



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

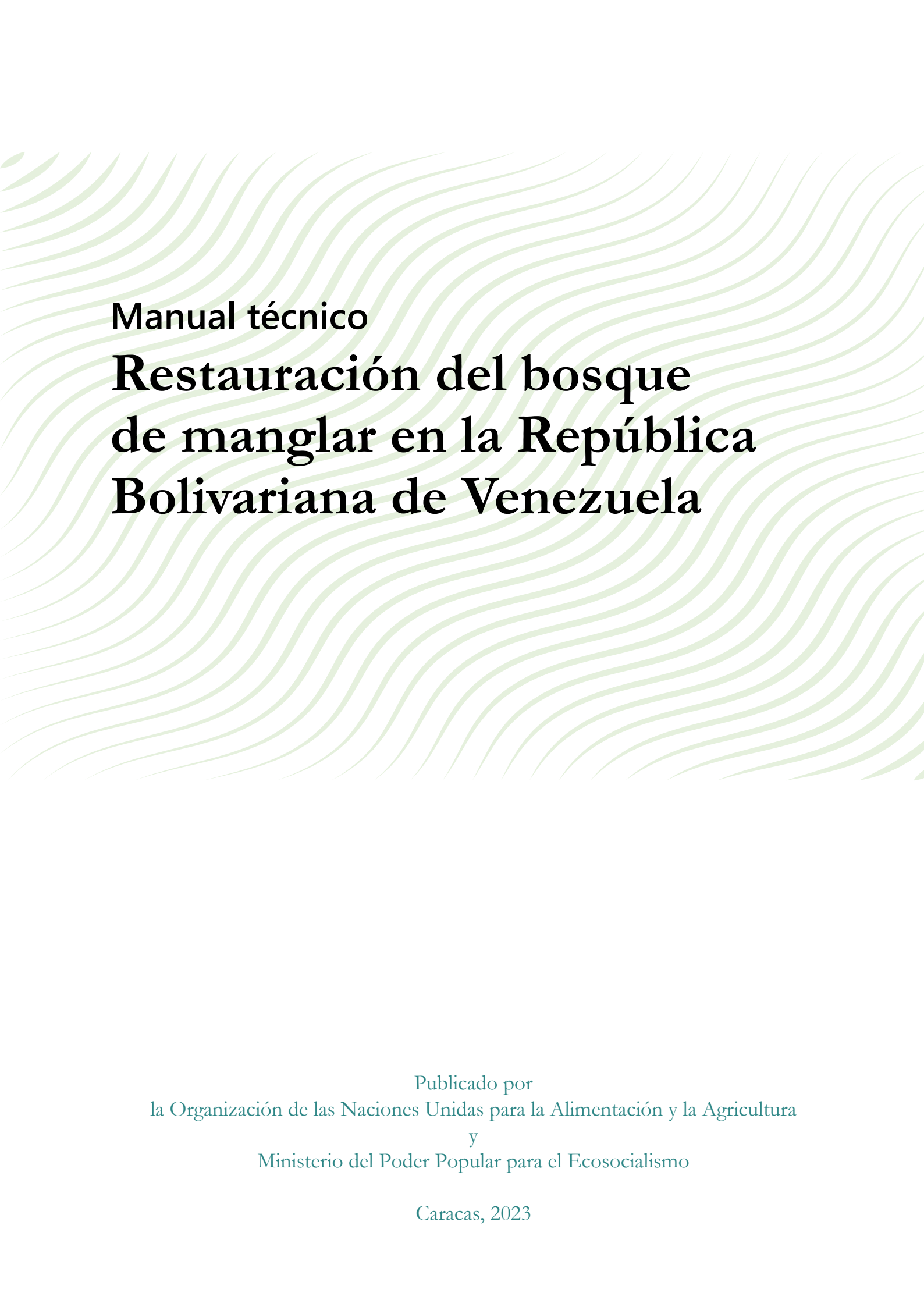


Manual técnico

Restauración del bosque de manglar en la República Bolivariana de Venezuela



fondo
para el medio
ambiente mundial
INVERTIMOS EN NUESTRO PLANETA



Manual técnico
**Restauración del bosque
de manglar en la República
Bolivariana de Venezuela**

Publicado por
la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
y
Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo

Caracas, 2023

Cita requerida:

FAO y Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo. 2023. *Restauración del bosque de manglar en la República Bolivariana de Venezuela – Manual técnico*. Caracas. <https://doi.org/10.4060/cc8084es>

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) o Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo, juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO o el Ministerio los aprueben o recomienden de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO ni del Ministerio.

ISBN 978-92-5-138220-2 [FAO]

© FAO y Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo, 2023



Algunos derechos reservados. Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Organizaciones intergubernamentales; https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.es_ES).

De acuerdo con las condiciones de la licencia, se permite copiar, redistribuir y adaptar la obra para fines no comerciales, siempre que se cite correctamente, como se indica a continuación. En ningún uso que se haga de esta obra debe darse a entender que la FAO o el Ministerio refrenda una organización, productos o servicios específicos. No está permitido utilizar el logotipo de la FAO o del Ministerio. En caso de adaptación, debe concederse a la obra resultante la misma licencia o una licencia equivalente de Creative Commons. Si la obra se traduce, debe añadirse el siguiente descargo de responsabilidad junto a la referencia requerida: "La presente traducción no es obra de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) o Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo. La FAO/el Ministerio no se hacen responsable del contenido ni de la exactitud de la traducción. La edición original en español será el texto autorizado".

Toda controversia que surja en el marco de la licencia y no pueda resolverse de forma amistosa se resolverá a través de mediación y arbitraje según lo dispuesto en el artículo 8 de la licencia, a no ser que se disponga lo contrario en el presente documento. Las reglas de mediación aplicables serán las del Reglamento de Mediación de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual <http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules> y todo arbitraje se llevará a cabo de conformidad con el Reglamento de Arbitraje de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI).

Materiales de terceros. Si se desea reutilizar material contenido en esta obra que sea propiedad de terceros, por ejemplo, cuadros, gráficos o imágenes, corresponde al usuario determinar si se necesita autorización para tal reutilización y obtener la autorización del titular del derecho de autor. El riesgo de que se deriven reclamaciones de la infracción de los derechos de uso de un elemento que sea propiedad de terceros recae exclusivamente sobre el usuario.

Ventas, derechos y licencias. Los productos informativos de la FAO están disponibles en la página web de la Organización (<http://www.fao.org/publications/es>) y pueden adquirirse dirigiéndose a publications-sales@fao.org. Las solicitudes de uso comercial deben enviarse a través de la siguiente página web: www.fao.org/contact-us/licence-request. Las consultas sobre derechos y licencias deben remitirse a: copyright@fao.org.

Índice

Agradecimientos	vii
Siglas y acrónimos	viii
Introducción	1
Sección 1. Marco referencial para la restauración del bosque de manglar	3
1.1. Contexto biogeográfico	4
1.2. Estado actual del bosque de manglar	5
1.3. Tendencias del bosque de manglar	9
1.4. Contexto Legal e Institucional en la República Bolivariana de Venezuela para la restauración de manglares	15
Sección 2. Aspectos conceptuales claves para la restauración del bosque de manglar	17
2.1. Resiliencia en ecosistema de manglar	18
2.2. Ecosistema de manglar y resiliencia	21
2.3 Restauración ecológica	24
2.4. Restauración de ecosistemas de manglar	29
Sección 3. Marco metodológico para la restauración del bosque de manglar	31
3.1. ¿Cómo hacer la “historia clínica” del bosque de manglar?	32
3.2. Información a escala regional	34
3.3. Unidad geomorfológica	35
3.4. Información a escala ecológica	37
3.5. Principales cambios asociados a tipos de estrés o efectos generados de acuerdo con la fuente energética	43
3.6. Determinación de causas de deterioro	44
3.7. Valoración de las causas de deterioro	45
3.8. Indicadores relacionados con el suelo	51
3.9. Indicadores relacionados con la dinámica hídrica	52
3.10. Indicadores relacionados con cobertura vegetal y relaciones tróficas	52
Sección 4. Técnicas y acciones para la restauración del bosque de manglar	55
4.1. Técnicas de recuperación aplicadas al ecosistema de manglar	56
4.2. Pasos para la construcción de trincheras	59
4.3. Acciones para la eliminación o mitigación de causas de deterioro del manglar	63
4.4. Acciones para remediar la afectación en la fuente primaria de agua	63
4.5. Acciones de remediación encaminadas a recuperar el hidroperiodo	64
4.6. Pasos para la determinación de flujos de recambio al interior del humedal	64
4.7. Acciones para mitigar las barreras que evitan que el bosque realice la imagen síntesis	67
4.8. Acciones de eliminación o mitigaciones relacionadas con la pérdida del suelo por erosión	68
4.9. Acciones de remediación por efectos de toxicidad	68
4.10. Aplicación de medidas para la recuperación de la resiliencia del sistema	69
Bibliografía	71
Glosario	77

Figuras

Figura 1.	Sectores costeros donde se ubican los bosques de manglar en el Caribe Sur venezolano	4
Figura 2.	Cálculo aproximado de altura con objeto de referencia	36
Figura 3.	Procedimiento de extracción de muestras de suelo para determinar densidad aparente	39
Figura 4.	Restauración de la dinámica a partir de la activación de canales secundarios	57
Figura 5.	Canal recuperado	58
Figura 6.	Esquema del proceso de construcción de trinchera	60
Figura 7.	A. Embriones en buen estado de salud de germinans. B. Eliminando el pericarpio de los embriones. C. Embriones sin pericarpio	61
Figura 8.	Dinámica de mareas a través de una aplicación	65
Figura 9.	Ejemplo de señalización de flujos a partir del método explicado	66

Cuadros

Cuadro 1.	Cobertura actual del bosque de manglar en el gran paisaje sedimentario y tipos asociados	6
Cuadro 2.	Cobertura actual del bosque de manglar en el gran paisaje de costas de origen orográfico	8
Cuadro 3.	Cobertura y tendencia estimada del bosque de manglar por estado del país	11
Cuadro 4.	Nivel de presión registrado sobre los bosques de manglar por estado y número de parroquias	13
Cuadro 5.	Identificación – caracterización del bosque de manglar	32
Cuadro 6.	Identificación - escala regional	34
Cuadro 7.	Escala ecológica	35
Cuadro 8.	Parámetros y variables a considerar a escala local	37
Cuadro 9.	Registro de la historia de cambios, ejemplos	43
Cuadro 10.	Lista de principales causas de degradación en manglar	45
Cuadro 11.	Valoración de importancia a partir de las características de los efectos sobre el manglar (basado en Conesa 1997)	46
Cuadro 12.	Categorías para el diagnóstico	47

Agradecimientos

Esta propuesta fue realizada desde el proyecto de "Ordenación forestal sustentable y conservación de bosques en la perspectiva ecosocial" del Gobierno de la República Bolivariana de Venezuela, a través del Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo-Minec, implementado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación-FAO y financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial-GEF

Contó con las orientaciones generales del Coordinador técnico del proyecto, Sr. Jesús Cegarra y del Asistente técnico del Componente 3. Señor Ernesto Arends.

Contenido realizado por la Sra. Luz Sánchez, ecóloga, científica 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.

Revisión y aportes técnicos realizados por:

Consultora técnico líder del proyecto, Sra. Barbara Jarschel y por el Equipo técnico de la Dirección General de Patrimonio Forestal del Minec, encabezado por la Sra. Danmar Herrera, especialista del área forestal.

Edición general realizada por Rosa Elena Betancourt

Diseño: Maria Eugenia González

Siglas y acrónimos

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

Unidades de medida

dap	diámetro a la altura de pecho
cm	centímetros
cm ²	centímetros cuadrados
cm ³ o cc	centímetros cúbicos
cv% ha	coeficiente de variación hectárea
m ² /ha/año	metros cuadrados/hectárea/año
m ³ /ha/año	metros cúbicos/hectárea/año
m ³ /ha/año	metros cúbicos/hectárea/año

Introducción

Desde hace décadas se reconoce que el ecosistema de manglar es un humedal marino costero estratégico que brinda una serie de servicios ambientales. El bosque de manglar también llamado bosque azul por ser un bosque marino, es una trampa eficiente de carbono que además brinda protección contra maremotos, tormentas, erosión. Así mismo, es un ecosistema altamente productivo que provee hábitat y refugio a una gran cantidad de especies, por lo que no es de extrañar que sea una de las bases principales de las pesquerías, por todo esto es considerado como uno de los ecosistemas más valiosos del planeta (Aburto *et al*, 2008). Cubre alrededor de 15 millones de hectáreas y ocupa cerca de 181 000 km² de la línea costera tropical y subtropical del mundo, de acuerdo con Alongi (2002) y la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT), (2022).

Hace más de mil años, los manglares sustentaron grupos humanos itienerrantes, y fueron pieza clave para los procesos de asentamientos de comunidades conformadas por paleoindios recolectores, pescadores y cazadores en las zonas marino-costeras (Lacerda *et al.*, 1993). Esta relación manglar-ser humano, se mantiene hasta nuestro días al proveer alimento, protección y productos forestales no maderables. Sin embargo, a pesar de ser reconocido a nivel mundial como un ecosistema que debe proteger, no han sido suficientes los esfuerzos que se realizan para su conservación. Este ecosistema se encuentra amenazado en todo el mundo dado que su superficie total viene disminuyendo por lo menos un 20 % desde 1980, según 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. La cobertura de estos bosques para el 2021, en el Caribe Sur insular continental y en el Lago de Maracaibo es de 56 046,09 ha. de las cuales 15 663,5 ha, presentan una degradación de moderada a grave.

Por ello, la restauración y conservación de este ecosistema es un factor importante en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 5 Igualdad de género, ODS 13 Acción por el Clima ODS 14 Vida Submarina y 15 Ecosistemas terrestres. Así mismo, por sus características, su restauración y preservación, se constituye en una respuesta de adaptación al cambio climático y la mitigación de sus efectos, de acuerdo con OIMT (2022).

Por lo tanto, el presente manual, establece el primer paso hacia la restauración del bosque de manglar en la República Bolivariana de Venezuela como parte del proyecto "Ordenación forestal sustentable y conservación de bosques en la perspectiva ecosocial"- GCP/VEN/011/GFF. Su contenido se basa en el estudio de línea base realizado en el año 2021 por Sánchez-Arias *et al.* (2021a) donde se pudo determinar de forma detallada las coberturas de los bosques, lo que permitió conocer el estado del ecosistema, su trayectoria histórica, las causas que ocasionaron cambios y su dinámica actual desde una escala detallada a nivel de parroquia hasta llegar a una escala regional y nacional. 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. Por lo tanto, se enfoca particularmente hacia el Caribe Sur continental e insular, y el Lago de Maracaibo. Se centra en las especies de mangle consideradas nucleares o mangles verdaderos presentes en las costas venezolanas: *Rhizophora* sp. (mangle rojo) *Laguncularia* sp. (mangle blanco y *Avicennia* sp. (mangle negro) por estar vinculadas en sentido estricto con los humedales marino-costeros (FAO, 1994).

El presente manual pone énfasis en los conceptos que apoyan la planificación de un proceso de restauración, para asegurar los objetivos planteados de acuerdo con cada lugar, antes que

en la explicación de técnicas. Se busca con ésto, que el lector o usuario entienda integralmente el proceso de restauración. Al finalizar, debe comprender y tener claridad de la importancia de la planificación, debe poder discriminar los diferentes actores que deben integrarse al proceso de restauración, entender la importancia de 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, entre otros aspectos que asegure una mayor probabilidad de éxito.

Constituye un 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:

- marco referencial para la restauración del bosque de manglar;
- aspectos conceptuales claves para la restauración del bosque de manglar;
- marco metodológico para la restauración del bosque de manglar;
- 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 km² y la ecorregión marino-costera donde se distribuyen el bosque de manglar, representa un poco menos del 1 % del territorio nacional. Los manglares del Caribe en sus áreas continentales e insulares presentan condiciones marcadamente diferentes a la fachada Atlántica. Estas diferencias se resumen en 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.

Figura. 1. Sectores costeros donde se ubican los bosques de manglar en el Caribe Sur venezolano



PROYECTO: ECORREGIONES, PAISAJES Y ECOSISTEMAS DE VENEZUELA. ANALISIS DE LA TRANSFORMACIÓN DE ECOSISTEMAS POR EFECTO DEL CAMBIO CLIMATICO
NODO MARINO COSTERO INSULAR

Leyenda

Sectores Costeros	Hectarea (ha)	Batimetría m.b.n.m	Sub Regiones
La Guajira - Qda. La Vela	1.019.955	100	Sub-región Marina
Qda. La Vela - Caño Salado	265.723	500	Sub-región Insular
Caño Salado - Río San Esteban	130.131	1000	Territorio Nacional
Río San Esteban - Cabo Codera	15.960		
Cabo Cordera - Qda. Quebradita	207.747		
Qda. Quebradita - San Bonifacio	91.752		



SISTEMA DE REFERENCIA
Proyección: Lambert Conformal Conic
Datum: REGVEN
Composición: Carlos Pacheco y Dimas Hernández

Fuente: Carlos Pacheco y Dimas Hernández a partir de proyección Lambert.

Los manglares de la costa venezolana se ubican dentro de bahías, ciénagas, lagunas, desembocaduras de los ríos y quebradas ya sean 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).

1.2. Estado actual del bosque de manglar

De acuerdo con el estudio realizado por Sánchez-Arias *et al.* (2021a) para la elaboración del presente manual, se registra una cobertura de bosques para el Caribe Sur continental e insular, incluyendo el Lago de Maracaibo, de 56 046,09 ha (560,46 km²) distribuidos en las áreas marino costeras continentales en ocho (8) estados: Zulia (28 509,4 ha) Falcón (10 871,8 ha) Yaracuy (257,59 ha) Carabobo (778,56 ha) Aragua (65,0 ha) Miranda (8 659,57 ha) Anzoátegui (1 582,12 ha) Sucre (1 310,37 ha). Así mismo, se determina que para el estado insular de Nueva Esparta (1 887,2 ha) dependencias federales (237,2 ha) y territorio insular Miranda (1 887,28 ha).

La distribución espacial del ecosistema de manglar presenta una fuerte asociación con la dinámica físico territorial que genera la interfaz tierra-agua. Ejemplo de esto, es la distribución de los bosques en el Caribe Sur continental (Sánchez-Arias *et al.* 2021b) donde 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 tectónico 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.

El estudio demuestra como las planicies o llanuras sedimentarias inundables (A) presentan mayor cobertura de manglar con 35 984,78 ha (80,94 %) sobre los acantilados de origen tectónico (B) con 8 469,7 ha (19,06 %). De acuerdo con lo expresado en el Cuadro 1, la distribución del bosque de manglar en el gran paisaje sedimentario y tipos asociados, esta interrelacionado a los aspectos biofísicos específicos del área donde se desarrollan. En este contexto, Sánchez-Arias *et al.* 2021b, resaltan los aspectos característicos de la cobertura del bosque de manglar desde el punto de vista biofísico en el gran paisaje A.

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

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 la República Bolivariana de Venezuela, Coro y Península de Paraguaná	A1. TIPO 1	Costa baja castilletes Paraguanchón	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 Yracuy, 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 e Maguey	31,09
Superficie total con cobertura de manglar para el año 2021 en el gran paisaje A			35 984,78

Fuente: Sánchez et al. 2021b

El sector A.1. corresponde a "Costas del Golfo de Venezuela, Coro y Península de Paraguaná", constituido por sedimentos fluvio-marinos que generan una serie de planicies costeras con características diferenciales dentro de la franja climática semiárida (bioclima xérico). En esta zona, las fuerzas que modelan los patrones sedimentarios varían desde los fuertes vientos que generan dunas, corrientes marinas formadoras de 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 gran paisaje 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 al poseer: fuentes 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 (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, planicie arenosa e inundable 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 semi-árido 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 que llega alcanzar las 8 487,77 ha de manglar.

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

En cuanto cobertura actual del bosque de manglar en el gran paisaje B, costas de origen orográfico, abarca una superficie de 8 469,47 hectáreas (cuadro 2).

Cuadro 2. Cobertura actual del bosque de manglar en el gran paisaje de costas de origen tectónico

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: Sánchez et al., 2021

El sector B1 (Cuadro 2) cumple la misma condición del sector A1 (Cuadro 1) donde los planos inundables, los humedales estuarinos independiente 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 de forma exclusiva 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 coluvio-aluvial, 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, 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 relieve 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 planicie de caños abandonados y 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 el 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 los protege, 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.

Desafortunadamente, esta visión foránea que desvaloriza la conservación del ecosistema de manglar se mantiene en el momento de realizar planes de desarrollo en zonas costeras, donde el manglar es eliminado por especies foráneas (cocos, almendrones, entre otros) para obtener una mayor "belleza paisajística".

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, reserva de fauna silvestre, refugio de fauna silvestre) lo que indica que las causas de degradación pueden estar conectadas a eventos externos a las áreas protegidas, donde la medida de resguardo espacial no es suficiente para la protección del ecosistema de manglar. 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) decretadas hace menos de 15 años, como la reserva de fauna Hueque-Sauca (estado Falcón) actualmente registra una de las mayores pérdidas de bosque de manglar (superior al 95 % de su cobertura original).

En cuanto a la cobertura histórica y pérdida de los bosques de manglar en Venezuela, existe una gran variabilidad de datos, debido principalmente a las metodologías y escalas espaciales de análisis utilizadas, de acuerdo con Davalos (2012). A este respecto, Conde y Alarcón, en 1993 registran para Venezuela un total de 2 500 km², e indican que de estos, el 73,4 % corresponden a la fachada Atlántica, quedando para el Caribe y el Lago de Maracaibo un total de 665 km², si este valor se compara con el estudio actual de Sánchez *et al.* (2021) que registra 560,46 km², para el mismo territorio, se encuentra una diferencia de 104,54 km² en 29 años.

Por otro lado, si se comparan la superficie por estado, ocupada por el bosque de manglar de acuerdo con Huber y De Oliveira-Miranda (2010) con las realizadas en el estudio de Sánchez *et al.* (2021) las cifras reflejan pérdidas de cobertura de bosque de manglar que superan los resultados obtenidos de Conde y Alarcón (1993) esto, a pesar de que el estudio del 2021 incluyó bosques de manglar que, por su tamaño, no habían sido registrados para Venezuela (Cuadro 3).

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 debido a las metodologías empleadas, explicadas anteriormente, una situación que limita estimar una tasa anual de pérdida del bosque de manglar con un alto nivel de certidumbre. De ahí, deriva la importancia de tener un estudio de línea base a la escala apropiada de detalle, este estudio para poder llevar a cabo un adecuado Plan nacional de restauración.

Es así como, el análisis detallado de áreas de manglar realizado por Sánchez *et al.* (2021) empleando herramientas geomáticas determinó un total de 120 parroquias marino costeras sobre el Caribe Sur y Lago de Maracaibo, que registraban manglar para ser analizadas. Este total de parroquias, corresponden a 9 estados: Zulia, Falcón, Yaracuy, Carabobo, Aragua, Miranda, Anzoátegui, Sucre y Nueva Esparta. Adicionalmente, este estudio registra cinco localidades insulares con registro de 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 (isla la Tortuga y la Blanquilla) para un total de 125 localidades. Es importante resaltar que se pudo corroborar en campo, que por la geomorfología de costas (tipo acantilados), el archipiélago de Los Hermanos no presenta condiciones para el desarrollo de bosques de manglar.

Cuadro 3. Datos comparativos de cobertura y tendencia estimada del bosque de manglar por estado del país

Estados	Superficie en km ²		Tendencia estimada general
	Año 2010 ¹	Año 2021 ²	
Anzoátegui	13	15,8	▲
Aragua	6	0,7	▼
Carabobo	31	7,8	▼
Dependencias Federales	219	2,37	▼
Falcón	273	108,71	▼
Miranda	162	86,59	▼
Nueva Esparta	39	18,9	▼
Sucre Caribe	N.D	13,1	▼
Yaracuy	8	2,6	▼
Zulia	492	285,1	▼

Fuente: elaboración propia

Presión sobre el ecosistema de manglar

Para el diagnóstico de presión sobre los bosques de manglar del país, se tomó como referencia el índice cuantitativo de salud según Guzmán y Menéndez (2006) que parte de un modelo equiponderado; el cual se determinó a partir del cociente obtenido entre el número de tensores o presiones, identificados en cada sector, sobre el total de tensores identificados a nivel regional para la República Bolivariana de Venezuela.

El índice de complejidad, es el resultado de 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 está a punto de sobrepasar su capacidad de respuesta y amenazar la desaparición del bosque que aun sobrevive. A partir del índice obtenido, se definió la complejidad por unidad administrativa (parroquia-municipio-estado) de la presión sobre de los bosques de manglar en la República Bolivariana de Venezuela (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). Esta información también es útil en el momento de la estimación de costos y duración de un proyecto de restauración.

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 con un alto grado de presión (categoría alta y muy alta) asociados a bosques urbanos y periurbanos, sobrevivientes. Zulia por su parte presenta principalmente, una baja complejidad en términos de número de presiones, pero la zona degradada se registra hace más de tres décadas y en la actualidad presentan baja recuperación, lo que indica que el grado de presión aunque es de baja complejidad, es suficiente para detener la respuesta resiliente de los bosques afectados (caso la Tigra).

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, sobre todo si el riesgo de desaparición del bosque es alto. El territorio Insular es un ejemplo de esto, presenta una baja complejidad, ya que la mayoría de sus islas no poseen población permanente y en el caso del Archipiélago de los Roques, donde se registra población, presenta restricciones de uso, al estar bajo Régimen Especial de Protección (parque nacional). Sin embargo, se registran rodales afectados en 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 una isla. En el caso de Sucre, presenta el 88 % de sus parroquias entre las categorías bajas a media y un 12 % con una alta complejidad, en este caso, el componente social prioriza la restauración, 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 pone en evidencia la importancia de la escala espacial en el momento de ejecutar un diagnóstico para la restauración y conservación de los bosques de manglar. Por ejemplo, en cuanto al estado de riesgo de desaparición, Rodríguez, Rojas-Suárez y Giraldo (2010) 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, lo anterior puede cambiar. Mencionan, por ejemplo, que a nivel estatal sólo (2) estados, Aragua y Yaracuy, están en peligro crítico (CR) y los estados Anzoátegui, Carabobo, Dependencias Federales, Falcón, Miranda, Nueva Esparta, Trujillo y Zulia en peligro (EN). Por su parte, los estados que tienen sus costas sobre la fachada Atlántica se mantienen en la categoría de preocupación menor (LC).

Los resultados del presente estudio, también muestran que la situación a nivel estatal cambia de manera importante, al generar 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 (4) estados: Aragua, Yaracuy, Carabobo, Sucre y 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 y Lago de Maracaibo, 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 eliminado 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, Miranda con iguales porcentajes de 20 %. Por su parte, Nueva Esparta y Anzoátegui presenta un 8 % de sus parroquias. 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). 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).

Al analizar las presiones que generan pérdidas del ecosistema de manglar según Sánchez *et al.* (2021) se puede observar que 45,1 %, van de "muy alto a alto"; y que los bosques en situación de "peligro crítico" presentan un porcentaje, del 83,28 %, indicando la necesidad urgente de una acción que frene la pérdida de los bosques de manglar (Cuadro 4).

Cuadro 4. Nivel de presión registrado sobre los bosques de manglar por estado y número de parroquias

Porcentaje de parroquias de acuerdo con el nivel de presión registrado sobre los bosques de manglar de su territorio						
	#Parroquias con manglar	Complejidad muy alta	Complejidad alta	Complejidad media	Complejidad baja	Complejidad muy baja
Zulia	45	13		17	68	2
Falcón	21	30		25	45	
Yaracuy	1	100				
Carabobo	5		100			
Aragua	1					100
Miranda	5	40	60			
Anzoátegui	13	46	54			
Sucre	17	12		25	29	34
Nueva Esparta	12	8	34	8	50	
Dependencias federales	2					100
Territorio Insular	3				25	75
Venezuela (República Bolivariana de)	% Totales					
	125	22,6	22,5	6,8	19,7	28,3

Valores riesgo de desaparición en porcentaje a partir del análisis a nivel de parroquia						
	EL	CR	EN	VU	NT	LC
Zulia	2	78	20	0	0	0
Falcón	5	71	24	0	0	0
Yaracuy	0	100	0	0	0	0
Carabobo	0	100	0	0	0	0
Aragua	0	100	0	0	0	0
Miranda	0	60	20	20	0	0
Anzoátegui	0	92	8	0	0	0
Sucre	0	100	0	0	0	0
Nueva Esparta	0	92	8	0	0	0
Dependencias federales	0	100	0	0	0	0
Territorio Insular	0	75	25	0	0	0
% Totales						
Venezuela (República Bolivariana de)	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.

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, indiferente del lugar donde se realice.
- ✓ En la situación y condiciones actuales de los bosques de la zona costera, las prioridades de acción deben ser basadas a partir de las comunidades locales y la memoria de cambios integrada al componente socio económico y cultural, para lo cual un programa de formación de restauradores comunitarios se hace necesario.
- ✓ 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. Así mismo, la degradación de otros ecosistemas marinos costeros (corales, praderas de fanerógamas) que promueven procesos erosivos. deben ser incluidos en estos planes.
- ✓ Se debe tener en cuenta que todo bosque de manglar, independiente de su área posee una importancia funcional. Casos como los manglares del estado Aragua con bajas coberturas, requieren una gran atención, pues aunque están conectados funcionalmente con el Parque Nacional Henry Pittier, se presentan zonas con deterioro relacionado a manejo actual 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 debido a la belleza escénica que provee el manglar. Casos como estos se repiten a lo largo de la costa 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. Las diversas variables de presión varían a nivel de parroquia-municipio-estado de la ecorregión marino costera venezolana, por lo cual, no se puede generalizar. Para iniciar un proceso de planificación con planes y proyectos de restauración del bosque de manglar venezolano, esto debe ser tenido en cuenta.

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

Este trabajo es un insumo clave para el lector, al brindar información que le permite 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 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 ha 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. Nuestros países signatarios 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 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 ésta 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 cuentan 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; Decreto N° 623).

Existen otros instrumentos legales vinculados a la gestión y manejo del bosque de manglar asociado 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, teniendo por objeto 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 Artículo). 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 01/12/2008), 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 a 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 multiétnicidad. Y estipula que para el establecimiento, mejoramiento y fomento del 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 aumentar la superficie boscosa, el 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 hubiera ocasionado el daño, a costa del infractor.

Aspectos institucionales relevantes

La República Bolivariana de 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 puede convertir en un factor importante en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 5 Igualdad de género, ODS 13 Acción por el Clima, ODS 14 Vida Submarina y ODS 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*) de Holling (1996) citado por Gunderson *et al.* (2002), que parte de un sistema cercano a un "estado uniformemente estable" (*uniformly stable state*) en donde la resiliencia es la habilidad para retornar a dicho estado una vez a ocurrido una alteración.

El segundo significado lo citan como "resiliencia ecológica" (*ecological resilience*) 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 según Gunderson *et al.* (2002). En este caso, la resiliencia es medida como la magnitud de perturbación que puede ser absorbido antes de que el sistema redefina su estructura por cambios de variables y procesos que controlan su comportamiento.

La resiliencia en términos simples puede ser asociada a la "la capacidad inmunológica de un ecosistema".

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 auto-organizarse, contra la organización forzada por una fuerza externa; c) la capacidad para aprender y/o adaptarse como respuesta a una alteración según Carpenter *et al.* (2001). Luego, el conocimiento de los factores que obstaculizan el establecimiento del ecosistema, después de una perturbación puede contribuir al conocimiento de los mecanismos de sucesión de acuerdo con Connell y Slatyer (1977). Es así como Klijn y De Haes (1994) exponen 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 según 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) auto diseño 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 provee 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 ésta parte (punto de ataque) y posteriormente se debe evaluar, mediante diferentes métodos, la cascada de efectos que se transfieren a los niveles inferiores según 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 concluye Bertrand (1999) 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 que son 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 añade 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 embriones de acuerdo con 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", según Barry Commoner (1971). 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 km 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 areneras 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 costera (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 pueden 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 según Vega-Cendejas y Arrequín-Sánchez (2001). De acuerdo con lo anterior, es claro que al haber una perturbación se genera una cascada de efectos que afectan no solo el componente vegetal sino al conjunto de interacciones internas y externas con otros ecosistemas. Lo anterior demuestra que la restauración ecológica es una labor que trasciende más allá de la reforestación, donde es fundamental el conocimiento de las diferentes interrelaciones dadas dentro de los componentes bióticos, abióticos y ambientales del ecosistema, como un punto clave que determina el éxito en un programa de restauración y conservación, de acuerdo con Sánchez *et al.* (2009 b).

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 al 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 según 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:

- a) interrupción de los ciclos de nutrientes;
- b) estrategias adaptativas de las especies invasoras;
- c) desestabilización de sustratos.

Los mismos autores, 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 sólo tiene un valor práctico, sino que 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, según Primack *et al.* (1998).

El concepto del "régimen dinámico" (*dynamic regime*) 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, de acuerdo con Mayer y Rietkerk (2004).

Las fuerzas externas que influyen sobre los ecosistemas pueden promover cambios de regímenes de forma lenta o sorpresiva, así lo exponen 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; influyen sobre el gradiente de recursos: luz, nutrientes, espacio y otras variables relacionadas con la productividad. Por último, fijan el hidro-periodo, 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 según (Bertrand, 1999; Chen y Twiley, 1999; Davis *et al.* 2001; Feinsinger, 2004). Y, 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 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, según Lüttge (2002). 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, de acuerdo con Pannier y Fraíno (1989). 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, según Jiménez (1994). Se caracterizan por poseer raíces para su arraigamiento a suelos inestables, lenticelas o poros que translocan oxígeno del aire a al suelo ánoxico, 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, de acuerdo con 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). En correspondencia, se proponen los siguientes cinco tipos:

- Manglares de cuenca o ensenada: ubicados en las partes internas de los bosques y comunicados 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 *Avicennia germinans* (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 *Rhizophora sp.*, *Avicennia sp.* y *Laguncularia racemosa* y pueden alcanzar alturas superiores a los 18 m.
- Manglares de franja o barra: son propios de costas 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 de 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 a 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 intensa. Esta zona presenta la mayor variación en cuanto a estructura entre sitios bajo régimen climático lluvioso y seco. Este ecosistema se presenta como una cadena de especies de manglar, presentando fisonomías muy contrastadas, que se suceden desde el mar hasta la tierra. 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*. Las mismas de acuerdo con la FAO (1994) pueden clasificarse como vegetación nuclear, 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. Sólo 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). En la República Bolivariana de Venezuela se reportan seis especies de manglar: *Rhizophora mangle*, *Rhizophora harrisoni*, *Rhizophora racemosa*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*.

- Vegetación marginal o acompañante

Especies adyacentes a la vegetación nuclear de manglar; en suelos elevados, irrigados por aguas salobres o en los bordes de los salitrales. *Conocarpus erectus* L (mangle botoncillo), y el helecho *Acrostichum aureum* hace parte de este grupo.

- Vegetación marginal facultativa

Ocasionalmente asociada al manglar, pero mayormente fuera de este ambiente.

Esta distribución espacial de las especies de manglar, está determinada por la tolerancia de las especies a la salinidad y 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 según Kandasamy y Bingham (2001). La resiliencia esta relacionada con a tolerancia a los niveles de salinidad, la cual difiere dependiendo de la especie; *Rhizophora mangle* se desarrolla mejor en ambientes ligeramente salinos, pero puede formar rodales con salinidades intersticiales hasta de 55 %, pero el desarrollo es pobre. *Avicennia germinans* conforma rodales en ambientes con salinidades entre 60 y 65 % pero puede soportar salinidades mayores, como es el caso de los bosques presentes en la Laguna de la Restinga (Nueva Esparta) y bosques raquíuticos y achaparrados de estructura compleja con salinidades cercanas a 90 %. Sin embargo, se pueden encontrar bosques de gran porte de *Avicennia germinans* en salinidades menores a 5 ppt, tal es el caso de bosques relictuales (estado Miranda y Falcón).

Un aspecto importante a considerar en cuanto a la resiliencia del ecosistema de manglar esta relacionado con sus suelos. Se ha demostrado que las condiciones sitio específicas pueden modular la actividad microbiana y enzimática de los suelos de manglar, de acuerdo con Sánchez-Arias, Paolini y Rodríguez (2010) siendo reconocido que estas actividades determinan los ciclos biogeoquímicos, que aportan nutrientes al suelo y por consiguiente inciden en el tipo de desarrollo dado en los bosques. Se conoce que la actividad microbiana de los suelos de manglar está adaptada a las condiciones marino-costeras donde se desarrollan los bosques, dando valores más altos de actividad en aquellas zonas ricas en materia orgánica, pH ácidos, anóxicos, con valores de densidad aparente menor a 0,5 g/cm³, propios de áreas estuarinas con poco lavado. Los suelos saturados, minerales o pobres en materia orgánica, salinos e hipersalinos presentan bosques pocos desarrollados. En el caso de manglar se ha registrado que *Laguncularia racemosa* coloniza frecuentemente playas arenosas con baja pendiente, con inundación periódica que no supere el tamaño del pneumatoforo (aproximadamente 10 cm), y en áreas protegidas, *Avicennia germinans* puede encontrarse en zonas con contenido de arenas, arcillas, suelos mixtos y orgánicos, se desarrolla bien en suelos inundados cuya altura no supere el tamaño máximo del pneumatoforo (aproximadamente 50 cm), mientras que *Rhizophora mangle* se establece con mayor facilidad en suelos inundados, menos consolidados y con alto contenido de materia orgánica. Las tres especies son susceptibles al estancamiento. *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans* registran raíces aéreas en sus troncos, las cuales sirven de indicadoras de procesos prolongados de estancamientos que han sido superados.

En cuanto a la topografía y resiliencia, los manglares obtienen mejores desarrollos en terrenos con pequeños gradientes topográficos, que permiten la intrusión de las aguas saladas o salobres al interior de los bosques, como en el caso de grandes planicies fluvio-marinas o los estuarios y deltas de los ríos, de acuerdo con Winograd (1987). La República Bolivariana de Venezuela presenta costas bajas aptas para el desarrollo de los manglares, su distribución discontinua obedece a las condiciones geomorfológicas, tal es el caso del litoral rocoso de la zona costera central del país, así como el Archipiélago de los Hermanos, Los Monjes, donde no hay registro de manglar debido a que presentan en su totalidad costas rocosas y escarpadas donde su implantación es inviable.

Adicionalmente, esta distribución está determinada por la tolerancia de las especies a la salinidad y 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, según Kandasamy y Bingham (2001).

De acuerdo con 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) se caracteriza por una alta población dominada por *R. mangle* de porte más alto. Finalmente, el cinturón exterior 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 (SER), según 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 degradado, de acuerdo con 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, según Sánchez-Arias, Ruíz y Torrealba (2018) por ser un ecosistema que mantiene relaciones entre el mar y la tierra. Dentro del enfoque 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 están enmarcadas 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 según Murcia y Guraiguata (2014).

Planificación conceptual de una restauración

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 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 generó 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, la causa de enfermedad y 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 (interdisciplinario) y conocimiento de la comunidad (transdisciplinario).

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, historia de cambio, factores que modulan su respuesta, etc., hasta las estrategias de manejo y protección necesarias para asegurar el esfuerzo invertido.

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 biótico, abiótico y funcional. En el caso de los “bosques referencia”, 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.

Una vez integrada las causas y los efectos se determina el nivel de afectación, y de acuerdo con esto se define el objetivo principal y los 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 de Imismo 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, Parque 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.

Toda esta planificación antes expuesta fue adaptada a partir de Clewell, Rieger y Munro (2005).

Desarrollo del plan de restauración

Una vez se tiene el modelo conceptual, sigue el desarrollo del plan de restauración, en el cual, 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. Los modelos productivos deben implicar la necesidad de conservar el ecosistema de manglar.

El plan debe incluir la búsqueda, la elaboración fichas de acuerdo con las exigencias del ente financiador, el tipo de contratos y pagos requeridos considerando 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 determinan la meta a alcanzar.

El éxito de restaurar un ecosistema dependerá de gran cantidad de conocimientos: la historia de cambios vinculado al estado del ecosistema antes y después del disturbio, el grado de alteración de la hidrología, la geomorfología y los suelos, la determinación de las causas por las cuales se generó el daño; la estructura, composición y funcionamiento del ecosistema preexistente o de referencia, la información acerca de las condiciones socio ambientales locales y regionales. La "historia clínica del ecosistema" resume información preliminar que sirve de guía para profundizar temas relacionados con el desarrollo del modelo planteado bajo la condición específica de área a restaurar.

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

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

- **Información espacial sobre el bosque degradado y de referencia**

Al iniciar la construcción del modelo es importante tener las ubicaciones georeferenciadas

de los bosques e imágenes gráficas, que servirán como guías del desarrollo del proyecto, las mismas deben estar geo posicionadas, de modo que se puedan comparar las Imágenes del antes y el después según Clewell, 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 fotografías aéreas históricas que muestran el estado anterior a la perturbación y los eventos de perturbación son útiles. Las imágenes satélites pueden ser una buena referencia si la escala espacial es la adecuada (el bosque debe tener un área mayor de 3 píxeles 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.

- **Identificación de actores**

Se deben identificar y vincular los actores directos e indirectos relacionados con el área a restaurar y estipular su tipo de participación.

La participación de las comunidades locales, constituye la mayor fortaleza de un proyecto de restauración. Por este motivo se hace parte de las tareas preliminares contactarlos e integrarlos. 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 organizaciones que hacen vida en las zonas privadas y públicas.

- **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 un personal de campo entrenado para el desarrollo de la restauración. Idealmente deben 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 ser aplicados 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. Y las responsabilidades individuales deben ser determinadas de manera colectiva, estableciendo un orden en cuanto al nivel de autoridad que le corresponde a cada miembro de acuerdo con Murcia y Guariguata (2014).

- **Definir los alcances**

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.

- **Definir requerimientos**

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 debe 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 situación actual del ecosistema, causas que generaron su deterioro, sus efectos y los beneficios esperados asociados a la restauración).

- **Divulgación sobre importancia del proyecto y los beneficios de una restauración**

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

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

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.

- **El desarrollo del modelo dependerá de los aspectos que de tienen 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 (uno a cinco 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 de acuerdo con 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 o el 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 auto sostenible al mismo grado que su ecosistema de referencia y tiene el potencial de persistir indefinidamente bajo las condiciones ambientales existentes.

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. Indica que esto requiere del conocimiento de cómo la estructura y las funciones responden ante los cambios del lugar en términos de la hidrología, topografía, y 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, balance de energía, distribución del calor, donde el clima es determinante, resultando en respuestas diferentes en cuanto a la bioquímica del sistema, de acuerdo con Talling (2001). Estos aspectos han sido referenciados desde hace varias décadas. Así lo exponen Lugo y Snedaker (1974) quienes 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 el "paciente", sus conexiones funcionales, su historia de vida, entre otros aspectos claves del ecosistema, por lo tanto la "historia clínica del ecosistema" debe ser aplicada como mecanismo para entender su estado actual y su historia.



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 dos pasos:

Paso 1: Identificación del ecosistema

Es una imagenografía actual del sistema, incluye la delimitación de la zona afectada, el cálculo de su área (ha, km²) caracterización a escala de sitio o lugar donde se ubica el bosque degradado (tipo de ecosistema, composición, estructura, descripción 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 sea esquemáticos (mapas comunitarios) o cartográficos que ayudan 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 planilla de la historia clínica del ecosistema

La planilla que conforma la “historia 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:

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.

- 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 Google Earth, Xantex, etc. Es importante registrar en la planilla la información político territorial ya que a partir de ésta se pueden ubicar los actores institucionales que pueden estar relacionados con el proceso de restauración. El área aproximada expresada en 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.

En esta parte de la "historia 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 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 más de 5 km y menos de 10 km, tiene posibilidad de expansión, aunque es limitada por obras de infraestructura;
- SS (semi-silvestre): 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;
- S (silvestre): 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).

Cuadro 6. Identificación – escala regional

Información a escala regional				
Unidad geomorfológica	bioclima	geología	formas de relieve	suelos o drenajes

Fuente: elaboración propia.

Unidad geomorfológica

En este apartado se debe identificar y describir la unidad geomorfológica que ocupa el ecosistema objetivo.

En la ecorregión correspondiente al Lago de Maracaibo Medina y Barboza (2003) reconocen cinco sectores específicos para bosques de manglar (III,IV,V,VI.VII).

En el Caribe venezolano continental (Subregión Costera Continental) se registran dos grandes paisajes: planicies o llanuras sedimentarias (inundables o no) y acantilados de origen tectónico. Destacando, si el mismo se encuentra de manera particular en alguna de las siguientes posiciones geomorfológica:

- 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);
- A3) Costas de Barlovento y Barcelona (desde Cabo Codera hasta Quebrada la Quebradita).

Los relieves de origen tectónico, están conformando series de acantilados costeros rocosos o terrígenos (sedimentarios) que están interrumpidos por bahías, ensenadas, abanicos aluviales o combinaciones de estos, según 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);
- B3) Costas de la Cordillera Oriental (desde la Qda. Quebradita hasta Punta Narizona en el Promontorio de Paria (estado Sucre).

A partir de estos sectores, se definen 41 unidades ecológicas de paisaje.

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, 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 de acuerdo con Naveda (2014).

Bioclima

Consiste en describir o 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 refiere Indican 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.

3.3. Información a escala ecológica

En el ecosistema de manglar según Twiley y Rivera-Monroy (2005) indican 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).

Cuadro 7. Escala ecológica

Información a escala ecológica				
Tipos Fisiográfico (B,C,E,R,S)	Hidrografía	Composición del bosque de manglar:	Relaciones bióticas (niveles tróficos, especies asociadas)	Conectividad
		Especies observadas		Otros ecosistemas Marinos- costeros- 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 Lugo y 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, en caso de no tener ningún estudio, deben levantarse algunos, ya sea por el método de parcelas o por cuadrantes centrados en punto, según 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 macro fauna del suelo (poliquetos, micro-crustáceos, etc.). Estas relaciones muestran el nivel de complejidad del bosque a analizar.

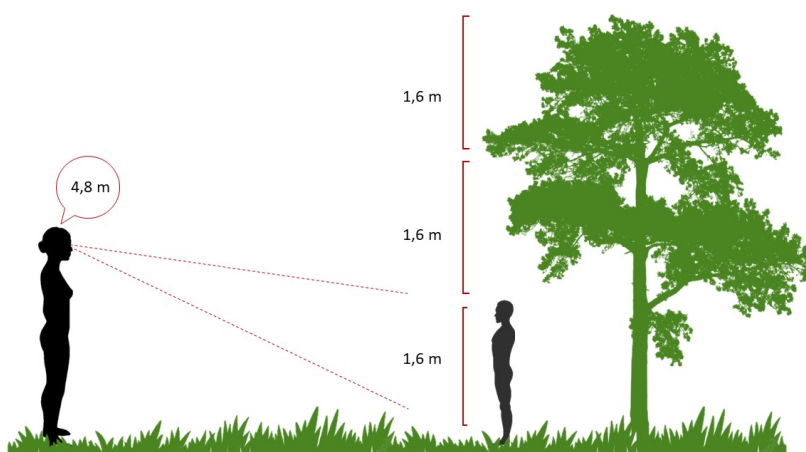
Conectividad con otros ecosistemas

Dentro de la unidad de paisaje, según 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 la altura como el DAP. Si se quiere tener una primera aproximación se puede determinar en campo el o los individuos (s) 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).

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 (diámetro a la altura de pecho) en árboles de manglar (Brinzal: de 2,5 a 5 cm, Latizal: 5,1 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 ha (10 000 m²) mientras que cuando se discrimina por especie se refiere a la densidad relativa.

Estas variables permiten analizar que especie es la dominante y en qué proporción.

Una especie influye en el bosque, así mismo aporta una noción de las características del régimen hídrico y de los suelos.

Número de individuos muertos/ha

Se determina a partir del conteo de individuos muertos en una parcela (10 x 10 m² o 20 x 20 m²) 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.

3.4 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 cms profundidad	Valor densidad aparente (mínimo 5 cms)	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 (A1-A4; B1-B2)		Periodo de inundación Según Clasif. Hans, ⁴ s	Altura de Columna de agua	Tipo de flujos presentes
	Nivel freático (cm) Hora: Marea:		Tiempo llenado flujo (30 cms) Hora: Marea:	Altura máxima de pneumatoforos	Presencia de raíces zancudas en: <i>Avicenniagerminans</i> / <i>Langulariaracemosa</i>
Tipos de Fuente de agua	Cercanía de Fuente agua dulce	Número 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 pedogénico (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:

- ✓ **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/cm³ 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 5cm, y un diámetro de 2-3 pulgadas.

- ✓ 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 identificado. Posterior a esto, se lleva a campo para su utilización.
- ✓ El mismo 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 aluminio o plástico y se ubica 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).

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 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 x altura del cilindro

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

$$\text{Área del cilindro} = \pi r^2$$

Los datos son expresados en g/cm³

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 periodos 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 el suelo expresado en %, después de secar y alcanzar un peso constante. Se recomienda tomar la muestra en baja mar. Se halla a partir de:

Formula Humedad en % = $(\text{peso inicial} - \text{peso final}) * 100 / \text{peso inicial}$

- **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 homogenizan y 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, se realiza 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 periodo 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 l. En caso de tener una sonda multi-paramétrica, 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).
- **Hidroperiodo:** 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, según FAO (1994). A partir de la misma se puede determinar la dominancia marina o de agua dulce del área estudiada.
- **Periodo de inundación:** se puede realizar a través de la clasificación de Hans en FAO (1994) quien 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 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:** distancia tanto a fuente de agua dulce, 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 micro topografía del área, los cuales sólo son visibles en pujas mareales (máximos y mínimos), estos canales se encargan de distribuir el agua por todas las zonas, por lo que son muy importantes de identificar 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 mini canales de intercambio que se encuentra 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 puede quedar estancadas las aguas en estas depresiones y producir deterioro.

Paso 2: historia de cambio

Recopila a diferentes escalas espaciales y temporales el registro de cambios y para poder determinar las causas que han ocasionado perturbación tanto naturales como antropogénicas. Se determina la dimensión espacial de la causa de afectación (demarcando 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 que 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 siempre la misma debe ser corroborada a través de la memoria local.

Diagnosticando al paciente

Para poder determinar las causas históricas que han generado cambio es importante identificar 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 tiene 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 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. Por ejemplo, la degradación de cuencas (causa), se asocia a procesos de sedimentación (efecto) que a su vez puede generar estancamiento (efecto).

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

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

- **Cambios en la fuente primaria de agua, (mareas, lagunas, ríos 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 hidroperiodo:** 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 fotosíntesis:** 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 eliminan 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 degradación de cuencas, la minería, la inundación causada desviación de ríos 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, según Sánchez-Arias (2009a). Igualmente, al secarse estos suelos en época seca, normalmente se compactan rompiendo las raíces de las cohortes recién implantadas impidiendo que haya una regeneración natural.
- **Cambios que causan afectaciones en el metabolismo de las plantas (temperatura, sustancias tóxicas):** normalmente este tipo de cambios van relacionados a vertidos de aguas negras, 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 e insulares de diferentes países según (Pérez-Carrera, Moscuza y Fernández-Cirelli, 2008; Osland *et al.* 2018, Sánchez-Arias, Ruiz y Torrealba, 2018, Guzmán, 2020) y 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).

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.	Sobre-explotación productos
6.	Competencia/invasoras
7.	Presencia de bosques periurbanos o urbanos (*)
8.	Construcción infraestructura marina
9.	Vertimiento o basuras
10.	Cambio climático (inundaciones, aridez, etc)
11.	Avance de la frontera agrícola
12.	Desarrollos urbanísticos
13.	Ganadería o 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.

Variables que deben considerarse para la determinación de la importancia de los impactos o efectos causados:

- 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, teniendo 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 simple.
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 manifestación del efecto.

Para la determinación del valor de Importancia, se debe discriminar el peso de cada variable. Una vez determinadas 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 se deben analizar 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 No acumulativo	1 4
Media	2		
Alta	4		
Muy alta	8		
3.Extensión		8.Efecto	
Puntual	1	Indirecto (secundario) Directo	1 4
Parcial	2		
Extenso	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
IMPORTANCIA (I) (Equiponderado) *			
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.

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 debe 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 e institucionales necesarios para la restauración

Siempre se debe tener presente la identificación e incorporación 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 tiene los relacionados con la administración política territorial y las instituciones del gobierno vinculadas a la conservación, al manejo de zonas costeras y a planes de desarrollo como el turismo, comercio, etc.

Muchas de las labores de restauración requieren de mitigar 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, o represas donde se requiere un manejo especial que asegure periodos 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 que para un mismo sistema lagunar varios municipios que comparten responsabilidad, en estos casos se deben integrar todos los responsables. Así mismo en áreas donde hay desarrollo turístico, es importante vincular a la empresa privada, explicarles las razones del proyecto e invitarles 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 es determinar los alcances para definir hasta donde se puede abarcar.

Todo va a depender de la discriminación de causas principales de deterioro vinculados 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 cuantas 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 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 se cumplan los atributos de un ecosistema restaurado, según 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 permite 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 hay señales de disfunción.
- ✓ Que se integre adecuadamente con la matriz ecológico 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 auto sostenible 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 para causas?

El plan de mitigación de causa 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 menor importancia y se ordenarán de acuerdo con la escala espacial de impacto (regional, ecológica, local) según el tiempo de vigencia (históricas, actuales).

De acuerdo con el resultado obtenido, se determinará si las acciones de mitigación que van vinculadas las causas analizadas responden a decisiones de manejo, capacitación y 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) según 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 busca 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 encuentra cercanas a las zonas que presenta deterioro pero que han sido resilientes y presentan un buen estado de salud.

Para poder escoger un área de referencia o control en áreas de manglar, se debe asegurar que posea 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, van determinados por el periodo 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.

Y la evaluación de la respuesta dada por la regeneración inducida en periodos 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 indicadores relacionados con respuesta 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, es un indicador de la capacidad de auto reconstrucción 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 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, 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 facilita la recirculación de nutrientes como parte de la integridad del ecosistema, según 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 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 al bosque de referencia.
- El marco debe focalizarse a las características iniciales del bosque y las 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 aquellas variables que caracterizan el hidropereodo a partir de los índices evaluados en la historia clínica del ecosistema, periodicidad de inundación, salinidad en periodo seco, salinidad en periodo 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 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. La respuesta dada 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 (historia 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, de acuerdo con 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 hidropereodo de las áreas degradadas, así mismo en el cambio de las características de los suelos, la implantación exitosa de los embriones y en la llegada de organismos de diferentes niveles tróficos.

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

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

- Número de infraestructura 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 actividades.
- Eventos de concertación (actores que asistieron, resultados obtenidos).
- Investigación/ 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 continua o si las actividades transformadoras se suspendieron (2) evaluar las condiciones iniciales del ecosistema con respecto a sus atributos y a su contexto paisajista 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 historia clínica del ecosistema, la cual se convierte en la línea de partida de la restauración, según Murcia y Guariguata (2014).

Las acciones de restauración típicamente abarcan un periodo 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 periodos 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.

Esta 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 principalmente van dirigidas 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 se ha hecho la "historia clínica del ecosistema" es decir, una vez se tiene información sobre la evaluación de la fuente, y se conoce el estado de los canales principales, secundarios y complementarios, entre otros aspectos relevante para la toma de decisiones.

Activación de canales de intercambio mareal

A partir de la "historia 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, se saca 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 periodo seco (Figura 4).

Figura 4. Restauración de la dinámica a partir de la activación de canales secundarios



Las recomendaciones para limpiar el canal primario, es 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 deberán remover todo el material que se encuentran en el fondo del canal.

El suelo que es retirado del fondo del canal, se acomodará en 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 por lo general tienen de 30 a 50 cm de ancho y una profundidad máxima de 50 cm que va disminuyendo a medida que se acerca a la zona, pero estas dimensiones pueden variar de acuerdo con la topografía, se debe seguir la marca del agua para no propiciar áreas estancadas.

Una vez el canal ha llegado al perímetro del área degradada, se deberán 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 hidropereodo de la zona a restaurar (Figura 5).

Figura 5. Canal recuperado



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 hidropериодо adecuado a la nueva condición, y esto implica integrar una red de canales suplementarios creados para promoción de la dinámica de recambio al interior de los bosques degradados 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 camino de acceso y así evitar que los canales internos sean afectados.

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 hidropериодо 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 terrestres, o por causas naturales (un 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 (Figura 4) proporciona ambientes de protección marino costera, al fortalecer la barra en dirección tierra-mar. Su aplicación es ideal como medidas de adaptación basada en ecosistema para la mitigación a 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 m 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 m de largo, separadas entre sí por 1 o 2 m. 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.

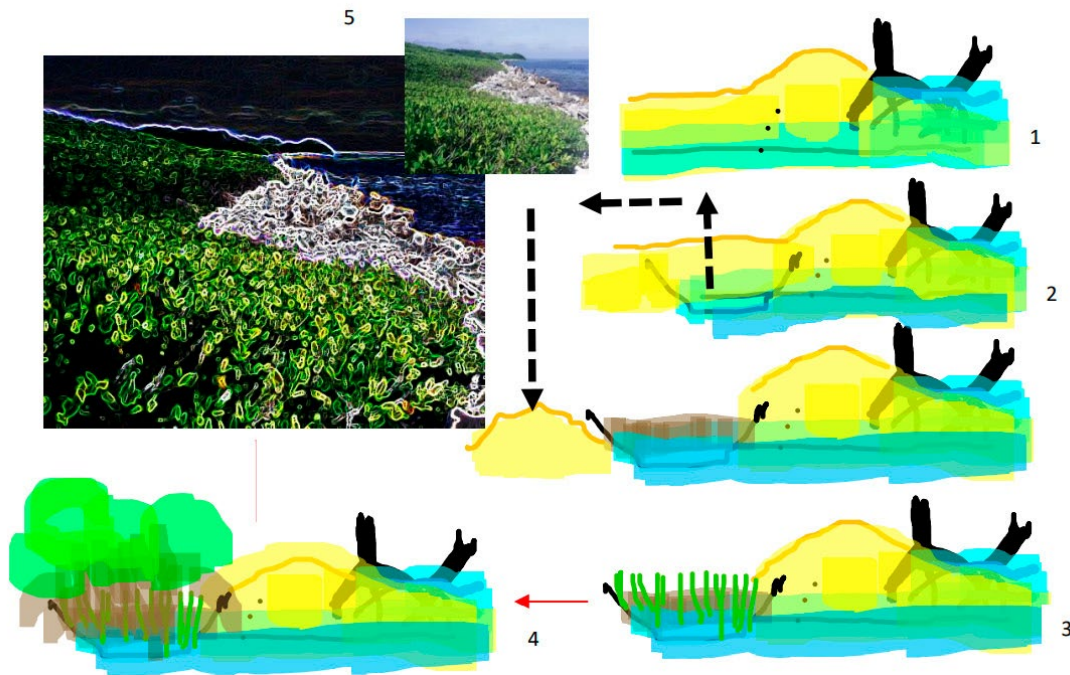
El principio fundamental que consolida la implantación, es asegurar la profundidad necesaria de la excavación de la trinchera hasta llegar al nivel freático en bajamar. Si no se tiene en cuenta el tipo de marea vigente en el momento de la excavación se pueden cometer errores de cálculo que ponen en riesgo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

Una vez 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, de acuerdo con Sánchez-Arias (2009b).

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 el periodo de máxima y mínima mareal. En periodo 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 *Rhizophora* sp. 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 *Rhizophora* sp. con embriones de *germinans*, generalmente (3:1), la proporción sin embargo siempre debe obedecer a las condiciones sitio-específicas y las características del bosque afectado.

Figura 6. 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 a nivel freático. 3. Excavación realizada con aporte de capa orgánica e Implantación 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, 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 que 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 l cortados por la mitad, los cuales han sido pintados o cubiertos con papel aluminio para evitar que le entre luz a las raíces.

Después de esto se prepara agua enriquecida (1 l de agua por 5 cc de fertilizante mayores y menores) y se agrega unos tres cm de altura en cada recipiente. Posterior a esto, 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 la plúmula emerge están listos para ser trasplantados.

- *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 se llega a la zona de activación, se sumergen en recipientes de 20 l llenos de agua dulce, con 10 ml de agua con aceite mineral y se espera una a dos horas.

Posterior a esto se hace la prueba del pericarpio 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 7). 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. Posterior a esto, 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 tres embriones, y bajo una densidad de 25 puntos por m², o tirar los embriones sobre la superficie tratando de que su distribuidos de manera homogénea.

Figura 7. A Embriones en buen estado de salud de *A. germinans*. B. Eliminando el pericarpio de los embriones. C. 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 dos 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, se hace recambio de agua a diario.

Este proceso dura de cuatro a seis 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 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, siguiendo el patrón de una regeneración 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 periodo de lluvias. En época de pleno verano no es conveniente porque la resequedad afecta la implantación, tampoco en pleno periodo de lluvia porque los embriones son arrastrados impidiendo su implantación.

Para esto se parte de una zona que ha recuperado su dinámica hídrica y sus suelos, pero 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 lo que 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.

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 para asegurar una distribución más homogénea.

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

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

4.3. Acciones para la eliminación o mitigación de causas de deterioro del manglar

Es importante anotar que, 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 socio ambiental. 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).

Es importante saber que cuando no se puede 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 eco ingeniería como una alternativa al desarrollo destructivo. Así mismo se deben dar alternativas socio productivas 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 debe 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 definir las fuentes de agua se deben caracterizar en términos de su salinidad, su volumen y 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 hidropereodo 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 hidroperiodo

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

Para la eliminación o 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 hidroperiodo (dragado, rellenos, aterramientos, creación de canales de navegación) y determinar la distancia entre los mismos 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

Creación de mapa hídrico

Se ubican espacialmente los canales primarios, flujos libres, laminares y su superficial identificados previamente en la historia clínica, se determina la dirección del flujo de acuerdo con la marea y se georeferencian 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 micro dinámica que regula la distribución del agua dentro del bosque. Esta micro dinámica es muy importante, ya que es la que asegura que el humedal no tenga un desarrollo limitado.

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

Para esto, se toma la información obtenida en la "historia 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 diferente tipo de mareas siempre y cuando se anote la hora y día de la medición, sin embargo, las pujas mareales (máximos 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 este activo independiente de las mareas.

Para determinar los flujos secundarios y complementarios (visibles solo cuando hay llenado o vaciado por mareas) se debe estipular un día donde se registre 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 8).

Figura 8. Dinámica de mareas a través de una aplicación

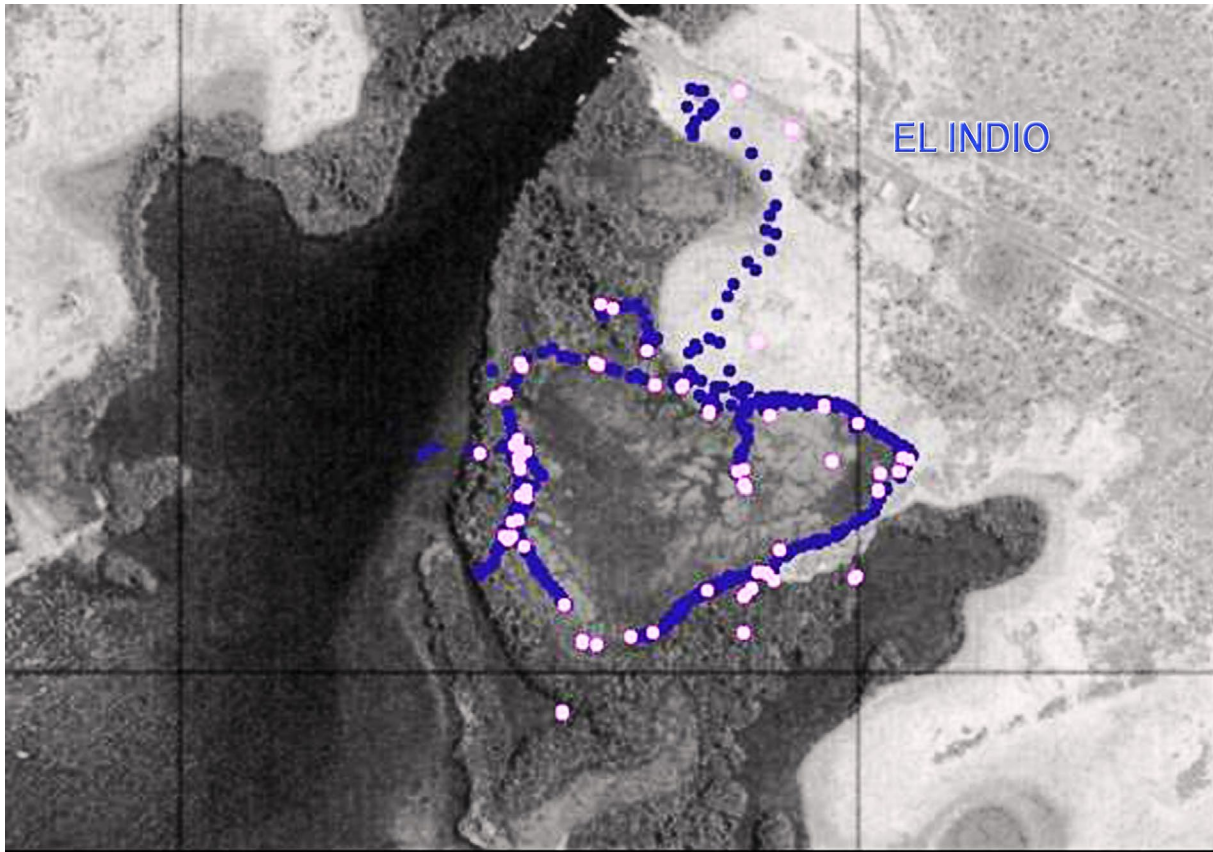


Fuente: elaboración propia.

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 señalizado y en caso de tener GPS debe ser marcado a través de puntos o con la función (TRACK) Figura 9.

La técnica de seguir la marca de los sólidos suspendidos en el agua, también ha sido utilizado ancestralmente por la gente del manglar para ubicar las corrientes internas de acuerdo con 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 9. Ejemplo de señalización de flujos a partir del método explicado. Puntos rosados donde se hizo remoción de fondo para seguir 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 degradadas, 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 degradadas. 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 cercanos 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, 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 micro topografía 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 fotosíntesis

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 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 micro relieve que favorece la implantación. Así mismo al suelo se puede mezclar turba de manglar (fibrist) extraído de la reactivación de canales como inóculo de micro fauna 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 puede 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 des-arraigamiento en casos de tormentas. Si el bosque degradado era mixto, se puede entremezclar en los espacios libres, individuos de *A.germinans*, o *L.racemosa*, esta competencia inducida ayuda a acelerar el crecimiento de los individuos y se crean sinergias a nivel del suelo.

Ante de aplicar la competencia inducida se debe consultar la historia clínica de ecosistema tanto para el área degradada como para el bosque de referencia.

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 naturales o a un evento nunca registrado debido a causas antropogénicas.

4.8. Acciones de eliminación o mitigaciones relacionadas con la pérdida del suelo por erosión

Se debe determinar si los efectos pueden revertirse o la causa eliminarse. 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) según Guzmán (2020). En todos los casos se deben definir las corrientes locales y a partir de esto determinar la forma y dirección de la barrera.

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 misma debe ser aislada y eliminada del sistema antes de realizar cualquier labor de remediación. En derrames de hidrocarburo, lo primero es detener la llega 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 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 donde 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 sobre la raíz es continua, significa que la mancha entro y se acumuló en el lugar por un periodo de tiempo, antes de salir. Si la mancha queda atrapada en el interior del bosque y es localizada debe ser recogida con mantos absorbentes colocados sobre la marca máxima de marea, evitando que el manto interrumpa en flujo, 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 hora donde la mancha va a estar cerca al 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 ha salido el hidrocarburo, se debe alejar de las áreas de manglar para evitar que penetre de nuevo por lo que se debe tener barreras superficiales que encierren la mancha y que permitan su recolección mediante desnatadores. En ningún caso se debe emplear dispersante.

La premisa más importante de las labores de contingencia de un derrame en bosques de manglar, 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 lo que 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 debe realizar mejoras a partir de la mezcla de suelos de manglar (fibrist) 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, sedimentos) 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.

- **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



Aburto-Oropeza, O., Ezcurra, E., Danemann, G., Valdez, V., Murray, J., Sala, E. 2008. *The National Academy of Sciences of the USA Mangroves in the Gulf of California increase fishery yields*. PNA.

Alongi, Daniel M. 2002. Estado actual y futuro de los bosques de manglares del mundo. *Environmental Conservation* 29, nro: 3. [Consultado: 20 de enero de 2022]. <https://doi.org/10.1017/S0376892902000231>.

Alongi, Daniel M. 2008. Bosques de manglares: Resiliencia, protección contra los tsunamis y respuestas al cambio climático global. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 76, no. 1. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.08.024>.

Bertrand, Frédéric. 1999. Dinámica de los manglares en la zona de Rivières du Sud, África Occidental: un enfoque ecogeográfico. *Hydrobiologia*. [Consultado: 20 de marzo de 2022]. <https://doi.org/10.1023/A:1003851112629>.

Chen, Ronghua y Roberto 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*. <https://doi.org/10.1007/BF00993000>.

Clewell, Andre F. y James Aronson. 2013. *Restauración ecológica*. 2da. Edición: Principios, valores y estructura de una profesión emergente. Washington, DC: Island Press.

Clewell, Andre, John Rieger y John Munro. 2005. *Directrices para la elaboración y gestión de proyectos de restauración ecológica*. 2da. Edición. Tucson: Society for Ecological Restoration International (SER). [Consultado: enero de 2022]. www.ctahr.hawaii.edu/littonc/PDFs/682_SERGuidelines.pdf.

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*. Okinawa (Japón: International Society for Mangrove Ecosystems).

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. *The American Naturalist*. <https://doi.org/10.1086/283241>.

Davis, A. J., Holloway, J. D., Huijbregts, H., Krikken, J., Kirk-Spriggs, A. H., & Sutton, S. L. 2001. Los escarabajos peloteros como indicadores de cambio en los bosques del norte de Borneo. *Journal of applied ecology*. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2001.00619.x>.

Dávalos, A. L. 2010. *Distribución geográfica contemporánea de los manglares en la Costa Caribe de Venezuela*. Tesis de Maestría, Caracas. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas.

FAO. 1994. *Directrices para la gestión de los manglares*. Roma. [Consultado: 14 de febrero de 2021]. www.archive.org/stream/mangroveforestma034845mbp#page/n1/mode/2up.

Feinsinger, Peter. 2004. *El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad*. Santa Cruz de la Sierra (Bolivia: FAN-Bolivia).

Grosso, J. L., R. Restrepo, Luz 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, nro. 2*. [Consultado: 12 de diciembre de 2021]. www.scielo.org.co/pdf/ctyf/v1n2/v1n2a05.pdf.

Gunderson, Lance H. y Crawford Stanley Holling, dirs. 2002. *Panarquía: comprender las transformaciones en los sistemas humanos y naturales*. Washington D. C. Island press.

Guzmán M., José 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., José M. y Menéndez, Leda, dirs. 2006. *El ecosistema de manglar en el archipiélago Cubano. Estudios y experiencias enfocados a su gestión*. La Habana. Editorial Academia.

Huber, Otto y Rosa De Oliveira-Miranda. 2010. *Libro Rojo de los Ecosistemas Terrestres de Venezuela*. Caracas: Provita, Shell Venezuela, Lenovo.

Imbert, Daniel. 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, nro. 273*. <https://hal.univ-antilles.fr/hal-01964320/document>.

Kandasamy, Kathiresan y Brian Bingham. 2001. Biología de los manglares y de los ecosistemas de manglares. *Advances in Marine Biology 40*. [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(0140003-4\)](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(0140003-4)).

Klijn, F. y De Haes, Helias. 1994. *Un enfoque jerárquico de los ecosistemas y sus implicaciones para la clasificación ecológica del suelo*. LandscapeEcology. <https://doi.org/10.1007/BF00124376>.

Lacerda, Luiz 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, nro. 3*. <https://doi.org/10.2307/2388783>.

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*. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2012.0295>.

Lugo, Ariel y Samuel Snedaker. 1974. La ecología del manglar. *Annual Review of Ecology and Systematics*. <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.

Mayer, Audrey L. y Max Rietkerk. 2004. El concepto de régimen dinámico para la gestión de los ecosistemas y restauración de ecosistemas. *BioScience*. [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).

Medina, Ernesto y Flora Barboza. 2003. Manglares del sistema del Lago de Maracaibo: caracterización fisiográfica y ecológica. *Ecotrópicos 16, nro. 2*. <http://bdigital.ula.ve/storage/pdf/ecotro/v16n2/articulo3.pdf>.

Medina, Ernesto y Flora Barboza. 2006. *Lagunas costeras del Lago de Maracaibo: distribución, estatus y perspectivas de conservación.* Maracaibo. *Ecotrópicos.*

Murcia, Carolina y Manuel Guariguata. 2014. *La restauración ecológica en Colombia: Tendencias, necesidades y oportunidades.* Bogor, Indonesia. CIFOR.

Naveda S., Jorge 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. [Consultado: 16 de septiembre de 2021]. www.academia.edu/41196171_corregiones_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.

Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT). 2022. *Plan de acción estratégico de la OIMT 2022–2026.* Serie de políticas forestales nro. 25. Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT). Yokohama, Japón.

Osland, Michael, Laura Feher, Jorge López-Portillo, Richard Day, Daniel Suman, José Manuel Guzmán Menéndez, Víctor 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 Scienc.* <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.09.006>.

Pannier, Federico y Rosario Fraíno de Pannier. 1989. *Manglares de Venezuela.* Caracas: Cuadernos Lagoven.

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, nro. 1. [Consultado: 19 de enero de 2022]. www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/108.

Primack, Richard, Ricardo Rozzi, Peter Feinsinger, Rodolfo Dirzo y Francisca Massard. 2001. Establecimiento de áreas protegidas. *Fundamentos de conservación biológica. Perspectivas Latinoamericanas.* México. Fondo de Cultura Económica.

Primack, Richard, Ricardo Rozzi, Peter Feinsinger, Rodolfo Dirzo y Francisca Massard. 1998. *Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas Latinoamericanas.* México. Fondo de Cultura Económica.

Rapport, David J. y Walter G. Whitford. 1999. Cómo responden los ecosistemas al estrés: Propiedades comunes de los sistemas áridos y acuáticos. *BioScience* 49. <https://doi.org/10.2307/1313509>.

RED ARA. 2011. *Aportes para un diagnóstico de la problemática ambiental de Venezuela. La visión de la Red ARA.* www.civilisac.org/civilis/wp-content/uploads/aportes-para-un-diagn%C3%B3stico-ambiental-red-ara-2011-1.pdf.

Rodríguez, Jon P., Franklin Rojas-Suárez y Diego Giraldo H., dirs. 2010. *Libro Rojo de los Ecosistemas Terrestres de Venezuela.* Caracas, Venezuela: Provita, Shell Venezuela, Lenovo.

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. [www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD171%2091/pd17191p11%20Rev1\(F%20s.pdf](http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD171%2091/pd17191p11%20Rev1(F%20s.pdf)).

Sánchez-Arias, Luz E., Jorge Paolini y Jon 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, nro. 2. [Consultado: 14 de noviembre de 2021]. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44918838002>.

Sánchez-Arias, L., Ruiz, A., Martin, G. Torrealba, Y., Bermudez, K. 2021 (a. *Estudio del estado actual de los bosques de manglar en Venezuela*. Caracas. Documento de uso interno del proyecto "Ordenación forestal sustentable y conservación de bosques en la perspectiva ecosocial"-GCP/VEN/011/GFF.

Sánchez-Arias, L., Ruiz, A., Martin, G. 2021 (b. *Distribución espacial de bosques de manglar integrado al paisaje físico natural y socio-ecológico en Venezuela (ecorregión marino-costera-insular/ Subregión costera continental)*. Documento en proceso de revisión para ser publicado en la Revista Forestal Venezolana. Mérida-República Bolivariana de Venezuela.

Sánchez-Arias, Luz E., Ruiz, A., Torrealba, Y. 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*. La Habana. Editorial Instituto de Oceanología.

Scheffer, Marten, Steve Carpenter, Jonathan Foley, Carl Folke, y Brian Walker. 2001. Cambios catastróficos en los ecosistemas. *Nature* 413 (11 de octubre).

Talling, P. J. 2001. Sobre la distribución de frecuencias del espesor de las turbiditas. *Sedimentology* 48, no. 6.

Twilley, Robert R., y Víctor 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. [Consultado: 13 de septiembre de 2021]. www.jstor.org/stable/25736617.

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. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(0000421-X](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(0000421-X).

Winograd, M. 1987. *Manglares de Colombia: Características biológicas y económicas*. Gaussonia, nro. 3. Bogotá.

Wikipedia. 2023. *Barry Commoner, Ecología 1971*. [Consultado: 13 enero de 2021]. https://es.wikipedia.org/wiki/Barry_Commoner.



Glosario



Actividad enzimática	El proceso de mineralización de nutrientes depende no sólo 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, carbono, nitrógeno y 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 arboles perennes 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 y 5,0 cm.
Bosque urbano	Registra un 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.
Bosque periurbano	Registra un centro poblado a mas de 5 km y menos de 10 km, tiene posibilidad de expansión, aunque es limitada por obras de infraestructura.
Bosque semisilvestre	Registra un 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.
Bosque silvestre	Registra un centro poblado a más de 100 km sin asentamientos a menos de 5 km, ni obras de infraestructura.
Chorreras	Minicanales de dispersión hídrica al interior de los bosques de manglar definidos por la micro topografía, actúan como canales suplementarios.
Conchales	Es un sitio arqueológico se compone por una acumulación de restos de conchas producto de la actividad humana del pasado.

Conectividad funcional	Serie de procesos espacio-temporales que determinan la funcionalidad de un ecosistema.
Condición edafo climática	Se refiere al estado del suelo y el tipo de clima que se registra en un territorio determinado.
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) y (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 pretende 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" es 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 a 15,1 cm.
Geomorfología	Estudio de las formas de la tierra.
Geo-referenciación	Se refiere al uso de coordenadas de mapa para asignar una ubicación espacial en un mapa.
Historia 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	Arboles de mangle en una categoría diamétrica entre 5,1 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 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 cuantificable 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 relacionadas con las especies claves, estructuras tróficas, flujo de energía y retroalimentación interna que mantiene 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 auto organizarse, 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 la rodea.
Sensores remotos	Instrumentos para la captación de información a distancia (satélites, drones, etc).
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).
Servicios ecosistémicos	Procesos ecológicos de los cuales se benefician los seres humanos.
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 de 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 hidroperiodo).
Unidad de paisaje	Delimitación de una porción del territorio con un vínculo visual y estructura definida.
Unidad geomorfológica	Se define como una geo forma individual pero genéticamente homogénea.
Vegetación marginal (VM)	Especies adyacentes a la vegetación nuclear de manglar; en suelos elevados, irrigados por aguas salobres o en los bordes de los salitrales.
Vegetación marginal facultativa (VMF)	Ocasionalmente asociada al manglar, pero mayormente fuera de este ambiente.
Vegetación nuclear (VN)	Especies tradicionalmente reconocidas como verdaderos manglares (<i>Rhizophora</i> sp. <i>Avicennia</i> sp. <i>Laguncularia</i> sp.) y distribución completamente ligada a la influencia del agua de mar.



ISBN 978-92-5-138220-2



9 789251 382202

CC8084ES/1/10.23

Representación de la FAO en la República Bolivariana de Venezuela
fao-ve@fao.org
www.fao.org/venezuela/es/
@FAO_Venezuela

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
Caracas, República Bolivariana de Venezuela