.
- Instituto para el Control y Conservación de la Cuenca del Lago de Maracaibo (ICLAM). 2000. "Determinación del contenido de plomo en muestras de agua y sal de las parcelas de sal del sector Las Peonías, Estado Zulia". Informe n° IT-2000-12-060.
- ICLAM. 2000. "Estudio preliminar sobre la explotación artesanal de sal en la zona de influencia de la Laguna de las Peonías". Informe n° IT-2000-02-025.
- Jiménez, J.A. 1994. Los manglares del Pacífico centroamericano. Heredia (Costa Rica): Fundación UNA.
- Kandasamy, K. y B. Bingham. 2001. "Biología de los manglares y de los ecosistemas de manglares". *Advances in Marine Biology* 40, (diciembre): 81-251. [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(01\)40003-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(01)40003-4).
- Klijn, F. y De Haes, H. 1994. "Un enfoque jerárquico de los ecosistemas y sus implicaciones para la clasificación ecológica del suelo". *Landscape Ecology* 9, n° 2: 89–104. <https://doi.org/10.1007/BF00124376>.
- Labarca-Rincón, R.J. 2020. "Diagnóstico Geográfico del Municipio La Cañada de Urdaneta, Estado Zulia. Una Proyección Cartográfica". *Revista Electrónica de Ciencia y Tecnología del Instituto Universitario de Tecnología* 6, n° 2.
- Laboratorio de Manejo y Protección de Cuencas (LMPC). 2014. "Evaluación de aprovechamiento de la miel de mangle. Una propuesta de conservación y desarrollo endógeno basada en la integración de los saberes de la etnia Añú y la ciencia (Municipio Mara, Estado Zulia)". Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas.
- Lacerda, L.D., C.E.V. Carvalho, K.F. Tanizaki, A.R.C. Ovalle y C.E. Rezende. 1993. "Biogeoquímica y distribución de metales traza en las *Rizophora mangle*". *Biotropica* 25, n° 3 (septiembre): 252-257. <https://doi.org/10.2307/2388783>
- Lacerda, L.D., J.E. Conde, B. Kjerfve, R. Álvarez-León, C. Alarcón, y J. Polanía. 2002. "Manglares Americanos". En *Función y gestión del ecosistema de manglares*, editado por Luiz D. Lacerda, 1-62. Berlin: Springer.
- Lacerda, L.D., J.E. Conde, C. Alarcón, R. Álvarez-León, P.R. Bacon, L. D'Croz, B.J. Kjerfve, J. Polania y M. Vannuci. 1993. "Ecosistema de manglares de América Latina y el Caribe: un resumen". En: *Conservación y aprovechamiento sostenible de bosque de manglar en las regiones de América Latina y África*, Parte I, editado por Luiz D. Lacerda. Okinawa, Japón: International Society for Mangrove Ecosystems.
- Lassalle, P., J. Inglada, J. Michel, M. Grizonnet y J. Malik. 2015. "Un marco escalable basado en mosaicos para la segmentación por regiones". *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 53 (octubre): 5473-5485. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2015.2422848>.
- Lee, Hong-Yua y Shang-Shu Shih. 2004. "Impacts of vegetation changes on the hydraulic and sediment transport characteristics in Guandu mangrove wetland". *Ecological Engineering* 23: 85-94. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2004.07.003>.
- Lentino, M. y A. Bruni. 1994. *Humedales costeros de Venezuela: Situación ambiental*. Caracas: Sociedad Conservacionista Audubon de Venezuela.
- León, X. y L. Navas. 2011. "Posicionamiento del Puerto Internacional El Guamache, Estado Nueva Esparta en el Mercado de Cruceros bajo criterios de Turismo sostenible" (tesis de pregrado), Universidad de Nueva Esparta.
- Lewis III, R.R. 2005. "Ecological engineering for successful management and restoration of mangroves forest". *Ecological Engineering* 24: 403-428. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2004.10.003>.
- Lewis, S. et al. 2013. "Biomasa sobre el suelo y estructura de 260 bosques tropicales africanos". *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368, Issue 1625. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2012.0295>.
- Lieth, H., M. García y B. Herzog, dir. 2008. *Mangroves and Halophytes: Restoration and Utilisation*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- López, B., M.B. Barreto y J.E. Conde. 2001. "Caracterización de los manglares de zonas semiáridas en el noroccidente de Venezuela". *Interciencia* 36, n° 12: 888-893. (Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33921507004>).
- Lugo, A. y S. Snedaker. 1974. "La ecología del manglar". *Annual Review of Ecology and Systematics* 5 (noviembre): 39-64. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.05.110174.000351>.

- Lüttge, U. 2002. *Mangroves salinity: environments, plants, molecules*. Dordrecht, Holanda: Kluwer Academic Publisher. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-71793-5\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-540-71793-5_7).
- Machado, L. 2010. "Estudio espacio-temporal de la morfología litoral del tramo Bahía de Buche-Laguna Grande, Estado Miranda, a través de herramientas geomáticas" (tesis de pregrado), Universidad del Oriente.
- Madigan M., J. Martinko y J. Parket. 1998. *Brock Biología de los Microorganismos*, Octava edición. Madrid, España: Pearson Educación S.A.
- Marchand, C., F. Baltzer, E. Lallier-Vergès, P. Albéric. 2004. "Química del agua de poro en los sedimentos de los manglares: relación con la composición de las especies y las etapas de desarrollo (Guayana Francesa)". *Marine Geology* 208: 361-381.
- Marchand, C., F. Baltzer, E. Lallier-Vergès y P. Albéric. 2004. "Química del agua de poro en los sedimentos de los manglares: relación con la composición de las especies y las etapas de desarrollo (Guayana Francesa)". *Marine Geology* 208 (18 de mayo): 361-381. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2004.04.015>.
- Marín, G., L.G. González-Bruzual y L.G. Morales. 2017. "Dos aves nuevas para la isla La Tortuga: la Becasina Pico Largo *Limnodromus scolopaceus* y el Gavilán Caracolero *Rostrhamus sociabilis*; con observaciones adicionales sobre la Garza Rojiza *Egretta arifasciata*, morfo blanco". *Revista Venezolana de Ornitología* 7: 24-27.
- Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARN). 2001. *Estrategia Nacional sobre Diversidad Biológica y su Plan de Acción*. Caracas: Oficina Nacional de Diversidad Biológica. ISBN: 980-04-1249-2.
- Márquez, B., y M. Jiménez. 2002. "Moluscos asociados a las raíces sumergidas del mangle rojo *Rhizophora mangle*, en el Golfo de Santa Fe, Estado Sucre, Venezuela". *Revista de Biología Tropical* 50, nº 3-4 (diciembre): 1101-1112. (Disponible en: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442002000300027&lng=en&tng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442002000300027&lng=en&tng=es)).
- Martínez, G., J. Castañeda, W. Senior, A. Márquez y Á. González. 2012. "Caracterización ambiental de la ensenada de Playa Grande, Estado Sucre, Venezuela". *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela* 51, nº 2: 193-206. <https://doi.org/10.5281/zenodo.160395>.
- Martínez, M. y S. Giner. 2011. "Venezuela: informe anual - Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2010". En Unterkofler D.A. y D.E. Blanco, *dirs.: El Censo Neotropical de Aves Acuáticas*. 2010. Buenos Aires, Argentina: Wetlands International. (Disponible en: [https://lac.wetlands.org/wp-content/uploads/sites/2/dlm\\_uploads/2017/06/Venezuela-Informe-2010.pdf](https://lac.wetlands.org/wp-content/uploads/sites/2/dlm_uploads/2017/06/Venezuela-Informe-2010.pdf)).
- Mayer, A.L. y M. Rietkerk. 2004. "El concepto de régimen dinámico para la gestión de los ecosistemas y restauración de ecosistemas". *BioScience*, 54, nº 11 (noviembre): 1013-1019. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[1013:TDRCFE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[1013:TDRCFE]2.0.CO;2).
- McKee, K.L. 1993. "Efectos recíprocos de los patrones fisicoquímicos del suelo y la distribución de las especies de los manglares". *Journal of Ecology* 81: 477-487.
- Medina, E. y F. Barboza. 2000. "Los manglares del Sistema Maracaibo". En *El Sistema de Maracaibo: biología y ambiente*, editado por Gilberto Rodríguez. Caracas.
- Medina, E. y F. Barboza. 2003. "Manglares del Sistema del Lago de Maracaibo: caracterización fisiográfica y ecológica". *Ecotropicos* 16, nº 2: 75-82. (Disponible en: <http://bdigital.ula.ve/storage/pdf/ecotro/v16n2/articulo3.pdf>).
- Medina, E. y F. Barboza. 2006. "Lagunas costeras del Lago de Maracaibo: distribución, estatus y perspectivas de conservación". *Ecotropicos* 19, nº 2: 128-139.
- Medina, E., H. Fonseca, F. Barboza y M. Francisco. 2001. "Cambios naturales e inducidos por el hombre en un sistema de manglares de canal de marea bajo clima tropical semiárido en la entrada del lago de Maracaibo (oeste de Venezuela)". *Wetlands Ecology and Management* 9: 233-243. <https://doi.org/10.1023/A:1011117008977>.
- Méndez Baamonde, J.. 2009. *GeoVenezuela colección*. Caracas (Venezuela): Fundación Empresas Polar. Disponible en: [https://bibliofep.fundacionempresaspolarsp.org/media/1013/gv\\_t2\\_c12\\_p184\\_237\\_lres\\_single\\_preview.pdf](https://bibliofep.fundacionempresaspolarsp.org/media/1013/gv_t2_c12_p184_237_lres_single_preview.pdf). Acceso: septiembre 2021.
- Méndez M., A. 2015. "Caracterización biogeoquímica y edáfica de suelos de manglar en Venezuela. Implicaciones en el secuestro de carbono y metales traza" (tesis de doctorado), Universidad de Santiago de Compostela.

- Menéndez, L., J.M. Guzmán, R.T. Capote-Fuentes, A. González, L. Rodríguez y R. Gómez. 2006. "Salud del ecosistema de manglar en el Archipiélago Sabana Camagüey: patrones y tendencias a escala de paisaje". En *Ecosistema de manglar en el archipiélago cubano: estudios y experiencias enfocados a su gestión*, editado por L. Menéndez y J.M. Guzmán M., 276-283, La Habana: Academia La Habana.
- Miloslavich, P., E. Klein, E. Yerena y A. Martin. 2003. "Biodiversidad marina en Venezuela: Estado actual y perspectivas". *Gayana* 67, n° 2: 275-30. <http://doi.org/10.4067/S0717-65382003000200012>.
- Ministerio de Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR). 1986. *Conservación y manejo de los manglares costeros en Venezuela y Trinidad y Tobago (Síntesis)*. Caracas: Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR) y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Serie Informes Técnicos DG11A/IT/259.
- Moberg, F. y P. Rönnbäck. 2003. "Servicios ecosistémicos del paisaje marino tropical: interacciones, sustituciones y restauraciones". *Ocean & Coastal Management* 46: 27-46. (Disponible en: <https://nmsfloridakeys.blob.core.windows.net/floridakeys-prod/media/archive/review/documents/ecosystemservices.pdf>).
- Mogollón J.V., L.E. Sánchez-Arias y R. Bador, (2004). "Un ejemplo de gestión de los efluentes de una piscifactoría de camarones que incorpora manglares". En *Styli*, 2003. *Trente ans de crevetticulture en Nouvelle-Calédonie*, editado por C. Goarant, Y. Harache, A. Herbland y C. Mugnier, 241-245. Nouméa-Koné: Ifremer.
- Montiel A., K., y L.M. Villarreal. 2004. "Análisis multitemporal del impacto generado por la explotación minera en el medio geomorfológico de la Isla de Toas, Estado Zulia". *Terra Nueva Etapa XX*, n° 29: 55-71. (Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72102904>).
- Moreno Casasola, P., J.L. Rojas G., D. Zárate L., M.A. Ortiz P., A.L. Lara Domínguez y T. Saavedra V. 2002. "Diagnóstico de los manglares de Veracruz: distribución, vínculo con los recursos pesqueros y su problemática". *Madera y Bosques* 8, n° 1: 61-88. (Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61709804>).
- Morón, C. 2015. "Panorama geológico, paleontológico, arqueológico, histórico y mitológico del Estado Falcón". *Boletín Antropológico* 33, n° 89 (enero-junio): 104-126. (Disponible en: <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=71241008006>).
- Motta, F. 2009. *GeoVenezuela colección*. Caracas (Venezuela): Fundación Empresas Polar. (Disponible en: [https://bibliofep.fundacionempresaspolar.org/media/1054/gv\\_t7\\_c54\\_p032\\_127\\_sucre\\_lres\\_single\\_preview.pdf](https://bibliofep.fundacionempresaspolar.org/media/1054/gv_t7_c54_p032_127_sucre_lres_single_preview.pdf)).
- Munang, R., I. Thiaw, K. Alverson, M. Goumandakoye, D. Mebratu y Jian Liu. 2013. "Utilizar las acciones de adaptación basadas en los ecosistemas para hacer frente a la inseguridad alimentaria". *Environment: Science and Policy for Sustainable Development* 55, n° 1: 29-35. <https://doi.org/10.1080/00139157.2013.748395>.
- Murcia, C. y M. Guariguata. 2014. *La restauración ecológica en Colombia: Tendencias, necesidades y oportunidades*. Bogor, Indonesia: CIFOR.
- Naipal S. y Christa Fung-A-Loi. 2015. Mangrove rehabilitation Weg naar Zee with sediment trapping technique. Disponible en: [https://slideplayer.com/slide/8725533/#google\\_vignette](https://slideplayer.com/slide/8725533/#google_vignette). Acceso: diciembre de 2021.
- Nava, C. 1997. "El alga *Dunaliella salina* como preconcentradora de los metales cadmio, plomo y zinc en el sedimento de lagunas hipersalinas" (tesis de pregrado), Universidad del Zulia.
- Naveda S., J.A. 2014. "Ecorregiones, Paisajes y Ecosistemas de Venezuela: análisis de la transformación de ecosistemas por efecto del cambio climático: Ecorregión Marino-Costera-Insular". Caracas: INPARQUES. [https://www.academia.edu/41196171/Ecorregiones\\_Paisajes\\_y\\_Ecosistemas\\_de\\_Venezuela\\_an%C3%A1lisis\\_de\\_la\\_transformaci%C3%B3n\\_de\\_ecosistemas\\_por\\_efecto\\_del\\_cambio\\_clim%C3%A1tico\\_Ecorregi%C3%B3n\\_Marino\\_Costera\\_Insular](https://www.academia.edu/41196171/Ecorregiones_Paisajes_y_Ecosistemas_de_Venezuela_an%C3%A1lisis_de_la_transformaci%C3%B3n_de_ecosistemas_por_efecto_del_cambio_clim%C3%A1tico_Ecorregi%C3%B3n_Marino_Costera_Insular).
- Noova, D.F. 2000. "La pesca artesanal comercial en los alrededores de la isla de La Tortuga, Venezuela". *Memoria Fundación La Salle de Ciencias Naturales*, tomo LX, n° 153.
- Núñez R., F., M. Pérez. 2018. "Caracterización fisionómica del manglar de *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus* emplazado en la Laguna de Unare, Venezuela". *Terra Nueva Etapa XXXIV*, n° 55.

- Observatorio de Ecología Política (OEP) de Venezuela. 2020. "Denuncian extracción de arena y tala de manglares en el reservorio de aves de Bahía El Saco en Isla de Coche". <https://www.ecopoliticavenezuela.org/2020/08/31/denuncian-extraccion-de-arena-y-tala-de-manglares-en-el-reservorio-de-aves-de-bahia-el-saco-en-isla-de-coche/>.
- Olivares, D. 1988. "Caracterización ecológica del manglar de la ciénaga Las Palmitas (Estado Zulia, Venezuela)". *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas* 17: 91-119.
- Olivares-Márquez, S., G. Marín-Espinoza y J. Muñoz-Gi. 2018. "Aves acuáticas de la laguna de Píritu, como elemento clave para su restauración y manejo legal: Un estudio preliminar. *The Biologist* (Lima) 16, n° 1 (enero-junio): 207-220. <https://doi.org/10.24039/rtb2019171291>.
- Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT). 1993. *Directrices de la OIMT para el establecimiento y la ordenación sostenible de los bosques tropicales plantados*. Yokohama (Japón): IITO PolicyDevelopment.
- Osland, M., L. Feher, J. López-Portillo, R. Day, D. Suman, J.M. Guzmán Menéndez, V. Rivera-Monroy. 2018. "Los bosques de manglares en un mundo que cambia rápidamente: Impactos del cambio global y oportunidades de conservación en la costa del Golfo de México". *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 214 (15 de diciembre): 120-140. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.09.006>.
- Pannier, F. y R. Fraíno de Pannier. 1985. "La vegetación de manglares de la cuenca del Lago de Maracaibo". *Memoria Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales* 60, n° 143: 327-346.
- Pannier, F. y R. Fraíno de Pannier. 1977. "Interpretación fisioecológica de la distribución de manglares en las costas del continente americano". *Interciencia* 2, n° 3: 153-162.
- Pannier, F. y R. Fraíno de Pannier. 1989. *Manglares de Venezuela*. Caracas: Cuadernos Lagoven.
- Paquerau, T. 2012. "Caracterización y estudio del ecosistema de manglares de la laguna de Cocineta (Venezuela) mediante un enfoque geomático". Máster Recherche 2ème année Océanographie, mention Biologie et Ecologie Marine (BEM) OSU-Institut Pythéas.
- Parra, L. 2011. "Análisis ambiental de la Laguna Las Peonías y sus zonas adyacentes, como base para su planificación ambiental". (tesis de maestría), Universidad de La Habana.
- Parra, Y. 2007. "Variabilidad espacial y temporal de la calidad microbiológica del agua de la Laguna Las Peonías, Municipio Maracaibo, Estado Zulia" (tesis de pregrado), Universidad del Zulia.
- Pelegrí, J.L. y R. Ávila. 1986. "Las mareas como sistemas cooscilantes en los golfos de Venezuela y Paria". *Revista Técnica INTEVEP* 6, n° 1 (enero): 3-15. (Disponible en: <https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/1677/1/1782.pdf>).
- Perdomo, L., I. Ensminger, L.F. Espinosa, C. Elster, M. Wallner-Kersanach y M.L. Schnetter. 1998. "El ecosistema de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia): observación de la regeneración y de los metales traza en el sedimento". *Marine Pollution Bulletin* 37, n° 8-12: 393-403. (Disponible en: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-ab3b01aa-ebf1-3298-8e87-31bff6cfe3df>).
- Pereira, C., F. López, K. Salazar, I. Colmenárez. 2019. "Condiciones hidrográficas de la Laguna de Punta de Piedras, Isla de Margarita, Venezuela". *Boletín del Instituto Oceanográfico Venezolano* 58, n° 2: 03-13.
- Pérez-Albornoz, L., M. Fernández-Rodríguez y B. Gi-Socorro. 2018. "Caracterización geológico-ambiental de la unidad experimental agrícola Santa Bárbara, municipio de Cañada de Urdaneta, estado Zulia". *Revista digital de Minería y Geología* 34, n° 1: 21-45. (Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1993-8012201800100003&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1993-8012201800100003&lng=es&nrm=iso)).
- Pérez-Carrera, A., C. Moscuza y A. Fernández-Cirelli. 2008. "Efectos socioeconómicos y ambientales de la expansión agropecuaria. Estudio de caso: Santiago del Estero, Argentina". *Ecosistemas* 17, n° 1. (Disponible en: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/108>).
- Petrásh, D. y C. Revanales. 2006. "Integración Geológica de la Península de Paria, Estado Sucre, Venezuela" (tesis de pregrado), Universidad Central de Venezuela.
- Pittman, S.J., C.A. McAlpine y K.M. Pittman. 2004. "Vinculación de los peces y los langostinos con su entorno: Un enfoque de paisaje jerárquico". *Marine Ecology Progress Series* 283 (30 de noviembre): 233-254. <https://doi.org/10.3354/meps283233>.

- PNUD y MiAMBIENTE. 2017. *Guía de Buenas Prácticas para la Restauración de Áreas degradadas de Manglar. Proyecto Protección de Reservas y Sumideros de Carbono en los Manglares y Áreas Protegidas de Panamá*. Ciudad del Saber, Panamá: PNUD.
- Porras, J. y F. Pérez. 2006. Geología urbana de la ciudad de Maracaibo: Una visión preliminar. *Jornadas de Geología Región Zulia*. (Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Jesus-Porras-2/publication/305725845\\_Geologia\\_Urbana\\_de\\_la\\_Ciudad\\_de\\_Maracaibo\\_una\\_vision\\_preliminar/links/579d6e3108ae6a2882f2eb8c/Geologia-Urbana-de-la-Ciudad-de-Maracaibo-una-vision-preliminar.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jesus-Porras-2/publication/305725845_Geologia_Urbana_de_la_Ciudad_de_Maracaibo_una_vision_preliminar/links/579d6e3108ae6a2882f2eb8c/Geologia-Urbana-de-la-Ciudad-de-Maracaibo-una-vision-preliminar.pdf)).
- Portillo, C. y M. Pietrangeli. 2004. Estado de los bosques del Estado Zulia. 19 de noviembre de 2004. (Disponible en: [https://www.ecoport.net/temas-especiales/suelos/estado\\_de\\_los\\_bosques\\_del\\_estado\\_zulia/](https://www.ecoport.net/temas-especiales/suelos/estado_de_los_bosques_del_estado_zulia/)).
- Prada-Gamero, R.M., P. Vidal-Torrado, y T.O. Ferreira. 2004. "Mineralogía y fisicoquímica de los suelos de manglar del río Iri en el canal de Bertoga (Santos, Sp)". *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 28 n° 2: 233-243. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000200002>.
- Primack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo. 1998. *Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas Latinoamericanas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Primack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massard. 2001. "Establecimiento de áreas protegidas". En *Fundamentos de conservación biológica*, editado por Primack et al. México D.F. Perspectivas latinoamericanas, Fondo de Cultura Económica. (Disponible en: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3764210/mod\\_resource/content/1/AULA%202%20-%20Primack%20et%20al\\_p\\_59\\_89.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3764210/mod_resource/content/1/AULA%202%20-%20Primack%20et%20al_p_59_89.pdf)).
- QGIS Development Team. (2020). QGIS geographic information system. Open source geospatial foundation project. <http://qgis.osgeo.org>
- Quintero, A., G. Terejova, G. Vicent, A. Padrón y J. Bonilla. 2002. "Los Pescadores del Golfo de Cariaco". *Interciencia* 27, n° 6 (junio): 286-292. (Disponible en: <https://www.redalyc.org/comocitar.ou?id=33906903>).
- Quintero, A., J.I. Hurtado Bonilla, L. Serrano, M.E. Amaro, B. Rodríguez, G. Terejova y Y. Figueroa. 2004. "Características ambientales de la bahía de Mochima y adyacencias de la cuenca de Cariaco, Venezuela". *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela* 43, n° 1-2: 49-54.
- Quintero-Fernández, A.J. 2002. "Construcción de Identidades en los pobladores añu de la Laguna de Sinamaica". *Opción* 18, n° 37: 11-36.
- Quiroz Hernández, O. 2009. *Geovenezuela colección*. Caracas (Venezuela): Fundación Empresas Polar. (Disponible en: [https://bibliofep.fundacionempresaspolargv.org/media/1378336/gv\\_t7\\_c58\\_p416\\_489\\_yaracuy\\_lres\\_single\\_preview.pdf](https://bibliofep.fundacionempresaspolargv.org/media/1378336/gv_t7_c58_p416_489_yaracuy_lres_single_preview.pdf)).
- Rabinowitz, D. 1978. "Crecimiento temprano de las plántulas de mangle en Panamá y una hipótesis sobre la relación entre la dispersión y la zonificación". *Journal of Biogeography* 5, n° 2, 113-133. <https://doi.org/10.2307/3038167>.
- Rapport, D.J. y W.G. Whitford. 1999. "Cómo responden los ecosistemas al estrés: Propiedades comunes de los sistemas áridos y acuáticos". *BioScience* 49, Issue 3, (01 de marzo): 193-203. <https://doi.org/10.2307/1313509>.
- Ravikumar, S., K. Kathiresan, M.I. Thadedus, B. Selvam, y S. Shanty. 2004. "Las azotobacterias del nitrógeno del hábitat del manglar y su utilidad como fertilizantes marinos". *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 312: 5-17.
- Red ARA. *Aportes para un diagnóstico de la problemática ambiental de Venezuela: La visión de la Red ARA*. 2011. (Disponible en: <https://www.civilisac.org/civilis/wp-content/uploads/aportes-para-un-diagnoc3b3stico-ambiental-red-ara-2011-1.pdf>)
- Reyes, A. y N. Olmos. 2012. *Unidad Natural 1: Costa Insular. Formación y Relieve de la Venezuela Insular*. Caracas: Fundación Empresas Polar. Depósito legal If 2592012912767, ISBN 978-980-379-308-1. Impreso por C. A. Litoven. (Disponible en: [https://bibliofep.fundacionempresaspolargv.org/media/16855/geo\\_u1\\_l67\\_costa\\_insular\\_formacion\\_insular.pdf](https://bibliofep.fundacionempresaspolargv.org/media/16855/geo_u1_l67_costa_insular_formacion_insular.pdf)). Acceso: 19 de Noviembre de 2021.
- República Bolivariana de Venezuela. 1989. Reglamento de uso de la Zona Protectora de la ciudad de Maracaibo. *Gaceta Oficial* 4098 del 24 de mayo de 1989.
- Rivas, Z. 1989. "Determinación de la calidad fisicoquímica del agua de la Laguna de Las Peonías". (tesis de maestría), Universidad del Zulia.

- Rivas, Z., R. Márquez, F. Troncone, J. Sánchez, M. Colina y P. Hernández. 2005. "Contribución de principales ríos tributarios a la contaminación y eutrofización del Lago de Maracaibo". *Ciencia* 13, n° 1, 68-77. (Disponible en: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/ciencia/article/view/9241/9230>).
- Rivera, E y S. Welsh (2005). "Una descripción del valor de los bienes y servicios ambientales prestados por los manglares". *Gaceta Ecológica* 74: 56-68. Consulta 18 junio de 2021, ]. ISSN: 1405-2849. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53907405>
- Robles V., G.R., K. Oliveira B. y R. Villalobos S. 2000. *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2000: evaluación de los productos forestales no madereros en América Central*. <https://www.fao.org/3/ae159s/ae159s00.htm>.
- Rodríguez Olarte, D. y D. Taphorn Baechle. *Colección Regional de Peces*, CPUCLA. 2007. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA) - Barquisimeto. Actualizaciones: Septiembre 2011. <http://www.ucla.edu.ve/museopeces/2.%20Pagina%20WEB%20Peces%20Aroa%20Yaracuy%202007/Cuencas.htm>
- Rodríguez Olarte, D., dir. 2018. *Ríos en riesgo de Venezuela* (Volumen 2). Barquisimeto, Venezuela: Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado.
- Rodríguez Olarte, D., dir. 2020. *Ríos en riesgo de Venezuela* (Volumen 3). Barquisimeto, Venezuela: Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado.
- Rodríguez, G.. 1973. *Sistema de Maracaibo*. Caracas: Ediciones IVIC.
- Rodríguez, J.C. 2019. "Lagunas Costeras de la Isla de Margarita. Parte 1. Antecedentes Fisiográficos". *Eco Cria*: 7-9.
- Rodríguez, J.P., F. Rojas-Suárez y D. Giraldo H., dirs. 2010. *Libro Rojo de los Ecosistemas Terrestres de Venezuela*. Caracas, Venezuela: Provita, Shell Venezuela, Lenovo (Venezuela).
- Rodríguez, Y., K. Silva, A. Silva y J. Yazawa. 2012. "Análisis del estado físico de los equipos que operan en minas a cielo abierto en los Estados Guárico y Anzoátegui" (tesis de pregrado), Universidad Central de Venezuela.
- Rojas, Y., M. Jordán, F. Yegres, y J. Araujo. 2020. "Caracterización microbiológica del suelo, agua y aire en el humedal Quebrada de Guaranao, Paraguaná, Estado Falcón". *Revista de La Universidad del Zulia* 4, n° 9 (20 de febrero): 11-33. (Disponible en: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/rluz/article/view/31081>).
- Romero, G. y W. Meléndez. 2013. "Caracterización geoquímica de los suelos asociados a distintas especies de mangle de la zona oeste del Golfo de Coro y noreste de la Península de Paraguaná, Estado Falcón". *Geos* 44: 25-32.
- Sáez Sáez, V. 2009. *GeoVenezuela colección*. Caracas: Fundación Empresas Polar. (Disponible en: [https://bibliofep.fundacionempresaspolar.org/media/1040/gv\\_t5\\_c40\\_p422\\_487\\_lres\\_single\\_preview.pdf](https://bibliofep.fundacionempresaspolar.org/media/1040/gv_t5_c40_p422_487_lres_single_preview.pdf)).
- Salas, M. 2008. "Análisis espacio-temporal de las coberturas terrestres del Refugio de Fauna Silvestre de Cuare, estado Falcón, Venezuela". Universidad Central de Venezuela.
- Salaya, J.J. Sin fecha. "Estado actual de la acuicultura marina en Venezuela". Centro de Investigaciones Pesqueras. Cumaná. Estado Sucre. Venezuela.
- Salazar Z., I.J. 2015. "La Barra del Lago de Maracaibo. Un poco de su Historia". *Boletín de la Academia de Historia del Estado Zulia* 51 (enero-junio).
- Salazar, S.K. y M. Arcia-Barreto. 2020. "Ríos en la cuenca Caribe oriental y drenajes a los golfos de Cariaco y Paria". En *Ríos en riesgo de Venezuela* (Volumen 3), editado por Douglas Rodríguez Olarte, 13-38. Barquisimeto, Venezuela: Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado.
- Sánchez-Arias, L.E. 2009a. "Efecto de la salinidad sobre la actividad microbiana y enzimática en suelos de manglar del Parque Nacional Laguna de la Restinga (Nueva Esparta, Venezuela)" (tesis de doctorado), Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas.
- Sánchez-Arias, L.E. 2009b. "Recuperación de la memoria ancestral de once estados de Venezuela vulnerables a la desertificación para su aplicación en el diagnóstico y restauración" (informe técnico), Laboratorio de Protección y Manejo de Cuencas.
- Sánchez-Arias, L.E. y J.P. Rodríguez. 2008. "Creación de 'oasis productivos' de manglares: participación comunitaria para el uso sostenible de las halófitas". En *Manglares y halófitas: Restauración y utilización*, editado por H. Lieth, M. García Sucre y B. Herzog, 85-96. Dordrecht, The Netherlands: Springer.

- Sánchez-Arias, L.E. y Y. Barreto. 2005. *Diagnóstico para la restauración de áreas de manglar mediante el uso de sensores remotos. Complejo Buche-Los Totumos-Carenero (Edo. Miranda)*. PROVITA.
- Sánchez-Arias, L.E., A. Ruiz, Y. Torrealba. 2018. "Restauración ecológica de manglar y manejo de cuencas: una unidad que no debe separarse". En *Adaptación basada en Ecosistemas: alternativa para la gestión sostenible de los recursos marinos y costeros del Caribe*, editado por A. C. Hernández-Zanuy, La Habana: Editorial Instituto de Oceanología.
- Sánchez-Arias, L.E., J.P. Rodríguez, M. Caballer, M. Asmussen y G. Medina. 2011. "Avances en el diagnóstico del estado de salud de los ecosistemas de manglares". En *Investigación Medioambiental* (Volumen 3), editado por A.T. Riley, 235-268. New York, USA: Nova Publishers.
- Sánchez-Arias, L.E., J. Paolini y J.P. Rodríguez. 2010. "Dinámica de las propiedades del suelo en bosques de *Rhizophora mangle* L. (*Rhizophoraceae*) en Isla de Margarita, Venezuela". *Revista de Biología Tropical* 58, n° 2: 547-564. (Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44918838002>).
- Sánchez-Arias, L.E., P. Granado, H. Briceño, M. Dávila, L. Parra, J.P. Rodríguez. 2014. "Métodos para el estudio de la biodiversidad en ecosistemas marinos tropicales de Iberoamérica para la adaptación al cambio climático". En *La Geomática como herramienta para la evaluación de ecosistemas marinos y costeros*, editado por A.C. Hernández-Zanuy y P.M. Alcolado, 186-209. La Habana: Editorial Instituto de Oceanología.
- Sánchez-Arias, L.E., P. Granado, H. Briceño, P. Velozo, L. Parra y A. Ruiz 2011. Restauración ecológica en áreas de manglar. 2011. En II Congreso Internacional de Cambio Climático de la VIII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo. La Habana. ISBN: 978-959-300-018-5. 
- Sánchez-Páez, H., R. Álvarez-León, dirs., O.A. Guevara Mancera, A. Zamora Guzmán, H. Rodríguez Cruz, y H.E. Bravo Pazmiño. 1997. *Diagnóstico y zonificación preliminar de los manglares del Pacífico de Colombia*. Santa Fe de Bogotá (Colombia). [http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD171%2091/pd171-91-p1-1%20Rev1\(F\)%20s.pdf](http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD171%2091/pd171-91-p1-1%20Rev1(F)%20s.pdf).
- Scheffer, M. y S.R. Carpenter. 2003. "Cambios de régimen catastróficos en los ecosistemas: vinculación de la teoría con la observación". *Trends in Ecology & Evolution* 18, Issue 12 (diciembre): 648-656.
- Scheffer, M., S. Carpenter, J. Foley, C. Folke, y B. Walker. 2001. "Cambios catastróficos en los ecosistemas". *Nature* 413 (11 de octubre): 591-596.
- Sebastiani, M., S. González, M.M. Castillo, P. Alvizu, M.A. Oliveira, J. Pérez, A. Quilici, M. Rada y M.C. Yáber. 1994. "La cría de camarones a gran escala en los humedales costeros de Venezuela, América del Sur: Causas y consecuencias de los conflictos por el uso de la tierra". *Environmental Management* 18, n° 5: 647-661. <https://doi.org/10.1007/BF02394631>.
- Sengupta, A. y S. Chaudhuri. 2002. "Relaciones micorrícicas arbusculares de la comunidad de plantas de manglar en el estuario del río Ganges en la India". *Mycorrhiza* 12, n° 4 (agosto): 169-174. <https://doi.org/10.1007/s00572-002-0164-y>.
- Senior, W. 2001. "Planificación y manejo ambiental de la zona costera del Estado Anzoátegui, Venezuela" (trabajo de ascenso), Universidad de Oriente.
- Sherman, R., T. Fahey y R. Howarth. 1998. "Interacciones suelo-planta en un manglar neotropical: dinámica del hierro, fósforo y azufre". *Oecologia* 115: 553-563. <https://doi.org/10.1007/s004420050553>.
- Snedaker, S. 1999. "El futuro de la investigación sobre los manglares". *Hydrobiology* 413: 9-10.
- Solana, P., B. Castellanos y M. Nalesso. 2004. "Medición de variables hidrodinámicas y ambientales en Morrocoy, Venezuela". *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia* 27, n° 2 (agosto): 100-113. (Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0254-07702004000200005](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702004000200005)).
- Solano, J. 2019. "Consideraciones ambientales para la construcción del gasoducto Dragón-Cigma en el Parque Nacional Península de Paria". *Revista Tekhné* 22, n° 1: 001-005.
- Soto, L. 2014. *Sociedad Homo et Natura. Puerto Bolívar: pasado y presente*. (Disponible en: <https://www.aporrea.org/actualidad/a194816.html>).
- Suárez, C. 2016. "Uso y abuso de las lagunas costeras venezolanas". *Revista de Investigación* 40, n° 87: 53-86. (Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1010-29142016000100005](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-29142016000100005)).
- Talling, P.J. 2001. Sobre la distribución de frecuencias del espesor de las turbiditas. *Sedimentology* 48, n° 6: 1297-1329.
- Terán, E. Atlas de Justicia Ambiental (2016). El Proyecto de Puerto de Aguas profundas en la Península de Araya. (Disponible en: <https://ejatlas.org/conflict/el-proyecto-del-puerto-de-aguas-profundas-en-la-peninsula-de-araya?translate=es>).

- Tomlinson, P. Barry. 1995. *La botánica de los manglares*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Twilley, R.R., y V.H. Rivera-Monroy. 2005. "Desarrollo de medidas de rendimiento de los humedales de manglares mediante modelos de simulación de la hidrología, la biogeoquímica de los nutrientes y la dinámica de las comunidades". *Journal of Coastal Research* (winter): 79-93. (Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/25736617>).
- Valerio González, L., Y. García, S. Levy y P. Lacabana. 2013. "Inventario florístico de plantas vasculares litorales de la Laguna El Morro, Isla de Margarita, Estado Nueva Esparta, Venezuela". *Saber* 25, n° 2: 151-159. (Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427739462004>).
- Valerio, R., V.F. Salazar y J. Véliz. 2013. "Adaptaciones epidérmicas foliares de cuatro especies siempre verdes, Isla La Tortuga, Venezuela". *Acta Botánica Venezuelica* 36, n° 1: 39-59. (Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86230267001>).
- Valiela, I., D. Rutecki y S. Fox. 2004. "Marismas: factores de control biológico de las redes tróficas en un entorno decreciente". *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 300, n° 1 (marzo): 131-159. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2003.12.023>.
- Varela R. y F. Velásquez. 2017. *El clima de Punta de Piedras-Isla de Margarita*. Caracas: Fundación La Salle de Ciencias Naturales.
- Vázquez, P., G. Holguín, M.E. Puente, A. López-Cortés y Y. Bashan. 2000. "Microorganismos solubilizadores de fosfato asociados a la rizosfera de los manglares de una laguna costera semiárida". *Biology and Fertility of Soils* 30 (marzo): 460-468. <https://doi.org/10.1007/s003740050024>.
- Vega-Cendejas, M.E. y F. Arrequín-Sánchez. 2001. "Flujos de energía en un ecosistema de manglares de una laguna costera de la Península de Yucatán, México". *Ecological Modelling*, 137, Issues 2-3 (20 de febrero): 119-133. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00421-X](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00421-X).
- Vera, A., Á. Villarreal y M. Martínez. 2010. "Composición florística de cuatro ambientes en la ciénaga de La Palmita, estado Zulia, Venezuela". *Acta Botánica Venezuelana* 33, n° 1 (enero): 23-32.
- Vera, A., G. Morillo y D. Pachecho. 2020. "Índices de vegetación y unidades de paisaje de la Reserva de Fauna Silvestre Ciénaga de La Palmita e Isla de Pájaros, estado Zulia, Venezuela". *ALFA* 4, n° 11: 157-169. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v4i11.77>.
- Vera, A., S. Nozawa, Á. Villarreal y M. Martínez. 2011. "Estudio preliminar de las gramíneas de la ciénaga de La Palmita, estado Zulia, Venezuela". *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia* 28, n° 1: 120-128. (Disponible en: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26976/27601>).
- Vila, M.A. 1967. *Aspectos geográficos del Estado Miranda*. Caracas: Corporación Venezolana de Fomento.
- Vila, M.A. 1981. *Plantas de cultivo y de recolección en la geohistoria venezolana*. Caracas: Ediciones de la Facultad de Humanidades y Educación. Universidad Central de Venezuela.
- Villamizar G., A.V. 2020. "Medidas de adaptación al aumento del nivel del mar considerando las trayectorias de concentración representativa". *Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales LXXX*, n° 2 (mayo): 41-77. (Disponible en: <https://boletines.acfiman.org/wp-content/uploads/2021/01/Paginas-desde-46-82-TR-ECER-ARTICULO-2.pdf>).
- Villavicencio, J.M. 1992. "Generalidades geomorfológicas del Estado Falcón. Aproximaciones geomorfológicas de Falcón". <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal4/Procesosambientales/Geomorfologia/01.pdf>.
- Wagner, E. 1980. *Los pobladores palafíticos de la Cuenca del Lago de Maracaibo*. Caracas: Lagoven.
- Winograd, M. 1987. "Manglares de Colombia: Características biológicas y económicas". *Gaussenia*, n° 3: 11-43.
- Yap, H. 2000. "El caso de la restauración de los ecosistemas costeros tropicales". *Ocean & Coastal Management* 43: 841-851. (Disponible en: [http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/fgm/rstrtn\\_trop\\_coast\\_ecosys.pdf](http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/fgm/rstrtn_trop_coast_ecosys.pdf)).
- Zavala D., T. 2009. *GeoVenezuela colección*. Caracas: Fundación Empresas Polar. (Disponible en: [https://bibliofep.fundacionempresaspolar.org/media/1046/gv\\_t6\\_c46\\_p198\\_285\\_lres\\_single\\_preview.pdf](https://bibliofep.fundacionempresaspolar.org/media/1046/gv_t6_c46_p198_285_lres_single_preview.pdf)). Acceso: julio 2021.

**Procedencia de las imágenes históricas**

Postal. Revista Integral nº 8, 1957. <https://fundaayc.wordpress.com/tag/canales-de-rio-chico/#:~:text=La%20Urbanizaci%C3%B3n%20Los%20Canales%2C%20localizada,Dupuy%2C%20se%20trata%20de%20otra>

## Glosario

Actividad enzimática	El proceso de mineralización de nutrientes depende no solo de los organismos, sino de todo un sistema enzimático presente en el suelo. Las enzimas juegan un papel fundamental en los ciclos biológicos del azufre, el carbono, el nitrógeno y el fósforo.
Actividad microbiana	El proceso de descomposición de la materia orgánica realizada por microorganismos presentes en el suelo.
Alcance	Aquella condición que limita la aplicación de un objetivo. "hasta donde se puede llegar".
Árbol siempre verde	También se les llama <i>arboles perennes</i> porque no pierden todas sus hojas al mismo tiempo; permanecen verdes durante todo el año.
Aterramiento	Práctica ilegal que altera la dinámica hídrica para ganar terrenos en bosques de manglar en donde se cortan los flujos hídricos internos a partir de barreras como sacos de arena, troncos, escombros.
Bioclima	Espacio biofísico delimitado por un determinado tipo de vegetación y su correspondiente valor climático. El número de bioclimas del planeta depende de la clasificación bioclimática empleada: Holdridge (1967) 37 bioclimas; Rivas Martínez (2005) 27 bioclimas, por ejemplo.
Brinzal	Árboles de mangle de una categoría diamétrica entre 2,5 cm y 5,0 cm.
Chorreras	Minicanales de dispersión hídrica al interior de los bosques de manglar definidos por la microtopografía; actúan como canales suplementarios.
Conchales	Es un sitio arqueológico; se compone de una acumulación de restos de conchas producto de la actividad humana del pasado.
Condición edafoclimática	Se refiere al estado del suelo y el tipo de clima que se registra en un territorio determinado
Conectividad funcional	Serie de procesos espacio-temporales que determinan la funcionalidad de un ecosistema.
Criterios para asignar categoría de riesgo	Son los parámetros que determinan el estado de riesgo de un ecosistema: (A); Disminución de la distribución. (Espacial), (B); Distribución restringida (Espacial), (C); Degradación ambiental (Funcional), (D), (E); Múltiples amenazas y síntomas funcionales de colapso (riesgo), Interrupción de los procesos e interacciones bióticos (funcional).

Ecosistema de referencia	Aquel que se señala como modelo o patrón para fijar los objetivos que se pretenden alcanzar de una restauración ecológica.
Estado Casi amenazado (NT)	Cuando el ecosistema se ha evaluado de acuerdo con los criterios de riesgo y no califica pero está cerca de calificar, o es probable que califique, para una categoría amenazada en el futuro cercano.
Estado Eliminado (EL)	Un ecosistema está eliminado cuando es prácticamente seguro que las características bióticas o abióticas que lo definen han desaparecido de todas las ocurrencias, y la biota nativa característica ya no es sostenida.
Estado En peligro (EN)	Tiene un riesgo de un 20% de probabilidad de estar eliminado en un marco de tiempo de 50 años en el futuro.
Estado Peligro crítico (CR)	Tiene un 50% de probabilidad de estar eliminado en un plazo de 50 años y cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple con cualquiera de los criterios de riesgo desde A hasta E para la condición en "Peligro crítico".
Estado Preocupación menor (LC)	En esta categoría se incluyen los ecosistemas ampliamente distribuidos y relativamente no degradados. Esta categoría está reservada para los ecosistemas que no cumplen ninguno de los criterios cuantitativos (disminución de la distribución, distribución restringida, degradación de las condiciones ambientales o interrupción de los procesos e interacciones bióticas).
Estado Vulnerable (VU)	Un 10% de probabilidad de estar eliminado en un marco de tiempo de 100 años.
Firma espectral	Es la "huella digital", el patrón de respuesta específico que genera un objeto situado en la tierra expresada en términos de la cantidad específica de energía electromagnética que se refleja en una imagen satelital.
Fustal	Árboles de mangles en una categoría diamétrica mayor de 15,1 cm.
Geomorfología	Estudio de las formas de la tierra.
Georreferenciación	Se refiere al uso de coordenadas para asignar una ubicación espacial en un mapa.
Hoja clínica de un ecosistema	Paso que antecede a la planificación conceptual de una restauración; incluye el levantamiento de información del estado actual e historia de cambios.
Índice de Vegetación Normalizado (NDVI)	Es un indicador numérico que expresa la cantidad de clorofila de la vegetación a través del uso de bandas espectrales infrarrojo cercano y rojo que generan los satélites. Un valor cercano a 1 implica mayor clorofila.
Latizal	Árboles de mangle en una categoría diamétrica entre 5,1 cm y 15,0 cm.
Manglar de borde	Se encuentra a lo largo de canales y en forma de franja en la línea de costa, sobre barreras que están a una altura por encima del promedio mensual de las mareas.

Manglar de cuenca	Se encuentra en las partes internas del humedal o en canales interiores de escorrentía terrestre. Se presenta de forma característica <i>Rhizophora mangle</i> en las zonas con mayor influencia de lavado de marea; y en las partes internas normalmente se localiza <i>A. germinans</i> . Son áreas de acumulación de materia orgánica.
Manglar de sobrelavado	<i>Rhizophora mangle</i> es la especie dominante de este tipo de humedal, el cual está inundando y bañado por mareas, lo que da como resultado una alta tasa de exportación de materia orgánica y baja acumulación de hojarasca. Normalmente se encuentra en islotes y cayos.
Manglar enano	Son bosques cuyos individuos adultos no superan los 1,5 m, al parecer por deficiencia de nutrientes. Se encuentran en planos marino-costeros con substratos arcillosos o limosos con bajo contenido de materia orgánica.
Manglar ribereño	Son bosques de gran desarrollo que se encuentran en los ríos y arroyos de mareas.
Meta	Es un logro cuanti- y/o cualificable que muestra el avance hacia el objetivo deseado.
Objetivo	El fin que se desea alcanzar.
Paisaje ecológico	Área de un territorio conformada por un conjunto heterogéneo de ecosistemas que interactúan entre sí.
Pasta saturada	Método para la toma de muestra del suelo.-
Planificación conceptual de la restauración	Procedimiento realizado antes de la ejecución de tareas que brinda las bases de la hoja de ruta de una restauración ecológica.
Productividad del ecosistema	Velocidad de fijar carbono o producir biomasa por tiempo y área.
Reclamación	Actividad intencional que busca recuperar algunos aspectos de la productividad biológica de un sitio que ha sido degradado por una actividad extractiva.
Régimen dinámico	Respuesta a cambios relacionados con las especies claves, estructuras tróficas, flujo de energía y retroalimentación interna que mantienen los patrones bióticos y abióticos dentro de un ámbito distintivo.
Rehabilitación	Actividad intencional que busca la recuperación de procesos ecosistémicos, productividad y provisión de servicios, en un ecosistema que ha sido perturbado o dañado, pero que no busca recuperar la composición original de las especies.
Resiliencia	Es el grado de organización por el cual el sistema es capaz de autoorganizarse contra la organización forzada por una fuerza externa. Se puede comparar con la "capacidad inmunológica" que tiene el cuerpo humano.

Rodal	Conjunto de árboles u otra vegetación forestal que ocupa una superficie determinada y que es lo suficientemente uniforme en su composición de especies, distribución de edades, calidad y espesura para diferenciarse del resto de la masa o vegetación que lo rodea.
Sensores remotos	Instrumentos para la captación de información a distancia (satélites, drones, etc.).
Servicios ecosistémicos	Procesos ecológicos de los cuales se benefician los seres humanos.
Sistema de Información Geográfica (SIG)	Es una herramienta que almacena datos asociados a su ubicación espacial, los cuales pueden ser representados gráficamente como puntos, líneas o áreas (polígonos).
Sucesión ecológica	Es un proceso natural de organización de las comunidades vegetales en un mismo hábitat, que forma parte de las dinámicas propias de los ecosistemas.
Tectónica	Deformación de la corteza producto del movimiento de placas de la corteza terrestre.
Tipo fisiográfico en el manglar	Clasificación de los bosques de manglar determinada por la topografía y la hidrodinámica mareal.
Unidad de hábitat	Menor unidad de análisis espacial en el ecosistema de manglar (bosque, suelo e hidoperíodo).
Unidad de paisaje	Delimitación de una porción del territorio con un vínculo visual y estructura definida.
Unidad geomorfológica	Se define como una geoforma individual pedogenéticamente homogénea.
(VM) Vegetación marginal	Especies adyacentes a la vegetación nuclear de manglar en suelos elevados, irrigados por aguas salobres o en los bordes de los salitrales.
(VMF) Vegetación marginal facultativa	Ocasionalmente asociada al manglar, pero mayormente fuera de este ambiente.
(VN) Vegetación nuclear	Especies tradicionalmente reconocidas como verdaderos manglares ( <i>Rhizophora Sp</i> , <i>Avicennia Sp</i> , <i>Laguncularia Sp</i> ), y distribución completamente ligada a la influencia del agua de mar.

