

Ajuste y actualización del plan básico de restauración de manglar Sector Caño Clarín, Km 22, en la Ciénaga Grande de Santa Marta

PRY-CAM-011-23

Convenio Interadministrativo 924 de 2023



Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras

“José Benito Vives de Andrés” - INVEMAR

Santa Marta D. T. C. H., diciembre de 2023

CUERPO DIRECTIVO INVEMAR

Director General

Francisco Armando Arias Isaza

Subdirector de Coordinación Científica

Jesús Antonio Garay Tinoco

Subdirectora Administrativa

Sandra Rincón Cabal

Coordinadora de Investigación e Información para la**Gestión Marina y Costera (GEZ)**

Paula Cristina Sierra Correa

Coordinador Programa de Biodiversidad y Ecosistemas Marinos (BEM)

David Alejandro Alonso Carvajal

Coordinadora Programa Calidad Ambiental Marina (CAM)

Luisa Fernanda Espinosa Díaz

Coordinadora Programa Geociencias Marinas y Costeras (GEO)

Constanza Ricaurte Villota

Coordinador Programa Valoración y Aprovechamiento de Recursos Marinos y Costeros (VAR)

Mario Enrique Rueda Hernández

Coordinador Servicios Científicos (CSC)

Juan Carlos Márquez (E)

Preparado por:

COORDINACIÓN DEL PROYECTO

INVEMAR

Juan Felipe Lazarus

Jefe de Proyecto

Ministerio de Ambiente y**Desarrollo Sostenible**

Ximena Rojas Giraldo

Supervisora

GRUPO DE INVESTIGACIÓN

Programa CAM

Fair Dager Osorio

Alejandra Robles

Juan Camilo Rodríguez

Yusnaira Caraballo

Ingrid Catalina Cortés

Jean David Varilla

Lina Melo Flórez

Juan Felipe Lazarus

Luisa Fernanda Espinosa

Programa GEZ

Janeth Andrea Beltrán

Omar Lugo

Dayana Alvarado

Diana Romero

Cristian Montes

Felipe Valencia

Jhonny Garcés

COLABORADORES

Parques Nacionales Naturales de Colombia**Vía Parque Isla Salamanca**

Lina García

Randy Añez

Héctor Fabio Gómez

Citar como:

Dager, O. F., Robles, S. A.; Rodríguez, J.C., Caraballo, Y., Cortés, I.C., Varilla, G. J., Melo, L. y Lazarus, J.F. 2023. Ajuste y actualización de los planes básicos de restauración para 181 ha prioritizadas de manglar a restaurar: CGSM (Magdalena), Providencia, Timbiquí y López de Micay (Cauca). Informe Final. Convenio 924 - 2023. PRY-CAM-011-23. DAMCRA-INVEMAR. Santa Marta. 125 p.

Imagen portada: Caño Clarín Nuevo, VIPIS. Juan Felipe Lazarus.

INVEMAR

Calle 25 No. 2-55, Playa Salguero

Santa Marta D.T.C.H., Colombia

Teléfono: (57) (5) 4328600

www.invemar.org.co

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	7
2	METODOLOGÍA AJUSTE PLANES DE RESTAURACIÓN	8
2.1	Ajuste a los planes de restauración en torno a la identificación de los aspectos socioambientales	8
2.1.1	Desarrollo de talleres	8
2.1.2	Círculo del conflicto	9
2.2	Ajuste a los planes de restauración en torno a la caracterización biofísica y ambiental	9
2.2.1	Diseño de muestreo	9
2.3	Análisis de la cobertura de manglar	10
2.3.1	Vuelos fotogramétricos	10
2.3.2	Identificación de pérdidas y ganancias de las coberturas de manglar, mediante el uso de condiciones espectrales generales y sensores remotos.	11
2.4	Área de estudio	13
3	CARACTERIZACIÓN Y DIAGNOSTICO DE LAS ÁREAS PRIORIZADAS	16
3.1	Aspectos biofísicos	16
3.2	Aspectos fisiográficos	20
3.2.1	Área degradada con intervención (DCI)	20
3.2.2	Área de referencia (REF)	20
3.3	Aspectos socioambientales	21
3.3.1	Importancia del manglar y servicios ecosistémicos	21
3.4	Identificación de tensores	23
3.4.1	Incendios	24
3.4.2	Tala	26
3.4.3	Sedimentación	27
3.4.4	Contaminación por residuos sólidos	27
3.4.5	Construcción de carreteras	28
3.4.6	Alteración de flujos hídricos	29
3.4.7	Salinización	29
3.5	Conflictos socioambientales	31

3.6	Grupos de base comunitaria y acciones de restauración	34
4	PRIORIZACIÓN DE ÁREAS DE RESTAURACIÓN	36
4.1	Priorización de áreas de manglar a restaurar/rehabilitar	36
4.2	Identificación de tensores.....	37
4.2.1	Objetivos del plan de restauración/rehabilitación de sector Km 22 en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM)	40
4.2.1.1	Objetivo general.....	40
4.2.1.2	Objetivos específicos	40
4.2.2	Metas del plan de restauración/rehabilitación	40
4.2.3	Estrategias, acciones y técnicas para la restauración/rehabilitación	42
4.2.3.1	Apertura y desazolve de canales laterales y canales sobre paleocauces.....	42
4.2.3.2	Acondicionamiento de centros o núcleos de dispersión.....	43
5	FASE DE IMPLEMENTACIÓN 43	
5.1	Plan de trabajo	43
6	PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO.....	44
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
8	BIBLIOGRAFÍA 47	

Índice de Figuras

Figura 1. Diseño de parcelas de caracterización.	10
Figura 2. Esquema de medición de regeneración natural en las parcelas de caracterización.	10
Figura 3. Esquema de medición de parámetros fisicoquímicos y extracción de núcleos de suelo.	10
Figura 4. Ejemplo de planes de vuelos para polígonos de las áreas priorizadas.	11
Figura 5. Comportamiento general del índice NDVI en respuesta a diferentes estados de vegetación. Tomado de Evangelides y Nobajas (2019).	12
Figura 6. Ejemplo de histograma de una banda multiespectral de una imagen SPOT. Tomado de: (Smith et al., 2021).	13
Figura 7. Ubicación del sector priorizado (área degradada con intervención), sector Km 22-Canal Clarín Nuevo.	14
Figura 8 (a-b). Atributos estructurales, (c) atributos fisicoquímicos y (d) atributos de regeneración natural para los polígonos caracterizados en Caño Clarín Nuevo – KM 22. AG: <i>Avicennia germinans</i> , LR: <i>Laguncularia racemosa</i> , RM: <i>Rhizophora mangle</i> . DCI: Degradado con intervención, REF: Referencia.	17
Figura 9. Vista general de área degradada con intervención (DCI), dominado principalmente por brinzales de la especie <i>L. racemosa</i>	20
Figura 10. Vista general del área de referencia (REF), dominado principalmente por fustales de la especie <i>A. germinans</i>	21
Figura 11 a y b. Taller para la identificación, actualización y valoración de tensores socio-ecológicos con los líderes y organizaciones de Palermo.	24
Figura 12. Identificación de conflictos socioambientales.	32
Figura 13. Ortofotomosaico Caño Clarín Nuevo con la propuesta de intervención convenio 924/2023. Fuente: Elaboración INVEMAR 2023.	37
Figura 14. (a-f) Estado de los seis caños secundarios aperturados por CORPAMAG, obstruidas por macrófitas y material vegetal a. canal 1, b canal 2, c canal 3, d canal 4, e canal 5, f canal 6.	38
Figura 15. Estado general caño principal Clarín Nuevo-km 22, obstruido por distintas especies de macrófitas. Fuente: INVEMAR,2023.	40

Índice de Tablas

Tabla 1. Características de las imágenes adquiridas para el análisis espectral.....	12
Tabla 2. Ubicación geográfica de las Parcelas Permanentes de Crecimiento (PPC) instaladas en las áreas priorizadas de Caño Clarín Nuevo-km22. DCI: Degradado con intervención, REF: Referencia.	15
Tabla 3. Atributos estructurales para los polígonos caracterizados en Caño Clarín Nuevo-km22. AG: <i>Avicennia germinans</i> , LR: <i>Laguncularia racemosa</i> , RM: <i>Rhizophora mangle</i> . DCI: Degradado con intervención, REF: Referencia. Los valores presentados corresponden al promedio y las desviaciones estándar ($\bar{x} \pm de$).	16
Tabla 4. Atributos fisicoquímicos para aguas superficiales e intersticiales en los polígonos caracterizados en caño Clarín Nuevo – KM 22. Los valores presentados corresponden al promedio y desviaciones estándar ($\bar{x} \pm de$). DCI: Degradado con intervención, REF: Referencia.	18
Tabla 5. Atributos de regeneración natural para los polígonos caracterizados en caño Clarín Nuevo - km22. Los valores presentados corresponden al promedio y las desviaciones estándar ($\bar{x} \pm de$). AG: <i>Avicennia germinans</i> , LR: <i>Laguncularia racemosa</i> , RM: <i>Rhizophora mangle</i> . DCI: Degradado con intervención, REF: Referencia.	19
Tabla 6. índice de valor de importancia ecológica (IVI) para las especies registradas en las áreas priorizadas de caño Clarín Nuevo - km22. AG: <i>Avicennia germinans</i> , LR: <i>Laguncularia racemosa</i> , RM: <i>Rhizophora mangle</i> . DCI: Degradado con intervención, REF: Referencia.	19
Tabla 7. Valoración de tensores socio-ecológicos en CGSM- Caño Clarín Nuevo.	30
Tabla 8. Aproximación a la dinámica del conflicto socioambiental.....	33
Tabla 9. Organizaciones comunitarias y experiencias en restauración.....	35
Tabla 10. Identificación de Principales tensores y limitantes ecológicos de la regeneración natural en el sector Clarín Nuevo- K22 en la CGSM.	39
Tabla 11. Metas a corto y mediano plazo de las acciones de restauración en el sector Caño Clarín Nuevo- Km22.....	41
Tabla 12. Coordinadas propuestas de restauración hídrica para aperturas laterales.	42
Tabla 13. Plan de trabajo para implementar las acciones de restauración en el sector Km22.	44
Tabla 14. Indicadores de línea base y seguimiento a las acciones de restauración en el sector del Km 22.	45

1 INTRODUCCIÓN

Los manglares son ecosistemas de un alto valor ecológico, social y cultural debido a los múltiples servicios ambientales que proporcionan. No obstante, su acelerado deterioro, ligado a causas antrópicas y naturales, ha ocasionado que muchos de sus servicios ecosistémicos hayan disminuido, y con esto, la calidad de vida de quienes habitan en sus inmediaciones y se benefician de forma directa.

La restauración ecológica es una de las principales estrategias utilizadas para revertir los procesos de degradación de los manglares, buscando recuperar la estructura y funcionalidad del ecosistema en relación con un estado pre - disturbio. En Colombia, la Guía de Restauración de Ecosistemas de Manglar – GREM - establece los principales lineamientos o pasos para adelantar acciones de restauración en este ecosistema. En ella se prioriza la recuperación pasiva del ecosistema, en la cual, la capacidad de regeneración natural del ecosistema se promueve con la eliminación o mitigación de los tensores que causan la degradación. En caso de que el ecosistema haya perdido su capacidad de regeneración, la guía plantea implementar acciones de restauración activa, las cuales incluyen apertura de caños y enriquecimiento con material vegetal, entre otras. La implementación de acciones pasivas o activas dependerá de factores como el nivel de deterioro del ecosistema y de las limitaciones logísticas y presupuestales propias de cada proyecto, no obstante, ambos tipos de acciones estarán encaminadas al cumplimiento de los objetivos y podrán manejarse de forma adaptativa en las distintas fases del proyecto.

A nivel nacional, se han documentado experiencias de restauración en manglares (Rodríguez et al, 2021), donde se utilizaron acciones de restauración activa y estrategias pasivas. No obstante, el porcentaje de éxito en la mayoría de los casos no supera el 50%. En 2021, en el marco de una iniciativa gubernamental, se diseñaron planes de restauración en algunas zonas priorizadas del territorio donde se incluyen Providencia, Sucre, Córdoba, Magdalena y Cauca, (Rodríguez, 2022). Sin embargo, no todos los planes pudieron ser implementados por factores administrativos y logísticos, y, los que se ejecutaron, no superaron la vigencia, por lo cual no fue posible realizar mantenimiento y monitoreo de las acciones.

En 2023, respondiendo a los compromisos nacionales, se suscribió el convenio 924 entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el INVEMAR, cuyas actividades están dirigidas a implementar acciones de restauración, retomando los planes diseñados previamente (2021) e involucrando la participación comunitaria como eje fundamental en el desarrollo de las acciones.

El presente informe técnico de avance busca resumir las actividades realizadas en el marco del convenio DAMCRA – INVEMAR 924 de 2023, específicamente aquellas relacionadas con la implementación de acciones de restauración en cuatro localidades priorizadas en 2021: 1) CGSM (Magdalena), 2) Providencia, 3) Timbiquí, Cauca y 4) López de Micay, Cauca.

2 METODOLOGÍA AJUSTE PLANES DE RESTAURACIÓN

2.1 Ajuste a los planes de restauración en torno a la identificación de los aspectos socioambientales

El abordaje e identificación de los aspectos socioambientales para la actualización del plan de restauración de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) fue desarrollado metodológicamente de acuerdo con las realidades y particularidades del territorio. Para ello, se tuvieron en cuenta diferentes criterios como: línea base disponible, continuidad de los procesos y acciones realizadas en años anteriores.

Teniendo en cuenta que en la CGSM ya se habían definido las áreas priorizadas para los procesos de restauración, y que, dentro de los antecedentes investigativos de corte cualitativo en la zona, se encontraba la realización de cartografías sociales para la identificación de servicios ecosistémicos y relacionamiento del manglar; se trabajó en la actualización de tensores e identificación de posibles conflictos socioambientales que ocurren en el área de influencia y que afectan directamente a los actores locales y al bosque de manglar. Para ello, se retomaron las técnicas de: taller, matrices de análisis y círculo del conflicto. Estas, se describen a continuación.

2.1.1 Desarrollo de talleres

El taller se desarrolló como técnica de investigación cualitativa, este se constituye como un proceso grupal que busca construir conocimientos, planteamientos, propuestas, respuestas, preguntas e inquietudes alrededor de una temática en común. En estos espacios cada participante aporta según sus experiencias y capacidades y con base a eso se construyen conclusiones (García et al., 2002, pág. 92).

El proceso metodológico abordado consistió en el desarrollo de una matriz de análisis, la cual se trabajó de manera grupal con los diferentes participantes. Para ello, se presentaba inicialmente los tensores identificados en el polígono priorizado y se invitó a que los participantes explicarían las características del mismo e identificarán si estos estaban aumentando, manteniendo o disminuyendo. Finalmente, luego de actualizar el estado de los tensores se les asignó junto con los participantes una escala de valoración según el caso: rojo: alto; amarillo medio; y verde bajo.

Con la realización del taller se buscaba alcanzar los siguientes objetivos:

- Actualizar los tensores socio-ecológicos que afectan el ecosistema de manglar en CGSM - caño Clarín Nuevo.
- Identificar las acciones de restauración realizadas y sus aprendizajes.
- Conocer las propuestas para futuros proyectos de restauración en caño Clarín Nuevo.

- Reconocer a los actores y comunidades que hacen parte de los procesos de restauración.

2.1.2 Círculo del conflicto

Esta técnica se retomó para la identificación de posibles conflictos socioambientales, y permite identificar en ellos posibles causas y consecuencias, las cuales posibilitan determinar la complejidad de dichos conflictos y pensar en formas de intervención (Garcés, 2021, p. 13).

El abordaje metodológico consistió en dibujar un círculo con diferentes secciones para identificar las diferentes problemáticas, tensiones y diferencias ocurridas alrededor del bosque de mangles del caño Clarín Nuevo. Luego, se priorizó una de éstas, según el mayor grado de afectación para los participantes, ubicándolo en el centro de círculo.

Seguido, se realizó un análisis de la dinámica del conflicto, para ello, se ubicó en el círculo: i) los actores internos y externos; ii) los intereses identificados; iii) causas y iv) consecuencias. Todo lo anterior, con el fin de comprender donde se encontraban las diferencias entre los actores implicados, y buscar acciones y propuestas en común para su abordaje.

Mediante esta técnica se buscó alcanzar los siguientes resultados:

- Identificar los conflictos socioambientales asociados al bosque de manglar de Caño Clarín Nuevo.
- Reconocer los actores, intereses, causas y consecuencias asociadas al conflicto socioambiental.
- Definir propuestas para la gestión y transformación del conflicto ambiental identificado.

2.2 Ajuste a los planes de restauración en torno a la caracterización biofísica y ambiental

2.2.1 Diseño de muestreo

La caracterización de los manglares se llevó a cabo siguiendo la metodología propuesta por Tavera (2014). En cada sector, se establecieron unidades de muestreo con un área mínima de 300 m². En cada una de estas áreas, se realizó el diagnóstico biofísico, el cual se planeó ejecutar en un área de referencia (REF), ubicado en el punto Rinconada, que permitirá la comparación de los atributos estructurales y funcionales con un área degradada sin intervenciones (DSI) y área degradada con intervenciones (DCI).

Para caracterizar la estructura del bosque, se instalaron tres parcelas permanentes de crecimiento (PPC) de 10x10 m (Figura 1), en las cuales se identificaron y midieron los árboles con un diámetro mayor a 2,5 cm. De cada árbol se registró su especie, diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura máxima. Con los datos obtenidos, se realizaron las principales

estimaciones estructurales de la vegetación, como el área basal, la densidad relativa y el índice de valor de importancia ecológica (IVI).

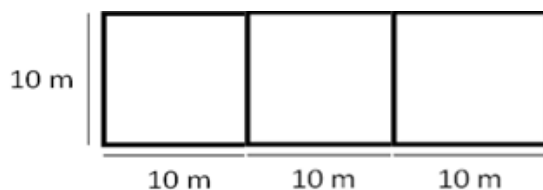


Figura 1. Diseño de parcelas de caracterización.

La regeneración natural se estimó en función del número de plántulas y propágulos. En cada parcela, se instalaron 3 subparcelas de 1x1 m siguiendo el esquema de la Figura 2. En cada una, se realizó el conteo de propágulos, semillas y plántulas por especie. A estas últimas se les midió y registró la altura. Con los datos obtenidos se realizó la estimación del promedio en la densidad de plántulas y propágulos/m²/especie.

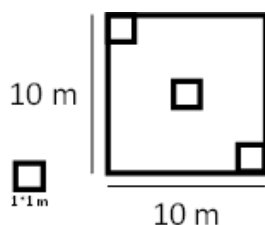


Figura 2. Esquema de medición de regeneración natural en las parcelas de caracterización.

Siguiendo con el esquema de muestreo de la Figura 3, se realizó la medición de las principales variables fisicoquímicas del agua, a nivel superficial e intersticial (50 cm de profundidad) incluyendo la medición de salinidad, temperatura, pH y el potencial REDOX, con la utilización de un equipo multiparamétrico de referencia Hanna HI 98194.

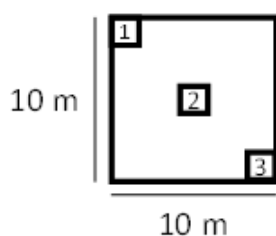


Figura 3. Esquema de medición de parámetros fisicoquímicos y extracción de núcleos de suelo.

2.3 Análisis de la cobertura de manglar

2.3.1 Vuelos fotogramétricos

El recorrido contempló la verificación de cobertura e identificación de áreas con algún grado de intervención que pudieran requerir acciones de restauración. Se realizaron planes de vuelo fotogramétricos con un equipo RPAS y utilización de datos satelitales disponibles para

diagnosticar el estado de cobertura de manglar sobre dos polígonos, el primero de 156 ha y el segundo de 104 ha, ubicado paralelamente al primer polígono. La información de los áreas donde se ha identificado pérdida de manglar permite una aproximación de las áreas donde podría desarrollarse cobertura nuevamente, ya que son áreas donde existió manglar y tendrían una alta probabilidad de restaurarse. De acuerdo con las programaciones de vuelos que se diseñaron para el levantamiento fotogramétrico, se dividió el polígono total de cada una de las áreas evaluadas en planes de vuelo (Figura 4), debido a la amplitud y autonomía de vuelo del dron, tratando siempre de iniciar desde el centroide de cada polígono de interés. La aeronave inicialmente se ubicó lo más cercana posible del punto donde finalizaba cada misión. Esto con el fin de disminuir el tiempo de vuelo, reduciendo el posible riesgo de pérdida de porcentaje de batería y posterior aterrizaje forzoso.

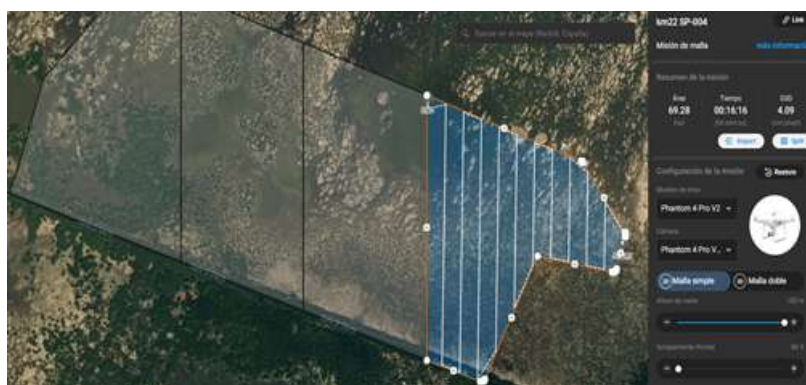


Figura 4. Ejemplo de planes de vuelos para polígonos de las áreas priorizadas.

2.3.2 Identificación de pérdidas y ganancias de las coberturas de manglar, mediante el uso de condiciones espectrales generales y sensores remotos.

Para diagnosticar las coberturas de manglar se utilizaron datos satelitales disponibles que permitieron estimar cambios espectrales, y complementariamente se realizaron vuelos fotogramétricos con un equipo RPAS.

Para el análisis de las coberturas se usaron imágenes de PlanetScope - Imagery © 2023 Planet Labs Inc, obtenidos en GEE con una resolución de 3 m/px. Estas imágenes están disponibles gracias a la iniciativa internacional de Noruega sobre el Clima y los Bosques (NICFI en inglés). Son imágenes multispectrales calibradas y ortorectificadas, producidas con proyección cartográfica y geolocalización precisa. El nivel de procesamiento ha eliminado distorsiones de terreno y permite el uso de imágenes para procesamiento como clasificaciones de cubierta terrestre, incluso, contiene correcciones radiométricas aplicadas para corregir artefactos conocidos del sensor y para transformar valores en radiancia en el sensor (Pbc, ©Planet-Labs., 2023). Las características básicas de los datos utilizados se resumen en Tabla 1.

Tabla 1. Características de las imágenes adquiridas para el análisis espectral.

Área de estudio	Sensor	Resolución especial (m/px)	Resolución espectral	Fechas de adquisición
CGSM (VPIS)	PlanetScope	3	R,G,B,NIR	2021-01-02 14:47:19 UTC
				2023-01-03 15:06:06 UTC

Por otro lado, la información extraída del reflejo electromagnético de los manglares permite evaluar de manera general sus condiciones biológicas. Esta información es observable al obtener la relación entre sus respuestas espectrales para la región visible del rojo y el infrarrojo cercano, como es el caso del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). En la Ecuación 1 se detalla el procedimiento matemático para obtener NDVI por pixel de una imagen.

$$NDVI = \frac{(Nir - Red)}{Nir + Red} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde,

Nir: representa el valor en cada pixel en la banda del infrarrojo cercano NIR del espectro electromagnético

Red: representa el valor de la banda roja para el mismo pixel.

El NDVI permite identificar el comportamiento de las plantas en la banda NIR con respecto a su relación con la banda roja debido a la presencia de clorofila, generando valores que oscilan entre -1 y 1. La Figura 5, ilustra cómo la diferencia entre el infrarrojo cercano y el rojo se ve afectada según la condición de la planta. Esto lleva a asumir que la vegetación saludable tiende a tener valores altos cercanos a 1, mientras que la vegetación estresada o muerta puede caer a valores alrededor de 0.11.

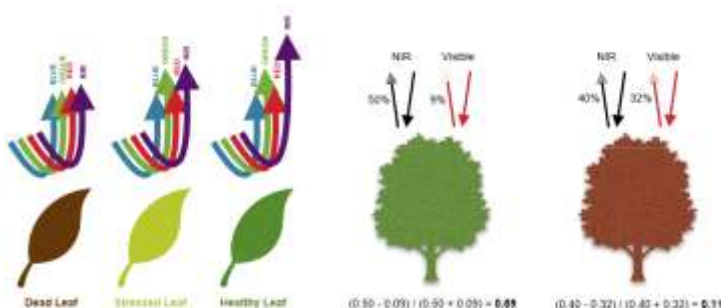


Figura 5. Comportamiento general del índice NDVI en respuesta a diferentes estados de vegetación. Tomado de Evangelides y Nobajas (2019).

Durante la presente investigación se logró obtener la respuesta NDVI para diferentes fechas en cada area de estudio usando las imágenes referidas en la Tabla 1.

En el sector de Caño Clarín Nuevo - Km 22 de la CGSM, se buscó identificar cambios y respuestas en cuanto a coberturas en los ecosistemas de manglar, sin embargo, en este sector el cálculo de NDVI fue realizado solo para dos fechas: enero de 2021 y enero de 2023, permitiendo obtener la diferencia NDVI para un único periodo. Para ambas zonas de estudio se utilizó la plataforma GEE, en la cual se diseñó y aplicó un algoritmo específico destinado al cálculo del índice, que tuvo en cuenta cada región de referencia previamente definida para procesar eficientemente gran cantidad de datos, lo que permitió obtener resultados confiables y comparativos del NDVI en diferentes momentos temporales y para cada area de interés.

Tanto los datos ráster de NDVI de cada fecha en cada area de estudio, como las diferencias obtenidas entre los periodos evaluados pueden ser organizados en histogramas, que representan la frecuencia de aparición de cada dato en un rango (Figura 6), ubicándose para nuestro caso los valores de NDVI o su diferencia en el eje X y la frecuencia de repetición del dato o rango en el eje Y. Se decidió llevar a cabo una clasificación univariante o de histograma para identificar patrones de distribución espacial, teniendo en cuenta únicamente los datos de entrada (NDVI fijo o diferencias de NDVI de cada periodo según sea el caso). La clasificación se realizó en ArcGis bajo el esquema “Standard deviation” que parte de la media y la desviación estándar de los valores de los atributos, clasificándolos según su desviación de la media (transformada Z). Los valores fueron mapeados con 1,0 desviación estándar para cada ráster (Smith et al., 2021)

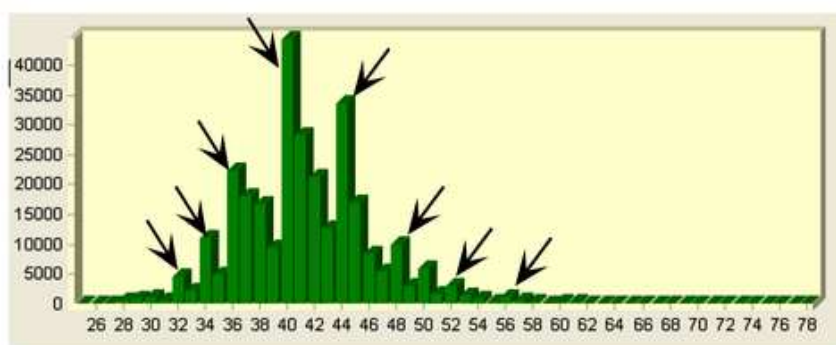


Figura 6. Ejemplo de histograma de una banda multispectral de una imagen SPOT. Tomado de: (Smith et al., 2021).

2.4 Área de estudio

El sector priorizado se encuentra en el flanco noroccidental de la CGSM, margen izquierda del eje axial del canal Clarín Nuevo-Km 22, en sentido Oeste –Este, desde el río Magdalena hacia la confluencia de la CGSM (Figura 7).

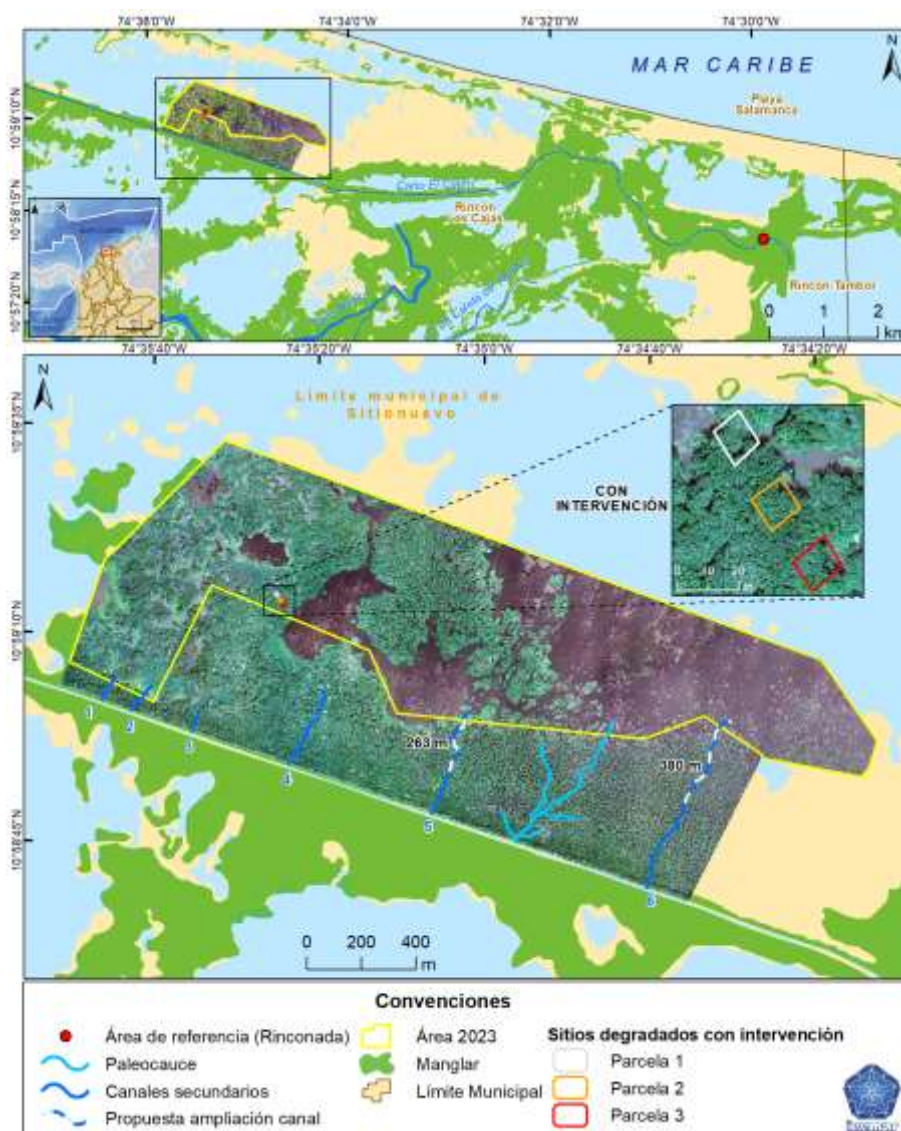


Figura 7. Ubicación del sector priorizado (área degradada con intervención), sector Km 22- Canal Clarín Nuevo.

En el polígono priorizado de 156 ha se establecieron Parcelas Permanentes de Crecimiento (PPC) correspondientes el área Degradada con intervención (DCI) y el sector de Rinconada se definió como el área de Referencia (REF) (Figura 7). Esta última permite tener una primera aproximación en las diferencias entre un área control y el área a restaurar, teniendo en cuenta las principales estimaciones estructurales de la vegetación, según lo propuesto por Tavera (2014). La ubicación de los cuatro vértices de cada parcela se registra en la Tabla 2.

El área degradada fue seleccionada debido a que presenta síntomas visibles de muerte ascendente, una condición crítica que afecta la salud y supervivencia de los manglares. La muerte ascendente es una alteración fisiológica en la que los árboles comienzan a morir desde

la parte inferior del tronco hacia la copa. Entre los síntomas más evidentes se encuentra la pérdida progresiva de hojas y ramas en las partes inferiores, con un avance de la mortalidad ascendiendo por la planta. Esta condición se observó durante las visitas de campo de reconocimiento del área y de los tensores de degradación presentes en la zona de estudio. Por otra parte, la accesibilidad a las áreas seleccionadas es un factor clave para la implementación y el monitoreo continuo del proyecto. En estas dos áreas se garantiza el acceso del personal y de los recursos necesarios sin complicaciones logísticas.

Tabla 2. Ubicación geográfica de las Parcelas Permanentes de Crecimiento (PPC) instaladas en las áreas priorizadas de Caño Clarín Nuevo-km22. DCI: Degradado con intervención, REF: Referencia.

Estación	Parcela	Latitud	Longitud
DCI	1	10°59'14,67"	74°35'25,02"
		10°59'14,89"	74°35'24,75"
		10°59'14,31"	74°35'24,80"
		10°59'14,55"	74°35'24,54"
	2	10°59'13,96"	74°35'24,62"
		10°59'14,18"	74°35'24,31"
		10°59'13,62"	74°35'24,41"
		10°59'13,62"	74°35'24,41"
	3	10°59'13,29"	74°35'24,18"
		10°59'13,57"	74°35'23,85"
		10°59'12,99"	74°35'23,98"
		10°59'13,25"	74°35'23,66"
REF	1	10°57'40,82"	74°29'38,01"
		10°57'40,81"	74°29'37,69"
		10°57'41,22"	74°29'38,00"
		10°57'41,17"	74°29'37,67"
	2	10°57'41,58"	74°29'37,98"
		10°57'41,56"	74°29'37,65"
		10°57'41,90"	74°29'37,93"
		10°57'41,93"	74°29'37,59"
	3	10°57'42,36"	74°29'37,91"
		10°57'42,29"	74°29'37,54"
		10°57'42,76"	74°29'37,84"
		10°57'42,67"	74°29'35,37"

3 CARACTERIZACIÓN Y DIAGNOSTICO DE LAS ÁREAS PRIORIZADAS

3.1 Aspectos biofísicos

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la caracterización realizada durante la salida de campo comprendida del 29 de noviembre al 4 de diciembre de 2024. Se describen los atributos estructurales, fisicoquímicos y la capacidad de regeneración natural de la vegetación de manglar para las áreas priorizadas (Tabla 3).

Tabla 3. Atributos estructurales para los polígonos caracterizados en Caño Clarín Nuevo- Km 22. AG: *Avicennia germinans*, LR: *Laguncularia racemosa*, RM: *Rhizophora mangle*. DCI: Degradado con intervención, REF: Referencia. Los valores presentados corresponden al promedio y la desviación estándar ($\bar{x} \pm de$).

Estaciones	Especies	Altura (m)	DAP (cm)	Área basal m ² /ha	Densidad ind/ha
DCI	AG	0	0	0	0
	LR	7,7 ± 1,50	5,81±1,56	4,93	1.733,3
	RM	11	9	0,21	33,33
REF	AG	9,3 ±4,74	13,20±11,21	43,6	2.533,3
	LR	7,3 ±0,58	6,13±1,41	0,30	100
	RM	7,5 ±0,71	6,3±1,83	0,22	200

En relación con la estructura de la vegetación en los parches de manglar evaluados, las mayores alturas se registraron para *L. racemosa* tanto en el área de referencia como en la degradada con intervención (Figura 8a). Los mayores promedios de DAP, se registraron para la especie *A. germinans* en el área de referencia y el menor se registró para *L. racemosa* en el área degradada con intervención (Figura 8a). Este factor de crecimiento está influenciado por los caracteres estructurales más que por la edad, donde las condiciones climáticas, genéticas y de competencia determinan el nivel de crecimiento diamétrico y en altura (Alongi, D. (2009). Se registró mayor área basal en el área de referencia, siendo *A. germinans* la especie que presentó la mayor cuantía para este atributo estructural (Figura 8a), mientras que la menor área basal se registró en el área degradada con intervención, representado por individuos de *R. mangle*. En cuanto al atributo de densidad, el mayor valor se registró para *A. germinans* en el área de referencia (Figura 8b) y la menor densidad se registró para la especie *R. mangle* en el área degradada con intervención.

En comparación con los rangos de área basal (m²/ha) y densidad (ind/ha) establecidos como indicadores, el mejor estado de desarrollo estructural se registró en el área de referencia, con valores característicos de bosques maduros. Por el contrario, en el área degradada con intervención se encontró el menor desarrollo, con valores bajos de densidad y área basal, con condiciones de muerte ascendente de varios individuos.

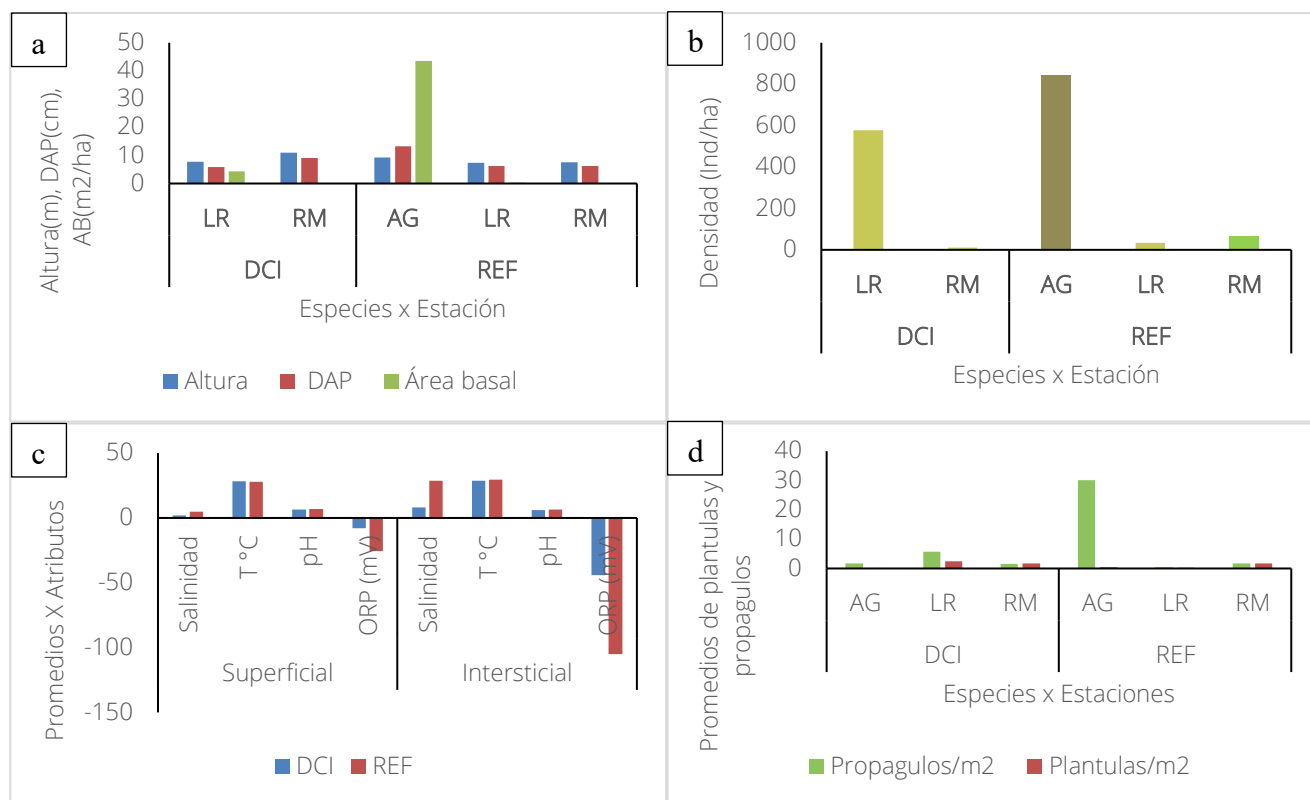


Figura 8 (a-b). Atributos estructurales, (c) atributos físicoquímicos y (d) atributos de regeneración natural para los polígonos caracterizados en Caño Clarín Nuevo – KM 22. AG: *Avicennia germinans*, LR: *Laguncularia racemosa*, RM: *Rhizophora mangle*. DCI: Degradado con intervención, REF: Referencia.

La salinidad es una de las principales variables que regulan del crecimiento, desarrollo y distribución de las especies de manglar (Rodríguez-Zúñiga M. T., E. Villeda Chávez, A. D. Vázquez-Lule, M. Bejarano, M. I. Cruz López, M. Olgún, S. A. Villela Gaytán, R. Flores (Coordinadores). 2018.). La salinidad del agua superficial para la estación DCI y REF fue baja (Tabla 4), lo que se traduce en una recuperación del sistema como resultado de un año con predominio de condiciones La Niña (IDEAM, 2022), y a su vez, con un mayor aumento en el caudal del río Magdalena, principal tributario de la CGSM.

El mayor nivel de salinidad se registró en la estación de REF, con valores cercanos a los 29, calificado como agua de tipo marina (salinidad entre 18 y 38; Knox, G.A. 2001), con un mayor aporte de agua de origen marino, aun así, es considerado como nivel óptimo de tolerancia para las especies de mangles presentes en el área (Figura 8c). La estación DCI registró agua de tipo salobre (salinidad entre 1,9 y 8,1; Knox, G.A. 2001), siendo mayor en agua intersticial. Estas variaciones pueden atribuirse a la geomorfología y dinámica de los suelos del manglar, como también épocas climáticas. Se registraron pequeños canales en el área del sector DCI, lo que se puede reflejar en el aumento de entrada de agua dulce.

Tabla 4. Atributos fisicoquímicos para aguas superficiales e intersticiales en los polígonos caracterizados en caño Clarín Nuevo – KM 22. Los valores presentados corresponden al promedio y desviaciones estándar ($\bar{x} \pm de$). DCI: Degradado con intervención, REF: Referencia.

Estaciones	Nivel	Salinidad	T (°C)	pH	ORP (mV)	Inundación (cm)
DCI	Superficial	1,9±0,125	28,3±0,20	6,5±0,12	-8,1±15,777	14,6
	Intersticial	8,1±4,08	28,7±0,11	6±0,32	-44,1±56,29	
REF	Superficial	5±1,87	27,9±0,08	7±0,20	-25,8±46,42	19,5
	Intersticial	28,7±3,01	29,5±0,27	6,4±0,13	104,9±24,02	

La temperatura del agua es un factor que influye en los procesos biológicos, químicos y físicos, así como en la distribución y salud de la vida acuática. Los principales impulsores climáticos que influyen en la temperatura del agua son la radiación solar, la temperatura del agua de los ríos, el aire y el océano, los cambios en las descargas de los ríos y la intensidad del viento (Brown, C. A., Sharp, D., y Collura, T. C. M. 2016). En el periodo evaluado, la temperatura del agua superficial en las 2 estaciones monitoreadas fluctuó entre 27,9 °C y 28,3 °C (Tabla 4). La temperatura del agua intersticial varió entre 28,7 y 29,5 °C (Figura 8c).

Los valores de pH del agua superficial en dos estaciones están dentro del criterio de calidad para preservación de flora y fauna en aguas estuarinas o marinas (6,5 – 8,5; Minambiente - Ministerio De Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2015.). El pH ácido es característico de suelos orgánicos, sin embargo, la acidez también puede asociarse a una alta concentración de sulfuros debido a largos periodos de inundación. Según Rodríguez-Zúñiga M. T., E. Villeda Chávez, A. D. Vázquez-Lule, M. Bejarano, M. I. Cruz López, M. Olguín, S. A. Villela Gaytán, R. Flores (Coordinadores). 2018. , esto puede generar mortandad de manglar y afectar la regeneración natural. Coincidiendo con lo anterior, ambas estaciones presentaron pH ácidos (Figura 8c) oscilando entre los 6 y 6,9 (Tabla 4).

El potencial de óxido-reducción (ORP) indica las condiciones anaeróbicas dentro del manglar (Snedaker, S. C., & Snedaker, J. G. 1984.), las cuales puede estar reguladas por el hidro período y la actividad biológica el suelo. Los valores de ORP para agua superficial e intersticial en las estaciones DCI y REF en general fueron negativos, oscilando entre los -8,1±15,77 mV y -44,1±56,29 mV (Tabla 4), indicando condiciones anóxicas. Esto se relaciona con baja oxigenación del suelo e inundación permanente. Solo la estación del sector DCI presentó valores positivos para agua intersticial, con registros de 104,9±24,02 (Figura 8c), indicando que fue el área con mayor aporte de oxígeno asociado a la dinámica de entrada de agua del caño Clarín Nuevo. Cabe resaltar que las condiciones anaeróbicas son típicas de ecosistemas inundados (Pérez-Ceballos et al., 2018), no obstante, una prolongada exposición a inundación y, por consiguiente, valores ORP muy negativos (-250 a -350 mV), puede generar estrés en las plantas por la formación de compuestos nocivos como sulfuros y metano (Snedaker, S. C., &

Snedaker, J. G. 1984. ; Rodríguez-Zúñiga M. T., E. Villeda Chávez, A. D. Vázquez-Lule, M. Bejarano, M. I. Cruz López, M. Olguín, S. A. Villela Gaytán, R. Flores (Coordinadores). 2018.).

El hidro período está definido como el equilibrio entre las entradas de agua, la frecuencia y la duración de la inundación (Rodríguez-Zúñiga M. T., E. Villeda Chávez, A. D. Vázquez-Lule, M. Bejarano, M. I. Cruz López, M. Olguín, S. A. Villela Gaytán, R. Flores (Coordinadores). 2018. Este balance permite el óptimo desarrollo de la vegetación y el establecimiento de nuevos individuos. El mayor nivel de inundación se registró en el área de REF (Figura 8c), con 19,7 cm (Tabla 4), aun así, las dos estaciones permanecieron inundados debido a la dinámica de entradas de agua dulce que permiten la estabilización de la salinidad.

La mayor densidad de propágulos por estación se registró en el área de referencia (Tabla 5), siendo la especie *A. germinans* la más abundante con 30,1 ind/m² (Figura 8d). De igual manera la menor densidad se presentó en el área DCI, donde la especie *R. mangle* fue la menos abundante con un promedio de 1,55 ind/m². En todas las estaciones se observó niveles de inundación y flujo constante de agua, lo que permite que los propágulos se transporten hacia otros sectores, por tanto, es común encontrar una gran cantidad de semillas en los márgenes del bosque.

Tabla 5. Atributos de regeneración natural para los polígonos caracterizados en caño Clarín Nuevo - km22.

Los valores presentados corresponden al promedio y las desviaciones estándar ($\bar{x} \pm de$). AG: *Avicennia germinans*, LR: *Laguncularia racemosa*, RM: *Rhizophora mangle*. DCI: Degradado con intervención, REF: Referencia.

Estación	Especies	Propágulos/m ²	Plántulas/m ²
DCI	AG	1,66±5	0,11±0,33
	LR	5,77±5,06	2,44±2,60
	RM	1,55±2,60	1,66±2,5
REF	AG	30,1±16,5	0,44±1,33
	LR	0,44±0,72	0,22±0,66
	RM	1,77±2,58	1,77±2,63

El índice de valor de importancia ecológica indica que la especie *L. racemosa*, fue más importante en la configuración de la estructura del bosque, para las áreas DCI con valores mayores a 200 (Tabla 6), especie asociada a suelos con bajas concentraciones de sales y altas frecuencias de inundación. En la estación REF, *A. germinans*, se configura como la especie más importante con un IVI superior a los 200, lo que se relaciona principalmente con el tipo de suelos, con alto contenido de sedimentos depositados por arrastre de las aguas del río y una mayor resistencia a contenido de sales (Gallo, Melibea y Rodríguez, Eduardo, 2010). Lo anterior demuestra que la composición y estructura de los manglares evaluados en las áreas intervenidas en su mayoría se encuentran conformados por la especie *L. racemosa*.

Tabla 6. Índice de valor de importancia ecológica (IVI) para las especies registradas en las áreas priorizadas de caño Clarín Nuevo - km22. AG: *Avicennia germinans*, LR: *Laguncularia racemosa*, RM: *Rhizophora mangle*. DCI: Degradado con intervención, REF: Referencia.

Estación	Especies	Abundancia relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI %
DCI	<i>Laguncularia racemosa</i>	294,3	225,0	287,62	268,99
	<i>Rhizophora mangle</i>	5,7	75,0	12,38	31,01
	Total	300	300	300	300
REF	<i>Avicennia germinans</i>	268,24	150,00	296,45	238,23
	<i>Laguncularia racemosa</i>	10,59	50,00	2,08	20,89
	<i>Rhizophora mangle</i>	21,18	100,00	1,47	40,88
	Total	300	300	300	300

3.2 Aspectos fisiográficos

3.2.1 Área degradada con intervención (DCI)

Este sector se encuentra paralelo al área DCI, se caracteriza por la presencia de rodales de manglar de tipo fisiográfico cuenca. El área presenta parches de vegetación perturbada con concentraciones salinas en láminas de agua entre 10 a 70 cm, con apariencia lodosa y presencia de saladilla (*Batis maritima*). se identificaron mosaicos de bosque denso de manglar, conformada por asociaciones de mangle blanco (*L. racemosa*) y mangle rojo (*R. mangle*) en forma discontinua e interrumpida por caños naturales y pequeñas lagunas (Figura 9).

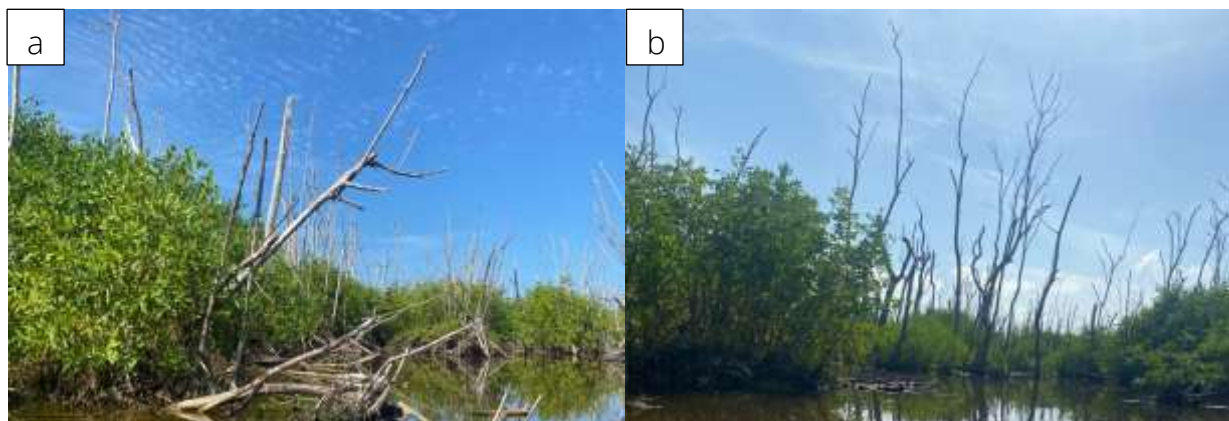


Figura 9. Vista general de área degradada con intervención (DCI), dominado principalmente por brinzales de la especie *L. racemosa*.

3.2.2 Área de referencia (REF)

Se consideró a Rinconada como un área en buen estado de conservación (INVEMAR. 2020. , que siempre ha tenido la influencia de las aguas de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Twilley, R. R., Rivera-monroy, V. H., Chen, R., & Botero, L. (1998). ; además, se benefició de la entrada de agua dulce desde el año 1996 con la reapertura del canal Clarín Nuevo. Aunque ha presentado muerte de árboles adultos en algunas épocas; desde antes de la apertura de los canales ha mantenido sus características estructurales (Figura 10), con *A. germinans* como especie dominante de los manglares de la zona (62% de los árboles corresponden a esta especie, INVEMAR. 2019. , pero se asocia con *L. racemosa* y *R. mangle*.



Figura 10. Vista general del área de referencia (REF), dominado principalmente por fustales de la especie A. germinans.

3.3 Aspectos socioambientales

La descripción de este apartado contó con la participación de los líderes de las organizaciones sociales y ambientales del corregimiento de Palermo, Sitionuevo, y habitantes del Caño Clarín Nuevo. Es de precisar que estos actores han venido desarrollando en los últimos años, diversos procesos sociales y ambientales para la implementación de proyectos de restauración ecológica de manglares en el área de la Vía Parque Isla de Salamanca- VIPIS, por lo tanto, la participación de estos líderes fue indispensable en la actualización de este plan, debido a la experiencia y al conocimiento que poseen sobre el territorio, el ecosistema y sus usos.

Para el análisis de los siguientes resultados, la información que se presentará en este componente fue desarrollada a partir del cruce de fuentes primarias y secundarias, la cual contempla los principales servicios ecosistémicos e importancia del manglar, actualización de

tensores, identificación de posibles conflictos socioambientales, actores y acciones de restauración, estas serán descritas con mayor detalle a continuación.

3.3.1 Importancia del manglar y servicios ecosistémicos

El área priorizada para la implementación del plan de restauración de la CGSM se ubica en La Vía Parque Isla de Salamanca (VIPIS), con una extensión de 156 ha. Esta hace parte de un área protegida perteneciente al Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Es de conservación estricta, cuenta con una extensión total de 56.200 ha, se ubica en el complejo Lagunar de la Ciénega Grande de Santamarta (CLCGSM) del departamento del Magdalena, y se encuentra en los municipios de Sitio Nuevo y Pueblo Viejo (Saldaña Pérez, 2017). En ese sentido, muchos de los bienes y ofertas provenientes del manglar están asociados en gran medida a los servicios de regulación y soporte, asociados a un área protegida.

Al respecto, la comunidad de Palermo y las organizaciones asociadas consideran que el ecosistema de manglar brinda múltiples beneficios que les permite mantener un entorno natural óptimo, y garantizar el disfrute de sus derechos colectivos y del medio ambiente; de esta forma, resaltan dentro de los diferentes servicios ecosistémicos los siguientes:

- Producción y calidad de oxígeno.
- Regulación de los niveles de salinidad de la Ciénega Grande de Santa Marta.
- Captura de carbono.
- Regeneración de la fauna y diversificación de diferentes especies (manatí, zorra manglara y otros).
- Regulación de las altas temperaturas y mitigación de los efectos del cambio climático.
- Habitat de especies de fauna que permiten el auto sostenimiento de las familias pescadoras.

De acuerdo con lo anterior, se pudo identificar que el manglar ofrece cuatro tipos de servicio a las comunidades: i) regulación, ii) soporte, iii) provisión y iv) cultural. Con respecto al primero, se puede decir que estos servicios “contribuyen de forma indirecta al bienestar de la sociedad y son provenientes de las funciones de los ecosistemas” (Flores et al., 2013) dentro de estos se evidenciaron los siguientes: acumulación de carbono, regulación del clima y los efectos de la variabilidad climática, producción y calidad del oxígeno, purificación del agua, entre otros.

Lo anterior, se fundamenta según lo planteado por Ortiz Reyes et al. (2018), al afirmar que dentro de las principales funciones del manglar se encuentra la de reducir el impacto de las mareas, evitar la erosión costera y ser una barrera natural contra fenómenos naturales. Así mismo, señala que estos ecosistemas previenen las inundaciones, detienen las partículas salinas y son los principales reservorios de biomasa y carbono aéreo en zonas marino-costeras; por lo tanto, son ecosistemas importantes para las comunidades y los actores

institucionales de influencia, debido a que ayuda a combatir los efectos de la variabilidad climática y a mitigar las consecuencias generadas por este fenómeno.

Dentro de los servicios de soporte, se evidenció que una de las funciones del manglar es fungir como protector de la biodiversidad y ser resguardo para el hábitat de diferentes especies de fauna y flora. Argumentado lo anterior, se agrega que, en el Plan de Manejo de la VPIS, el área protegida es reconocida por poseer diversos ecosistemas estratégicos fundamentales para el desarrollo de la diversidad biológica de la CGSM. Además, su importancia biológica es muy alta, debido a la gran disponibilidad de hábitats que ofrece, siendo catalogadas con importantes denominaciones a nivel internacional (Saldaña Pérez, 2017)

Lo anterior, da paso a los servicios de provisión, estos son considerados bienes de uso directo, porque se obtienen directamente del manglar y permite mejorar la calidad de vida de las comunidades asociadas (Flores et al., 2013). Dentro de los identificados por la comunidad se encuentra la pesca y la extracción de madera; por su parte, el plan de manejo de la VPIS menciona una serie de beneficios de producción que ofrece el área protegida, entre ellos, alimentos, materias primas, recurso genético, recursos medicinales (Saldaña Pérez, 2017), los cuales son de vital importancia para el mantenimiento de usos y prácticas que garantizan la satisfacción de necesidades básicas de los actores locales.

Según Contreras Araque (2016), en la pesca el manglar es de vital importancia porque funge como un entorno seguro para las especies, brindándoles hábitat, protección, alimentos, y nutrientes necesarios que les permitirá mantener las condiciones esenciales para su desarrollo y ciclo de vida; por tanto, siendo el manglar un ecosistema que funge como refugio y hábitat de los peces, es resaltado por la comunidad de Caño Clarín Nuevo como uno de los bienes más importantes de provisión, ya que les permite a las familias hacer uso y aprovechamiento de los recursos pesqueros, para autoabastecimiento y sostenimiento de su seguridad alimentaria. Cabe resaltar que siendo esta un área protegida, se debe realizar esta actividad de forma responsable y acatando los acuerdos y criterios que establece el parque para el mantenimiento de este ecosistema.

En cuanto a los servicios culturales, desde la VPIS se menciona que el ecosistema cumple la función de información, haciendo referencia a lo estético, histórico, recreativo, artístico cultural, científico (Saldaña Pérez, 2017). También, se pudo evidenciar que para las comunidades el manglar ha sido una fuente importante de aprendizaje, porque reconocen que en el desarrollo de los diferentes proyectos de restauración se han fortalecido los conocimientos previos que poseen con relación al funcionamiento y uso ecológico de estos ecosistemas; esto ha generado a que los líderes de Palermo y miembros de organizaciones sigan desarrollando importantes procesos de educación ambiental, en especial con niños y niñas de las escuelas de la zona.

Todo lo anterior, permite concluir que el mantenimiento del ecosistema de manglar es de vital importancia para las comunidades y actores locales de influencia en la CGSM, puesto que de

ellos dependen muchos recursos para su subsistencia y garantía de sus derechos ambientales y colectivos. Los servicios ecosistémicos que provee el manglar aseguran el mantenimiento de la vida, la promoción de prácticas ancestrales que dotan de historia y el fortalecimiento de las relaciones de uso y bien entre el ser humano y la naturaleza.

3.4 Identificación de tensores

Según el informe técnico de implementación del plan de manejo de la VPIS el manglar de la CGSM está siendo presionado por múltiples tensores y limitantes ecológicos que afectan en gran medida el estado, trayectoria y desarrollo natural de estos ecosistemas (PNNVIPIS, 2022) Agregando, que este ecosistema es uno de los más degradados del mundo, y está determinado por factores ambientales locales como el grado de salinidad del suelo, las inundaciones, la precipitación, los patrones de drenaje, el intercambio hídrico, la evapotranspiración, y las alteraciones del hábitat a causa de la construcción de obras de infraestructura” (PNNVIPIS, 2022).

Para el caso de Caño Clarín Nuevo, el parque menciona una serie de tensores y limitaciones que afecta el ecosistema de manglar, entre ellos el nivel del agua, afirmando que “algunos sitios permanecen inundados con niveles de agua por encima de 10 cm, lo cual limita el establecimiento de las semillas que pueden llegar, especialmente las de *A. germinans* y *L. racemosa*” (PNNVIPIS, 2022) y la escasez de semillas debido a la muerte de los árboles adultos que limita la disponibilidad de propágulos en la zonas seleccionadas para la siembra (PNNVIPIS, 2022).

Para la actualización de este plan de restauración se realizó una identificación de tensores junto con la comunidad de Palermo y organizaciones de influencia con el objetivo de identificar las presiones con mayor afectación (Figura 11 a y b) y características asociadas al polígono priorizado en Caño Clarín Nuevo.



Figura 11 a y b. Taller para la identificación, actualización y valoración de tensores socio-ecológicos con los líderes y organizaciones de Palermo.

3.4.1 Incendios

Desde la percepción de los y las participantes los incendios se encuentran fuertemente asociados a la variabilidad climática y a los efectos de las altas temperaturas presentes en la zona. Asimismo, sostienen que, pese a que existen otras actividades antrópicas que causan los incendios como la quema de basuras en algunos sectores, estas han disminuido debido a las acciones de educación ambiental que se vienen realizando desde las organizaciones, así lo expresan:

“Los incendios se siguen presentando. Es uno de los problemas más comunes en nuestra región y en el área de parques; se da debido al cambio climático, no solamente tiene intervención humana, porque a veces pensamos que en algún lugar prendieron basura y se incendió, no, a veces también se da por la fuerte luz del sol y las fuertes temperaturas, que provocan incendios. Entonces, este es uno de los problemas que más se presenta aquí en la zona, y que siempre estamos escuchando, entonces si se presenta y se sigue manteniendo dentro del área protegida”

Mujer, Lideresa de Palermo (2023)

A su vez, algunos de los participantes sostienen que, aunque la problemática si existe en la zona, en el polígono a intervenir no se han reportado incendios a la fecha, razón por la cual, no lo consideran un tensor directamente asociado:

“Hay algunos sectores en los que este tensor ha aumentado, como Playita y Poza Verde, que están al margen del río Magdalena” “Acá anteriormente, en el margen de la troncal, yo recuerdo hace muchos años había muchos incendios, pero en la medida en que las organizaciones y nosotros hemos venido con estos procesos, notarán que los incendios en cierta parte son menores. ¿Por qué? Porque ya hay más conciencia de la gente. La Comunidad tiene más conciencia de qué nos afecta, qué tanto nos afecta a nosotros. (...) pero, pues a la margen del caño Clarín, casi no se presentan incendios”

Mujer, Lideresa de Palermo (2023)

Cabe resaltar que algunos miembros de la comunidad mencionaron que en algún momento se presentaron incendios en esta zona, sin embargo, no hay certeza que sea dentro del área priorizada. Al respecto, se pudo evidenciar en el informe técnico del área protegida que en el área protegida se han reportado “desde el 2013 más de 79 incendios forestales, que en conjunto superaron 815 ha de bosques de manglar deteriorado, ubicados en su mayoría (72% de los eventos) en el sector occidental de la VIPIS” (PNNVIPIS, 2022), lo que da a interpretar que los eventos que se siguen presentando ocurren mayoritariamente en el área de Caño

Clarín Viejo, afectando principalmente los bosques del sector occidental (PNNVIPIS, 2022). Esto coincide con los planteamientos de la comunidad, sin embargo, es importante seguir haciendo seguimiento a las actividades realizadas en esta zona y seguir promoviendo acciones que mitiguen la quema de basuras y otras actividades que puedan propagar esta problemática ambiental.

3.4.2 Tala

La comunidad plantea que la tala de árboles se presenta en los sectores del Km 18, Boquerones y Caño Clarín Nuevo, esta es utilizada principalmente para producción de carbón, sin embargo, consideran que esta actividad es mínima debido la presencia de diferentes empresas en la zona, las cuales han venido generando capacidad de empleo a los pobladores que subsistían de la madera de los árboles y que de esto dependía su actividad económica. A esto adicionaron:

“La tala se presenta porque hay un sector que la madera la cogen para carbón y se produce una actividad económica de subsistencia entre los pobladores que están cerca. Por ejemplo, los incendios que se presentaron en estos días, fue a causa de taladores y cuando hacen la quema del mangle y todo eso hubo una afectación ahí. O sea, es mínimo, porque la presencia de una zona industrial y portuaria en el corregimiento ha minimizado el impacto de la tala acá dentro del área protegida, muchas personas que vivían de la actividad, entre esos los pecadores, los que talaban el mangle, y los bosques, se han ido a trabajar a las diferentes empresas que están en ese corredor portuario. O sea, ha minimizado, hay tala, pero mínima”

Hombre, líder de Palermo (2023)

Agregan también, que sigue existiendo una tala de árboles controlada para aprovechamiento y uso de las comunidades, como, por ejemplo, la construcción de casas, cercados, entre otros; para ello se debe tramitar un permiso con las autoridades pertinentes; así lo sustentan:

“Y cuando alguien de la Comunidad, por ejemplo, necesita para hacer una un cercado, construir la casa, porque la mayoría son de madera, va y pide el permiso”

Mujer, lideresa de Palermo (2023)

Es importante resaltar que dentro de los servicios ecosistémicos de provisión se encuentra el aprovechamiento de la madera, y que en muchas ocasiones de este recurso depende la subsistencia económica de algunos pobladores; sin embargo, es importante seguir fortaleciendo los acuerdos de conservación acompañada de la promoción de nuevas fuentes de empleos que permita el tránsito de una actividad económica a otra, ya que, aunque los productos madereros derivados del manglar se han constituido como una de principales insumos que se obtiene de este ecosistema en muchas partes del mundo, también ha

conllevado a una sobreexplotación del recurso (Gómez País, 2005). De aquí la importancia de seguir manteniendo los acuerdos con las comunidades y la vinculación de los mismos en los procesos de restauración ecológica.

3.4.3 Sedimentación

La sedimentación es presentada por las comunidades como uno de los tensores con mayor presión sobre el ecosistema. la sedimentación se da por el arrastre de las corrientías del río Magdalena, que transporta sedimento y material vegetal hacia el caño. Esto es agravado por la falta de limpieza y mantenimiento de canales por parte de las autoridades ambientales, ocasionando taponamiento en los flujos de agua y alteración de los mismos. La comunidad sostiene que es un tensor que ha venido en aumento a través del tiempo. A esto agregaron:

“Bueno, hacia ese polígono (...) Allí sí se da la sedimentación, porque al Caño Clarín no se le hace mantenimiento de dragado cuando el nivel del agua está bajo, sino que CORPORMAG hacen las intervenciones en época de invierno. Entonces, si entra mucho material flotante y eso lo que hace es que se sedimente, y cómo no hay un mantenimiento permanente, ahí empieza la sedimentación”

Hombre, líder de Palermo (2023)

La comunidad reconoce que este podría ser uno de los tensores que genera alta mortandad de los ecosistemas de manglares en la CGSM:

“La sedimentación afecta también, no solamente el intercambio de agua dulce y el agua salada, sino que también afectan los niveles de agua, y produce la mortalidad de mangles”

Hombre, líder de Palermo (2023)

A su vez, otros participantes afirmaron que este intercambio permanente de sedimentos puede estar derivándose de la presencia de otros tensores, como es la alteración de flujos hídricos, acompañada de material sólido, orgánico e inorgánico, aumentando en diversas medidas las presiones sobre el ecosistema.

3.4.4 Contaminación por residuos sólidos

La contaminación por residuos sólidos se identificó como uno de los principales tensores no solo sobre el ecosistema de manglar, sino también sobre el cuerpo de agua de la Ciénaga Grande de Santa Marta, debido a que la mayoría de los residuos domésticos de los pobladores, sumado a los que arrojan las personas externas desde la troncal del Caribe, terminan tanto en las raíces de los manglares como en la ciénaga; al respecto, adicionan:

"Es una de las preocupaciones que ya hemos manifestado en varios espacios porque es un detonante, ahorita estamos dedicados a la restauración.; pero el problema de la Ciénega grande es la contaminación, ¿por qué? Porque la mayoría de los pescadores salen a hacer sus faenas de pesca y compran en el kilómetro 13, en los mismos palafitos, porque hemos compartido espacios con sus organizaciones y ellos tienen la misma inquietud, y es el problema de las bolsas y de los residuos que se van a las raíces de los mangles"

Mujer, lideresa de Palermo (2023)

También agregan que:

"es más la contaminación, ya que también las personas que estamos asentadas en toda la orilla del Caño, cuando cortamos, la cepa de guineo, todo eso la tiramos al caño, y eso termina allá en el mangle, y eso obstruye un poco también el paso de los que vienen por el río Magdalena y todo eso hace que se comience a generar la sedimentación por la parte de abajo"

Mujer, lideresa de Palermo (2023)

3.4.5 Construcción de carreteras

Según el informe técnico del VPIS, el manglar del área protegida se ha venido afectando desde los años 70's y 80's, primero por la construcción de la carretera que va de Barranquilla a Ciénaga y luego, por la que va paralela al río Magdalena entre Palermo y Sitio Nuevo, todo esto "sin respetar la comunicación entre cuerpos de agua, afectado el balance hídrico del CLCGSM" (PNNVIPIS, 2022)

Según la comunidad la construcción de la antigua carretera provocó la alteración de los flujos hídricos y con ella procesos de hipersanilización, esto generó en su momento una gran mortandad de especies. La preocupación actual, es que, con la construcción del viaducto, se aumente el estado de vulnerabilidad del manglar, siendo considerada por sus habitantes, como una de las grandes amenazas del ecosistema, y, por tanto, uno de los principales tensores con mayor presión, así lo argumentan:

"Una de las causas que conllevó a que los ecosistemas de manglar se acabarán fue que no tuvieron en cuenta la fuente hídrica. Y ahora con el viaducto vamos a las mismas, porque no se le hace mantenimiento a Caño Clarín, que es la fuente de agua dulce que nos protege a nosotros, que llegaba a ciénaga grande porque ya casi el agua no llega allá, y construyendo eso, el mar se va a meter y se va a desaparecer Caño Clarín"

Hombre, líder de Palermo (2023)

3.4.6 Alteración de flujos hídricos

La comunidad sostuvo que la alteración de flujos hídricos funge como consecuencia de la construcción de la carretera troncal del Caribe y la que conecta Sitio Nuevo con Palermo, puesto que obstruyeron las entradas de los caños y evitaron el intercambio de agua dulce y salada. Esto también es afectado por la falta de mantenimiento, limpieza y según lo expresado por los líderes a la poca continuidad de los proyectos. A esto agregan:

"Ha aumentado más porque hay muchos caños que están taponados. Cuando este caño se construyó en el 95 se le hacía mantenimiento había una cooperativa, lo hacía manualmente, este caño permanecía limpiecito y esa agua llegaba directamente a ciénaga grande (...) se hicieron unos acuerdos en los cuales cada dos años se hacía el mantenimiento, se cumplieron los primeros años, después de ahí no más, hay que aprovechar es en el verano que baja el nivel y ya se ve donde"

Hombre, líder de Palermo (2023)

La continuidad de los proyectos, aunque no es considerada un tensor, ni un factor asociado a la degradación del manglar, es importante mencionar que para las comunidades el hecho de que no exista continuidad en los procesos de intervención: limpieza, apertura de caños, entre otros, aumenta la afectación de los flujos hídricos y por ende la mortandad de especies. Cabe resaltar que muchas veces, los líderes y organizaciones intentan continuar con los procesos desde sus recursos propios y desde la alternancia de actividades, sin embargo, esto es insostenible en el tiempo ya que requieren seguir realizando otras actividades económicas para su subsistencia, de ahí la importancia de seguir fortaleciendo la gobernanza ambiental comunitaria y la continuidad de estos proyectos.

3.4.7 Salinización

La comunidad manifiesta que, aunque anteriormente la hipersalinización fue uno de los principales tensores en la CGSM, actualmente este no genera mayor presión sobre el ecosistema; así lo expresan:

"cómo se evidencia que hay hipersalinización en la ciénaga grande, cuando hay mortandad de especies, este año no ha habido, pero el año pasado sí"

Hombre, líder de Palermo (2023)

No obstante, consideran que es un tensor que se mantiene con algunas variaciones, porque depende directamente de la limpieza de los canales.

3.4.8 Valoración de los tensores socioecológicos

Seguido, se realizó una escala de valoración para ubicar los cambios de los tensores en el tiempo y el grado de urgencia o gravedad sobre el ecosistema. Asimismo, se identificaron diversas acciones que se vienen realizando para la mitigación de los mismos desde la gobernanza comunitaria. A partir de estoDe lo anterior, se puede concluir que la sedimentación, la contaminación por residuos sólidos, la construcción de carreteras y con ella la alteración de los flujos hídricos son los tensores con mayor presión sobre el polígono priorizado.

Tabla 7De lo anterior, se puede concluir que la sedimentación, la contaminación por residuos sólidos, la construcción de carreteras y con ella la alteración de los flujos hídricos son los tensores con mayor presión sobre el polígono priorizado.

Tabla 7. Valoración de tensores socio-ecológicos en CGSM- Caño Clarín Nuevo.

Tensores	Cambios	Valoración	Acciones de mitigación
Incendios	Disminución	Baja	Formación y capacitación (educación ambiental) realizada por Parques Nacionales de Colombia-VPIS y Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres- UNGRD.
Salinización	Moderado	Media	Aperturas de canales.
Tala	Disminución	Media	Formación y capacitación (educación ambiental) realizado por Parques Nacionales de Colombia-VPIS.
Sedimentación	Aumento	Alta	Mantenimiento de canales.
Contaminación por residuos	Aumento	Alta	Campañas de educación y concientización. Rutas de recolección de residuos dirigidas al centro de acopio de Ecopalermo de ASERPA. Es una de las asociaciones que trabaja temas de restauración y recolección de residuos en el VIPIS. Jornadas de limpieza Talleres de educación ambiental con niños y niñas en las escuelas Acciones articuladas con las asociaciones firmantes de los acuerdos de la ruta de la conservación en el VIPIS

Construcción de carreteras	Aumento	Alta	Socialización de los proyectos con las comunidades para minimizar impactos socioambientales. Inversión de recursos para establecimiento de convenios que permitan la compensación ambiental. Sobretasa -Monitoreo de la ciénaga
Alteración de flujos hídricos (falta de mantenimiento a los canales)	Aumento	Alta	Aperturas de canales

3.5 Conflictos socioambientales

En el marco de la actualización del Plan de Restauración ecológica para el KM 22 -Caño Clarín Nuevo, en la Ciénaga Grande de Santa Marta, las comunidades participantes manifestaron que existía una serie de tensiones, disparidades y dificultades entre los diferentes actores de influencia con respecto a la toma de decisiones, y al manejo de algunos proyectos de restauración que llegaban a la zona. Asimismo, argumentaron tener algunas diferencias frente a las obras de infraestructura (construcción del viaducto de carretera de Barranquilla a Santa Marta) que se adentraban en el sector (actualmente se encuentran participando de las mesas de socialización); por lo cual, consideran que su participación debe seguir siendo permanente e indispensable en todas las fases del proyecto.

Estas tensiones son denominadas por la ecología política como conflictos ambientales, socioambientales, ecológicos distributivos o redistributivos, estos “forman parte del conjunto de elementos que se manifiestan a partir de la gran crisis global y las injusticias de redistribución sobre los elementos o componentes del ambiente por parte de los seres humanos” (Mesa Cuadros, 2015) estos se derivan de la inequidades y no están relacionados únicamente con la distribución de los bienes ambientales y naturales sino también a “las cargas de contaminación, deterioro, degradación, desplazamiento y daños ecológicos y sociales desde los cuales emergen todo tipo de reivindicaciones en distintos sectores de la población” (Mesa Cuadros, 2015), dicho de otra manera, este tipo de conflictos surgen por inadecuado acceso, formas de apropiación, utilización, manejo y significación desigual de la naturaleza (Prieto Rozo, 2017).

Al respecto, la comunidad manifiesta que existen diferencias en la forma como se manejan o ejecutan algunos proyectos en la zona, ya sea de restauración o de obras de infraestructura. Esto se debe a que en ocasiones algunas empresas, instituciones o autoridades ambientales no tienen en cuenta las percepciones y realidades de las comunidades en la consolidación de los procesos socioambientales. Esto genera poca participación de los actores locales ya que algunas veces no son convocados, y otras solo son vistos como pobladores que proporcionan información, sin incluirlos en la validación y toma de decisiones frente al manejo y uso que se le va a dar al ecosistema. A esto agregan:

“Muchas veces son otras entidades quienes realizan las implementaciones de estos proyectos en el territorio, sin vincular incluso a las comunidades, terminan haciendo cosas que no son porque no conocen la zona, ya uno ha ido aprendiendo como es, por la experiencia”

Hombre, líder de Palermo (2023)

Por lo tanto, se retomó la técnica denominada círculo del conflicto (Figura 12) para aproximarse a la dinámica de la situación expuesta y así poder identificar junto con los participantes, las posibles causas, consecuencias, actores e intereses que hacen parte del conflicto socioambiental.



Figura 12. Identificación de conflictos socioambientales.

Luego de realizada la actividad, los participantes mencionaron diversos factores y características que fueron organizadas (Tabla 8) para mayor comprensión del conflicto. Cabe resaltar que esto no corresponde al resultado de un análisis de conflictividad socio ambiental, sino a una aproximación del mismo, según relatos de los y las participantes.

Lo anterior, puede entenderse desde su tipología según las categorías del Atlas de Justicia Ambiental- 2021 (Martínez Alier, 2021), como conflictos por i) Infraestructuras y entornos construidos y ii) conflictos por la conservación de la biodiversidad. Los primeros porque de acuerdo a los antecedentes de la zona, las diferentes construcciones de carreteras que se han realizado han afectado gravemente y deteriorado el ecosistema de manglar, en este sentido, puede que existan diferentes puntos de vista e intereses en la forma como se están ejecutando estos proyectos, sobre todo, en el establecimiento de acuerdos con los actores locales para la mitigación de los impactos socioambientales y las diferentes afectaciones que se pueden generar en el ecosistema.

Los segundos se plantean, porque el deterioro de los ecosistemas no solo se presenta por factores directos, ya sean antrópicos o ecológicos, sino también por la toma de decisiones que se ejerce frente al mismo. De igual forma, se resalta que, al ser la zona un área protegida, se tienen limitaciones frente al acceso y uso de recursos por parte de las poblaciones aledañas.

Sin embargo, cuando hay diferencias frente al manejo o uso que se le da un ecosistema, este puede terminar por degradarse, ocasionando afectaciones ambientales, sociales, culturales y económicas en los sectores donde se encuentran ubicados.

Tabla 8. Aproximación a la dinámica del conflicto socioambiental.

Actores	Intereses	Causas	Consecuencias
Internos: - Comunidad de Palermo - Autoridades ambientales	Comunes: - Protección y conservación del ecosistema Diferencias: - Toma de decisiones - Participación desigual - Usos y prácticas en el ecosistema	Directas: - La comunidad no es un actor activo en la toma de decisiones - Poca experiencia organizacional en la gerencia de proyectos socioambientales - Falta de autonomía de las comunidades para tramitar los documentos de sus organizaciones. Estructurales: - Poca formación y capacitación instalada de las organizaciones comunitarias en gerencia de proyectos	Sociales: - Poca participación de las comunidades en los procesos de implementación - Debilidad en las organizaciones comunitarias - Ineficiencia de los recursos Ambientales: - Deterioro del ecosistema - Afectaciones a la seguridad alimentaria (peces, cultivos) - Implementación de acciones poco coherentes con las necesidades reales de los ecosistemas.

A modo de conclusión, es importante resaltar que cuando existen diferencias entre los actores y estos no se ponen de acuerdo frente al manejo y los usos que se le va a dar un ecosistema, esto repercute en su deterioro y genera un sin número de consecuencias sociales y ambientales que terminan por generar otros problemas socioambientales.

"cuando hay conflictos el ecosistema se deteriora y esto repercute en nosotros las comunidades, porque caño Clarín lo representa el 70 % pescadores y el otro 30% agricultores y eso nos afecta como comunidad"

Hombre, líder de Palermo (2023)

Asimismo, es importante considerar la importancia de promover alternativas para la gestión y la transformación de estos conflictos, que conlleven a superar las diferencias existentes y trabajar mancomunadamente por la defensa y protección del ecosistema de manglar de la CGSM. En ese sentido, los y las participantes propusieron que para superar estas disparidades es importante trabajar en la gobernanza y fortalecimiento de las organizaciones comunitarias, exponer y visibilizar el conflicto con los actores pertinentes y establecer acuerdos y mesas de diálogo con las partes implicadas.

3.6 Grupos de base comunitaria y acciones de restauración

En la CGSM confluye una base social importante que cuenta con una alta experiencia en los procesos de restauración ecológica de manglares. Lo anterior, ha marcado un precedente en estos procesos socioambientales, puesto que se ha evidenciado que la participación comunitaria es fundamental para el alcance los resultados y representa una estrategia de transformación y construcción social que se ve sustentada en el mejoramiento y conservación de estos ecosistemas.

Por ende, el abordaje del enfoque participativo en los proyectos de restauración ecológica es indispensable ya que se minimizan los riesgos, y se construyen acciones más coherentes a las necesidades de los actores locales y de los ecosistemas de manglar. Su fin último, es que las comunidades manejen un rol activo en el marco de estos procesos y puedan fortalecer su estructura organizativa, formación y experiencia comunitaria para la sostenibilidad de los procesos de restauración en el territorio.

De esta forma, se lograron identificar las siguientes organizaciones que conforman la base social comunitaria del área de influencia y que se estiman como actores aliados para acompañar la instauración de procesos de restauración ecológica en la CGSM-Caño Clarín Nuevo. Estas se describen a continuación:

1. Asociación de Grupos Ecológicos de la Vía Parque Isla Salamanca (ASGESYC DE LA VIPIS)
2. Asociación de Servicios de Reciclaje de Palermo - ASERPA
3. Asociación de Pescadores Unidos de Palermo - ASOPESPALERMO
4. Asociación de Usuarios del Canal Clarín - AUCC“USUARIOS”
5. Asociación De Pescadores Y Mujeres Rurales Del K-14 Clarín - ASOPESCLARÍN
6. Fundación Ambiental Mujeres Del Magdalena - FUNDAMAG

De acuerdo con lo anterior, se logró identificar que estas organizaciones han desempeñado un papel fundamental importante en los procesos de restauración, puesto que algunas de ellas están enmarcadas en diferentes acuerdos de conservación con la VPIS, y además, han participado en diferentes procesos de implementación de restauración activa de manglar, desarrollando distintas actividades que han aportado a la reforestación y al acondicionamiento de los flujos de agua. Asimismo, es importante precisar que estas comunidades han ganado experiencia tanto en la restauración activa como pasiva, adquiriendo capacidad en el

desarrollo e implementación de viveros, dispersión de semillas y siembra de plantas, rehabilitación hídrica y monitoreo (Tabla 9).

Tabla 9. Organizaciones comunitarias y experiencias en restauración.

Organizaciones comunitarias	Experiencia en Restauración
ASGESYC DE LA VIPIS	Viveros Dispersión de semillas y siembra de plantas Rehabilitación hídrica Monitoreo
ASERPA	Viveros Dispersión de semillas y siembra de plantas.
ASOPESPALERMO	Dispersión de semillas y siembra de plantas Monitoreo
AUCC “USUARIOS”	Viveros Dispersión de semillas y siembra de plantas Monitoreo
FUNDAMAG	Viveros Dispersión de semillas y siembra de plantas Rehabilitación hídrica Monitoreo
ASOPESCLARÍN	Dispersión de semillas y siembra de plantas Rehabilitación hídrica Monitoreo

Con respecto a las instituciones que han trabajado, acompañado o han liderado la ejecución de estos proyectos junto con las organizaciones comunitarias, se lograron identificar las siguientes: INVEMAR, Parques Nacionales Naturales VPIS, Aquabiósfera, Natural SIG, Universidad del Magdalena, WWF (World Wildlife Fund) y Palermo Sociedad Portuaria. Asimismo, se identificó que estas organizaciones por su tiempo de existencia y relacionamiento con la VPIS han adquirido mayor experiencia en proyectos de restauración y con la implementación de diferentes actividades. De igual manera, se resalta que 2 de estas organizaciones se encuentran en acuerdos de conservación entre comunidades y parques nacionales naturales, VPIS.

A modo de conclusión, se hace importante precisar que las organizaciones comunitarias del área de influencia del parque han adquirido una larga experiencia en proyectos de restauración ecológica de manglares. Esto les ha permitido consolidarse como aliados estratégicos a la hora de realizar cualquier proyecto de implementación, no solo por el recorrido llevado, sino también por ser conocedores y sabedores del territorio. Por tanto, es importante que estas puedan ser involucradas desde el proceso de planeación y caracterización de futuras áreas a restaurar, debido a que, a partir de sus vivencias, pueden aportar información importante que funja para la toma de decisiones de forma asertiva.

4 PRIORIZACIÓN DE ÁREAS DE RESTAURACIÓN

4.1 Priorización de áreas de manglar a restaurar/rehabilitar

Como parte de las características del polígono a restaurar, se observaron cambios en la tonalidad del agua en las zonas donde se encuentran las aperturas laterales realizadas por CORPAMAG en 2019, especialmente sobre los canales 4 y 5, donde se puede ver una coloración café clara del agua que ingresa desde el caño al interior del manglar. Asimismo, a partir de la información generada por los sobrevuelos con equipo RPAS, se pudo observar el estado de la vegetación en el área de interés, siendo más densa hacia la parte oeste (Figura 13), de igual manera en el límite con Caño Clarín Nuevo también se evidencia una franja de manglar en “buen estado” que oscila entre 20 – 30 m de ancho, lo cual ha sido producto de las acciones de rehabilitación y restauración implementadas en el marco de la iniciativa de 180 millones de árboles en el 2021.

En la Figura 13, se muestra la propuesta inicial de intervención para el convenio, que incluía la apertura de los canales (7 y 8) y la siembra de manglar. Sin embargo, debido a los plazos de ejecución del convenio 924 de 2023, las condiciones climáticas, la disponibilidad de material vegetal y la necesidad de mantenimiento y apertura de canales para despejar los flujos de macrófitas y troncos, se decidió llevar a cabo únicamente la rehabilitación hidrológica de un polígono de 156 ha en el margen norte del Caño Clarín Nuevo- Km 22. Se espera que estas acciones de rehabilitación hidrológica tengan un impacto, en el polígono de 156 hectáreas, similar al de las áreas intervenidas en 2021 en el mismo sector del Caño Clarín.

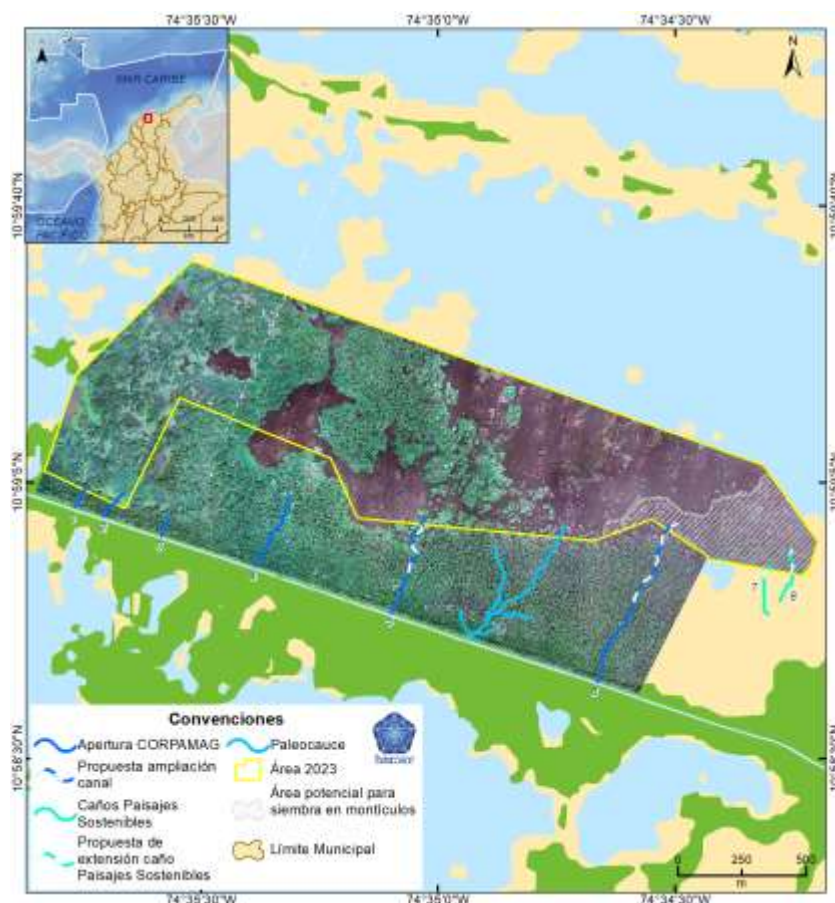


Figura 13. Ortofotomosaico Caño Clarín Nuevo con la propuesta de intervención convenio 924/2023. Fuente: Elaboración INVEMAR 2023.

4.2 Identificación de tensores

El estado actual del área se verificó en una salida de campo realizada el día 16 de noviembre de 2023, en la cual se realizó una evaluación ecológica rápida. Las actividades iniciaron con el reconocimiento de 6 canales secundarios aperturados por CORPAMAG (Figura 14), distribuidos en el eje axial de Caño Clarín Nuevo. En la actualidad algunos de estos canales no están cumpliendo su función correctamente ya que están obstruidos por macrófitas en la boca, impidiendo el tránsito de la lámina de agua hacia las áreas de manglar internas.

Canal 1: Se encontró obstruido un 95% por especies vegetales de agua dulce (buchón, trébol de agua, buchón de agua, batatilla de agua, tripa caimán, lenteja de agua, lechuga de agua). En la evaluación rápida se registraron las siguientes especies de manglar: *L. racemosa* y *A. germinans*. El canal cuenta con un ancho de 6,10 metros y una profundidad de 79 cm.



Figura 14. (a-f) Estado de los seis caños secundarios aperturados por CORPAMAG, obstruidas por macrófitas y material vegetal a. canal 1, b canal 2, c canal 3, d canal 4, e canal 5, f canal 6.

Canal 2: Se encontró obstruido un 90% por especies vegetales de agua dulce (buchón, trébol, batatilla), en la evaluación rápida se registraron las siguientes especies de manglar: *L. racemosa* y *A. germinans*. El canal cuenta con un ancho de 6 metros y una profundidad de 112 cm.

Canal 3: Se encontró totalmente obstruido por especies vegetales de agua dulce (buchón, trébol, batatilla), en la evaluación rápida se registraron las siguientes especies de manglar: *R. mangle*, *L. racemosa* y *A. germinans*. El canal cuenta con un ancho de 6,7 metros y una profundidad de 84 cm, además se observó residuos de material vegetal (troncos y raíces) obstruyendo el paso de la lámina de agua.

Canal 4: Se encontró totalmente obstruido por especies vegetales de agua dulce (buchón y batatilla de agua). En la evaluación rápida se registraron las siguientes especies de manglar: *L. racemosa* y *A. germinans*. El canal cuenta con un ancho de 8,10 metros y una profundidad de 96 cm.

Canal 5: Se encontró totalmente obstruido por especies vegetales de agua dulce (buchón, trébol, batatilla), en la evaluación rápida se registraron las siguientes especies de manglar: *L. racemosa* y *A. germinans*. El canal cuenta con un ancho de 5,20 metros y una profundidad de 111 cm.

Canal 6: Se encontró totalmente libre de macrófitas, en la evaluación rápida, se observó que la sección transversal de este caño posee aproximadamente 4 metros de ancho y una profundidad de 89 cm, su estructura se encuentra conformada por las especies: *L. racemosa* y *A. germinans*.

Dentro del ejercicio de reconocimiento, a partir de recorridos libres sobre la margen izquierda del terraplén en inmediaciones del polígono intervenido por CORPAMAG en 2021, se identificaron varias especies vegetales, las cuales se encuentran obstruyendo los flujos hídricos, caracterizadas así: *Ipomoea aquatica*, *Phyllanthus fluitans*, *Mimosa pigra*, *Neptunia oleracea*, *Polygonum punctatum*, *Ludwigia helminthorrhiza*, *Ludwigia peruviana*, *Salvinia auriculata*, *Paspalum repens*, *Lemna minor*, *Pistia stratiotes*, *Typha dominguensis*, *Marsilea minuta*, *Thalia geniculata*, *Eichhornia crassipes*.

En el ejercicio de reconocimiento se identificó que uno de los mayores tensores es el taponamiento del caño principal Clarín Nuevo margen izquierda en el sentido occidente – oriente (Tabla 10), esta obstrucción se alarga desde el extremo del polígono a una distancia de 3,5 km, aproximadamente, destacando que la sección transversal de macrófitas se encuentra entre los 6 y 8 metros (Figura 15).

Tabla 10. Identificación de Principales tensores y limitantes ecológicos de la regeneración natural en el sector Clarín Nuevo- K22 en la CGSM.

Tensores o factores de degradación		
Obstrucción de canales laterales	de	6 canales secundarios aperturados por CORPAMAG (2021), no se encuentran cumpliendo su función correctamente ya que están obstruidos por macrófitas y restos de material vegetal impidiendo el tránsito de la lámina de agua hacia áreas de manglar
Obstrucción de canal principal Clarín Nuevo		Taponamiento por macrófitas y restos de material vegetal de un tramo de 3,5 km del caño principal Clarín Nuevo margen izquierda en el sentido occidente - oriente, impidiendo el transito libre del flujo hídrico hacia las zonas de manglar.
Sedimentación		En las áreas visitadas (area DCI y área de referencia, se encuentran depositados altos contenidos de sedimento, impidiendo el flujo normal de agua y el normal funcionamiento de procesos de regeneración natural y la dinámica natural de crecimiento del manglar.
Limitantes ecológicas de la regeneración natural		
Escases de semilla		La muerte de los árboles adultos limita la disponibilidad de semillas



*Figura 15. Estado general caño principal Clarín Nuevo-km 22, obstruido por distintas especies de macrófitas.
Fuente: INVEMAR,2023.*

4.2.1 Objetivos del plan de restauración/rehabilitación de sector Km 22 en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM)

4.2.1.1 Objetivo general

Generar las condiciones ambientales que permitan el crecimiento y desarrollo del manglar con el fin de recuperar las funciones ecológicas y servicios ecosistémicos de los sectores de manglar priorizados.

4.2.1.2 Objetivos específicos

- Restablecer los flujos hídricos en el área para propiciar condiciones que permitan el establecimiento de plántulas y propágulos de manglar.
- Propiciar la regeneración del manglar mediante el establecimiento de centros de dispersión con la técnica de montículos de sedimento o islas de vegetación.
- Involucrar en las actividades de restauración a las comunidades vecinas al sector con el fin de generar sentido de pertenencia por el ecosistema de manglar y de ofrecer, a su vez, una fuente de ingresos económicos.

4.2.2 Metas del plan de restauración/rehabilitación

Para el logro de los objetivos del proyecto se plantean metas a corto y mediano plazo como se describe en Tabla 11.

Tabla 11. Metas a corto y mediano plazo de las acciones de restauración en el sector Caño Clarín Nuevo- Km22.

Objetivo Específico	Metas
Restablecer los flujos hídricos en el área para propiciar condiciones que permitan el establecimiento de plántulas y propágulos de manglar.	Corto plazo (6 meses) - Restaurar la totalidad de 3,5 km del caño principal Clarín, obstruidos por macrófitas y residuos de material vegetal que permitan el libre flujo de agua desde el canal Clarín hacia las zonas de manglar. - Rehabilitar la totalidad de ocho (8) canales laterales sobre el lado norte del caño Clarín, con participación de la comunidad. - Apertura manual (con participación comunitaria) de un canal principal con cuatro (4) ramas laterales sobre paleocauces (que suman 1,3 km), que permitan el libre flujo de agua desde el canal Clarín hacia las zonas de manglar Mediano plazo (3 años) - Mantenimiento del caño principal permitiendo la libre entrada de agua desde el canal Clarín hacia las zonas de manglar del sector de restauración. - Mantenimiento de canales laterales preexistentes que suman 1,9 km, permitiendo la libre entrada de agua desde el canal Clarín hacia las zonas de manglar del área de restauración.
Propiciar la regeneración del manglar mediante el establecimiento de centros de dispersión con la técnica de montículos de sedimento o islas de vegetación.	Corto plazo (6 meses) - Establecimiento de pilas de sedimento para nivelar la topografía del suelo, al tiempo que se propician áreas para la regeneración natural. Mediano plazo (3 años) - Establecimiento de montículos de dispersión en las áreas donde no se han dado procesos de regeneración natural
Involucrar en las actividades de restauración a las comunidades vecinas al sector con el fin de generar sentido de pertenencia por el ecosistema de manglar y de ofrecer, a su vez, una fuente de ingresos económicos.	Corto plazo (6 meses) - Tres (3) comunidades involucradas en las acciones de implementación del plan de restauración. Mediano plazo (3 años) - Al menos el 30% de los participantes de la implementación continúan vinculados a procesos de restauración que garanticen la continuidad de las actividades de rehabilitación

4.2.3 Estrategias, acciones y técnicas para la restauración/rehabilitación

Dada las diferentes condiciones ambientales, tensores de degradación y limitantes ecológicos para la restauración en cada una de las áreas, a continuación, se describen las estrategias para lograr las metas de restauración propuestas.

Se propone rehabilitar ocho (8) aperturas laterales ubicadas dentro del área de interés (Tabla 12), las cuales serán implementadas por Proyectos de Ingeniería Suministros y Equipos PINSE S.A.S, en unión con la comunidad, considerando replantear las aperturas existentes, debido a que el dimensionamiento y forma del canal (apertura), no es funcional en períodos secos, al descender la lámina de agua, al incrementarse los sedimentos y la presencia de obstrucciones, no permiten el tránsito o libre flujo hacia la zona priorizada para restauración. De igual manera se plantea la extensión del caño 5 en 263 metros y el caño 6 en aproximadamente 380 metros lineales. Así mismo se propone la utilización y extensión de dos caños adicionales (caño 7 y caño 8), los cuales se ubican al extremo noreste del polígono y juntos suman 180 metros lineales.

Tabla 12. Coordenadas propuestas de restauración hídrica para aperturas laterales.

Nombre	Coordenadas Punto de Inicio	Longitud (m)	Extensión propuesta
Reapertura 1	10°59'1.89"N; 74°35'45.91"O	90,7	
Reapertura 2	10°59'0,70"N; 74°35'42,45"O	128,7	
Reapertura 3	10°58'58,23"N; 74°35'35,11"O	78,5	
Reapertura 4	10°58'54,30"N; 74°35'23,20"O	310,2	
Reapertura 5	10°58'48,53"N; 74°35'5,98"O	168,7	263
Reapertura 6	10°58'39,88"N; 74°34'39,87"O	355,6	380
Reapertura 7	10°58'52,93"N; 74°34'18,87"O	152	70
Reapertura 8	10°58'53,36"N; 74°34'15,07"O	118	110
TOTAL		1.132,4	1.955,4

4.2.3.1 Apertura y desazolve de canales laterales y canales sobre paleocauces

En 2019, en el sector del Km 22, debido a que los diques formados por la disposición de los materiales del dragado sobre la orilla norte del Caño Clarín Nuevo limitaban la entrada de agua hacia los manglares, se abrieron bocas que permitieran el libre paso del agua desde el canal hacia las zonas de restauración (INVEMAR. 2019. Actualmente algunas de estas bocas y los respectivos canales se encuentran taponadas por macrófitas o han perdido profundidad para permitir el paso del agua. Por esta razón se propone el mantenimiento de 8 bocas con sus respectivos canales laterales sobre el Caño Clarín Nuevo, que suman en total 1.955 metros lineales (Sotomonte, S., Rojas, D., & Rodríguez-Rodríguez, J. A. (2021). Se proyecta que en el diseño, se mantenga la sinuosidad del canal. De igual manera se programa el retiro de sedimento de las partes más elevadas del cauce de los canales, de manera que tenga capacidad hidráulica para la conducción del agua y simule una geometría natural de

lecho del canal. La profundidad manejada se espera que este entre los 0,5 y 0,8 m, desde la cota del terreno, para garantizar el ingreso de la lámina de agua desde Caño Clarín Nuevo hasta el interior del área de interés, incluso en periodos de sequía, y respetando el crecimiento e integridad de los neumatóforos.

Igualmente se realizará el mantenimiento de un canal principal con 4 ramas laterales sobre paleocauces que suman 1.271,4 m (Sotomonte, S., Rojas, D., & Rodríguez-Rodríguez, J. A. (2021). Estas actividades se realizarán manualmente con participación de la comunidad. El sedimento removido en estas actividades, en parte debe dispersarse en el área, y la otra parte, disponerse formando montículos de no más de 2 m de largo x 1 m de ancho, separados entre sí mínimo 4 m. La disposición del sedimento y del material vegetal (troncos) debe hacerse sin afectar la vegetación establecida en la zona

4.2.3.2 Acondicionamiento de centros o núcleos de dispersión

El área o polígono intervenido presenta condiciones de inundación relativamente estables (40-60 cm), lo que dificulta realizar actividades de rehabilitación con siembras directas. En este caso se escogió realizar rehabilitación hidrológica con la modificación de la microtopografía, programando la instalación de montículos de dispersión con encerramiento en madera, los cuales se ubicarán en la ribera de los canales habilitados, facilitando el crecimiento de las semillas al caer. Se recomienda su uso en áreas donde el nivel del agua supera la altura de plántulas y propágulos en la etapa de su establecimiento.

Los materiales para construir los montículos de dispersión incluyen solo el uso de madera que puede ser extraída de los canales a intervenir, debido a que este material vegetal obstaculiza el flujo hídrico. Estas estructuras serán construidas formando áreas de 2x3m, rellenas con el sedimento extraído de los canales.

5 FASE DE IMPLEMENTACIÓN

5.1 Plan de trabajo

A continuación, se proponen las actividades para alcanzar los objetivos de restauración en cada una de las áreas, las cuales se planea realizar en 4,5 meses (Tabla 13).

Tabla 13. Plan de trabajo para implementar las acciones de restauración en el sector Km22.

Objetivo	Actividad	Participantes	Mes				
			1	2	3	4	5
Restablecer los flujos hídricos en el área para propiciar condiciones que permitan el establecimiento de plántulas y propágulos de manglar.	Reconocimiento del área.	INVEMAR, Implementadores					
	Socializar a los participantes de la comunidad el objetivo del proyecto y las acciones a implementar (apertura de canales, retiro de macrófitas).	Implementadores, Participantes de la comunidad, INVEMAR y VPIS.					
	Adquisición de materiales	Implementadores					
	Apertura y desazolve de bocas y paleocauces.	Implementadores, participantes de la comunidad					
	Verificar el flujo hídrico y ajustes necesarios.	Implementadores y participantes de la comunidad					
Propiciar la regeneración del manglar mediante el establecimiento de centros de dispersión con la técnica de montículos de sedimento o islas de vegetación.	Instalación de montículos de dispersión con encerramiento en madera	Implementadores y participantes de la comunidad					
Involucrar en las actividades de restauración a las comunidades vecinas al sector con el fin de generar sentido de pertenencia por el ecosistema de manglar y de ofrecer, a su vez, una fuente de ingresos económicos.	Coordinación de la participación de los integrantes de la comunidad con la Vía Parque Isla de Salamanca.	VPIS, INVEMAR, implementadores					
NA	Medición de indicadores de línea base y seguimiento	Implementadores y participantes de la comunidad					
NA	Entregar un informe de implementación de las actividades de restauración	Implementadores					

6 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO

En la Tabla 14, se plantean los indicadores de línea base y seguimiento para conocer el desempeño de las acciones de restauración implementadas, que permita tomar decisiones de gestión para incrementar el éxito de los objetivos de restauración en el área degradada con intervención (DCI).

Tabla 14. Indicadores de línea base y seguimiento a las acciones de restauración en el sector del Km 22.

Objetivo de restauración	Criterio	Indicador	Cuantificador	Unidad	Frecuencia	Verificador
Restablecer los flujos hídricos en el área para propiciar condiciones que permitan el establecimiento de plántulas y propágulos de manglar.	Conectividad hídrica	Parámetros hidrológicos	Metros de canales laterales abiertos permitiendo el libre flujo de agua	Metros (m)	A los dos meses y al final de la implementación.	Informes de seguimiento de la implementación Bases de datos
		Características biofísicas	Informes de seguimiento	Unidad	Al inicio y final de la implementación Primer a tercer año: Trimestral	
Propiciar la regeneración del manglar mediante el establecimiento de centros de dispersión con la técnica de montículos de sedimento o islas de vegetación.	Estructura de la vegetación	Reclutamiento	Densidad de brinzales	ind/0,01 ha	Al inicio y final de la implementación	
			Densidad de latizales	ind/0,01 ha	Primer a tercer año: Trimestral	
			Sobrevivencia de plántulas	%	Mensual	
			Crecimiento de plántulas sembradas en montículos	cm	Mensual	
Involucrar en las actividades de restauración a las comunidades vecinas al sector con el fin de generar sentido de pertenencia por el ecosistema de manglar y de ofrecer, a su vez, una fuente de ingresos económicos.	Impacto social	Parámetros del manglar	Área basal	m ² /ha	Al inicio de la implementación Primer a tercer año: Anual	
		Creación de sentido de pertenencia	Asistentes a socializaciones del proyecto	Unidad	Al final de la implementación Durante el seguimiento del proyecto: anual	
		Oferta laboral	Número de jornales	Unidad		

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Para realizar una correcta rehabilitación de la conectividad hidrológica, es necesario el funcionamiento óptimo de los caños y aperturas laterales. Esto depende de la remoción de macrófitas y sólidos suspendidos que obstruyen el caño principal y las conectividades hídricas entre los ecosistemas, que también redundan en una mejor movilidad y tránsito de trabajadores, pescadores y residentes del sector.
- Establecer sectores para la disposición de material vegetal producto de la remoción de macrófitas y de sedimentos, así mismo, limpieza de madera muerta superficial o sumergida, que se encuentre dentro de los canales, impidiendo que no alteren las condiciones morfológicas del complejo cenagoso.
- Se recomienda monitorear la zona de estudio como mínimo durante el periodo seco y periodo de lluvias para entender mejor la dinámica del área de interés, de esta forma, minimizar el sesgo en los análisis y garantizar que los diseños y propuestas de restauración respondan a las necesidades, limitantes y perturbaciones del sistema.
- El análisis del NDVI entre 2021 y 2023 en Caño Clarín Nuevo - km 22. CGSM destaca áreas con pérdida, estabilidad y un notable incremento en la vegetación saludable, reflejando cambios sustanciales en la salud vegetal. Es importante considerar que estos aumentos en la vegetación no están limitados únicamente a la cobertura de manglar, abarcando también otros tipos de vegetación.
- Debido a la sensibilidad del NDVI a cualquier actividad fotosintética, incluyendo aquella proveniente de distintos tipos de vegetación, se recomienda implementar metodologías o técnicas específicas que permitan identificar y diferenciar la vegetación que no corresponde al manglar en el área de estudio. Estas técnicas pueden involucrar el uso de imágenes satelitales de mayor resolución, análisis espectrales más detallados o la combinación de múltiples índices de vegetación. Al discriminar con precisión la vegetación no manglar, se podrá obtener una interpretación más exacta y específica solo para el NDVI de este ecosistema en Caño Clarín Nuevo - km 22.

8 BIBLIOGRAFÍA

- Alongi, D. (2009). Le energética de bosques de manglares, ciencia springer + medios comerciales BV.
- Brown, C. A., Sharp, D., y Collura, T. C. M. 2016. Effect of climate change on water temperature and attainment of water temperature criteria in the Yaquina Estuary, Oregon (USA). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 169, 136-146.
- Contreras Araque, A. (2016). valoración económica del servicio ecosistémico de soporte a la pesquería provisto por el ecosistema de manglar en la Ciénaga Grande de Santa Marta. *Revista economía del Caribe*.
- Evangelides, C. & Nobajas, A. (2020). Red-Edge Normalised Difference Vegetation Index (NDVI705) from Sentinel-2 imagery to assess post-fire regeneration. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. 17: 100823.
- Flores, D., Céspedes, L., y Alejandra, M. (2013). Identificación de servicios ecosistémicos en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes. Instituto Geofísico del Perú.
- Garcés, M. (2021). *Guía básica para el análisis de conflictos*. Rotary Peace Fellow.
- García Chacón, B., Gonzáles Zabala, S., Quiroz Trujillo, A., & Velásquez Velásquez, Á. (2002). Técnicas interactivas para la investigación social participativa. Medellín: FUNLAM.
- Gallo, Melibea y Rodríguez, Eduardo, 2010: Humedales y medios de vida en la cuenca baja del río Paz. Wetlands International, Panamá.
- Gómez, C., L. Licero, L. Perdomo, D. Romero, D. Ballesteros, D.I. Gómez, A. Melo, J. García, L. Chasqui, M. Bastidas y C. Ricaurte, C. 2014. Elementos técnicos que permiten establecer medidas de manejo, control, uso sostenible y restauración de los ecosistemas costeros y marinos del país. Convenio interadministrativo no 190 de 2014 entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo - MADS y el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés" - INVEMAR. Código Act-Bem-001-014. 287 pp + anexos y mapas.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -, 2022. Boletín Climatológico Mensual - CLIMATOLÓGICO MENSUAL - IDEAM. (s/f). Recuperado el 10 de diciembre de 2022, a partir de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/climatologico-mensual>.
- INVEMAR. 2019. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. 18, 214.

- INVEMAR. 2020. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta: INFORME TÉCNICO.
- Knox, G.A. 2001. The ecology of seashore. CRC Press. Boca Ratón. 557 p.
- Martínez Alier, J. (2021). El ecologismo de los pobres. Conflictos ambientales y lenguajes de valoración. Icaria Editorial.
- Mesa Cuadros, G. (2015). Conflictividad ambiental y afectaciones a derechos ambientales. Universidad nacional-Colección Gerardo Molina.
- Minambiente - Ministerio De Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2015. Decreto N° 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Decreto N° 1594 de 1984, artículos 2.2.3.3.9.7, 2.2.3.3.9.8 y 2.2.3.3.9.10, en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. Bogotá, 2015. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/81normativa/2093-plantilla-areas-planeacion-y-seguimiento-30#normas-fuente>.
- Pbc, ©. Planet Labs. (2023). PlanetScope Product Specifications. Planet.com. https://assets.planet.com/docs/Planet_PSScene_Imagery_Product_Spec_letter_screen.pdf#page=18&zoom=100,72,190.
- Pérez-Ceballos, R., K. Rivera-Rosales, A. Zaldivar-Jiménez, J. Canales-Delgadillo, R. Brito-Pérez, L-Amador del Ángel, y M. Merino-Ibarra. 2018. Efecto de la restauración hidrológica sobre la productividad de raíces subterráneas en los manglares de Laguna de Términos, México. Botanical Sciences, 96(4), 569-581.
- PNNVIPIS. (2022). Acciones de restauración ecológica en zonas degradadas de manglar en la Vía Parque Isla de Salamanca-VIPIS. Parque Naturales Nacionales de Colombia.
- Prieto Roza, A. (2017). Conflictos socioambientales en los páramos de la sabana de Bogotá, estudios nacionales. Asociación Ambiente y sociedad.
- Rodríguez-Rodríguez, J. A., Mancera-Pineda, J. E., & Tavera, H. 2021. Mangrove restoration in Colombia: Trends and lessons learned. Forest Ecology and Management, 496, 119414.
- Rodríguez-Rodríguez, J.A. (Ed.) 2022. La restauración de los manglares en Colombia: Técnicas, saberes y experiencias. Serie Publicaciones Generales No. 123 de Invemar, Santa Marta, Colombia. 176 p.
- Rodríguez-Zúñiga M. T., E. Villeda Chávez, A. D. Vázquez-Lule, M. Bejarano, M. I. Cruz López, M. Olguín, S. A. Villela Gaytán, R. Flores (Coordinadores). 2018. Métodos para la caracterización de los manglares mexicanos: un enfoque espacial multiescala. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México. 272 pp.

- Saldaña Pérez, P. (2017). Plan de Manejo Vía Parque Isla de Salamanca 2017-2022. Parque Nacional Natural de Colombia.
- Smith, M. J., Goodchild, M. F., & Longley, P. A. (2021). Geospatial Analysis. A Comprehensive Guide to Principles Techniques and Software Tools.
- Snedaker, S. C., & Snedaker, J. G. 1984. The mangrove ecosystem: research methods. Unesco.
- Sotomonte, S., Rojas, D., & Rodríguez-Rodríguez, J. A. (2021). Recomendaciones de restauración en ronda hídrica de paleocauces en el proyecto priorizado caño Clarín – km 22. Informe Técnico (avance-final). BPIN 2017011000113 - RES 0176 de 2021. INVEMAR.
- Tavera, H. 2014. Documento final de los lineamientos para el monitoreo de ecosistemas de manglar en Colombia. Tercer Informe. Contrato de prestación de servicios No. 52 -14, en el marco del Convenio No. 156 del 2014 suscrito entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS y la Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible – ASOCARS. Bogotá, Colombia. 57 p.
- Twilley, R. R., Rivera-monroy, V. H., Chen, R., & Botero, L. (1998). Adapting an Ecological Mangrove Model to Simulate Trajectories in Restoration Ecology. 37 (8-12), 404–419. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(99\)00137-X](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(99)00137-X).