

Implementación del plan básico de restauración para 15 ha de manglar priorizadas participativamente en las islas de Providencia y Santa Catalina

Informe Técnico Final

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., abril de 2024



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

Citar como:

Robles, S. A. y Lazarus, J.F. 2024. Implementación del plan básico de restauración para 15 ha de manglar priorizadas participativamente en las islas de Providencia y Santa Catalina Convenio 924 - 2023. PRY-CAM-011-23. DAMCRA-INVEMAR. Santa Marta. 71 p.

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**

Alejandra Robles
Darrel Ward Taylor
Juan Felipe Lazarus
Luisa Fernanda Espinosa

Programa GEZ

Cristian Montes
Diana Romero
Jhonny Garcés

IMPLEMENTADOR**AQUABIÓSFERA S.A.S. BIC**

Luisa Francisca Cardona Acuña
Alex Báez Polo

COLABORADORES**Parques Nacionales Naturales de Colombia****Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon**

Pablo Ureña
Violeta Posada
Vanburen Ward

Imagen portada: Regeneración natural en el Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon. Juan Felipe Lazarus (2024).

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	ALCANCE DE LA IMPLEMENTACIÓN	8
2.1	Objetivo general	8
2.2	Objetivos específicos	8
3	AREA DE ESTUDIO	8
3.1	Priorización de áreas de Restauración	8
3.2	Priorización de acciones de restauración	10
3.3	Acciones previas a la implementación.....	11
4	PLAN OPERATIVO PARA LA IMPLEMENTACIÓN	13
4.1	Conectividad hidrológica.....	13
4.1.1	Reconformación de flujos hídricos	15
4.1.2	Evaluación de las variables ambientales	16
4.1.3	Evaluación de variables biológicas.....	16
4.2	Retiro de los tubos de PVC que cubren las plántulas	19
4.2.1	Plan operativo para el retiro de los tubos de PVC	20
4.3	Adecuación para el establecimiento y desarrollo de manglar en el área del bosque de Manzanillo	20
4.3.1	Plan operativo de adecuación para el establecimiento y desarrollo de manglar en el área del bosque de Manzanillo.....	21
4.4	Gobernanza comunitaria ambiental	23
4.4.1	Plan operativo para la gobernanza comunitaria ambiental	24
5	RESULTADOS DE LA FASE DE IMPLEMENTACIÓN	24
5.1	Conectividad Hidrológica	24
5.1.1	Selección de flujos a intervenir	24
5.1.2	Acciones realizadas para rehabilitación de flujos hídricos.....	29
5.1.2.1	Recuperación en el flujo MB3	31
5.1.2.2	Recuperación en el flujo MB6	32
5.1.2.3	Recuperación en el flujo MB7	34
5.1.2.4	Recuperación en el flujo MB8	35
5.1.2.5	Recuperación en el flujo MB9	37

5.1.3	Evaluación de variables ambientales	38
5.1.3.1	Metodología para la evaluación de variables ambientales	38
5.1.3.2	Resultados evaluación de variables ambientales.....	38
5.1.4	Evaluación de variables biológicas.....	41
5.1.4.1	Metodología para la evaluación de variables biológicas.....	41
5.1.4.2	Resultados evaluación de variables biológicas	42
5.1.5	Montículos de siembra (Prueba Piloto)	45
5.2	Retiro de los tubos de PVC que cubren las plántulas	45
5.2.1	Extracción de tubos de PVC	45
5.2.2	Disposición de los tubos retirados	47
5.2.3	Reposición de plántulas por la mortalidad	48
5.2.4	Recolección de residuos	48
5.3	Adecuación para el establecimiento y desarrollo de manglar en el área del bosque de Manzanillo	49
5.3.1	Adecuación del terreno para la siembra.....	49
5.3.2	Transporte de plántulas.....	53
5.3.3	Recolección de residuos	54
5.3.4	Etiquetado y medición de plántulas	55
5.3.5	Visita posterior a la finalización de las actividades de siembra y etiquetado	55
5.4	Gobernanza comunitaria ambiental	56
5.4.1	Contratación del personal	56
5.4.2	Ejecución de talleres	58
5.4.2.1	Taller 1: Monitoreo de manglar: métodos e indicadores de estado y de respuesta 62	
5.4.2.2	Taller 2: Manglares de caribe: evolución, distribución geográfica, cobertura, géneros y especies, adaptaciones fisiológicas, zonación y estrategias de restauración... 64	
5.4.2.3	Taller 3: Manglares: conocimientos y prácticas tradicionales del pueblo raizal asociados al manglar	65
5.4.3	Compra de plántulas en viveros locales.....	67
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
7	BIBLIOGRAFÍA	69
8	ANEXOS	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Áreas de manglar priorizadas en la actualización del plan básico de restauración para 15 ha de manglar priorizadas participativamente en las islas de Providencia y Santa Catalina. a: PNN Old Providence McBean Lagoon, b: Manzanillo, c: Santa Catalina y Jones Point (INVEMAR, 2023).	9
Figura 2 Mapa de McBean Lagoon donde se evidencian los Flujos hídricos visitados durante la salida de reconocimiento el 05 de febrero del 2024 (AQUABIÓSFERA, 2024).	13
Figura 3. Mapa de los puntos donde se evidenció el uso de tubos de PVC en la siembra de plántulas de mangle en el sector de Santa Catalina (a.) y Jones Point (b.) durante la salida de reconocimiento en febrero del 2024 (AQUABIÓSFERA, 2024).	19
Figura 4. Tubos de PVC con plántulas en el sector de Santa Catalina (a.) y Jones Point (b.) durante la salida de reconocimiento en febrero del 2024 (AQUABIÓSFERA, 2024).	20
Figura 5 . Mapa de los sitios potenciales para siembra de plántulas de manglar en Manzanillo (Manchineel) registrados durante la salida de reconocimiento en febrero del 2024 (AQUABIÓSFERA, 2024).	22
Figura 6. Áreas para siembra de manglar disponibles en el bosque de Manzanillo (AQUABIÓSFERA, 2024).	23
Figura 7. Áreas donde se ejecutaron las acciones de rehabilitación y restauración (AQUABIÓSFERA, 2024)	25
Figura 8. Mapa general de los flujos intervenidos en el PNNOPMBL (AQUABIÓSFERA, 2024).	29
Figura 9. a. Recolección de desechos y basura en las áreas de los flujos intervenidos. b. Uso de herramienta menor para la rehabilitación de conectividad hídrica (AQUABIÓSFERA, 2024). ..	30
Figura 10. Rehabilitación flujo MB3. a. Flujo antes de la recuperación. b. Flujo después de la rehabilitación. c. apertura del flujo hacia el área del aeropuerto. d. Rehabilitación del flujo (AQUABIÓSFERA, 2024).	31
Figura 11. Trazado final del flujo MB3 (AQUABIÓSFERA, 2024).	32
Figura 12. Rehabilitación flujo MB6. a. Diseño final del flujo. b. Flujo antes de la rehabilitación. c. flujo después de la rehabilitación. d. Rehabilitación del flujo (AQUABIÓSFERA, 2024).	33
Figura 13. Trazado final del flujo MB6 (AQUABIÓSFERA, 2024).	33
Figura 14. Rehabilitación flujo MB7. a. Diseño final del flujo. b. Flujo antes de la rehabilitación. c. flujo después de la rehabilitación. d. Rehabilitación del flujo (AQUABIÓSFERA, 2024).	34
Figura 15. Trazado final del flujo MB7 (AQUABIÓSFERA, 2024).	35
Figura 16. Rehabilitación flujo MB8. a. Flujo antes de la recuperación. b. Flujo después de la rehabilitación. c. y d. Rehabilitación del flujo (AQUABIÓSFERA, 2024).	36
Figura 17. Trazado final del flujo MB8 (AQUABIÓSFERA, 2024).	36
Figura 18. Acciones ejecutadas flujo MB9. a. Apertura del flujo. b. Nivelación de sedimentos en el flujo (AQUABIÓSFERA, 2024).	37
Figura 19. a. Abundancia relativa de las especies presentes en los manglares caracterizados en los Canales intervenidos en el PNNOPMBL. b. Densidad (ind/m ²) y área basal estimadas para	

los manglares caracterizados en las parcelas de los Canales intervenidos en el PNNOPMBL (AQUABIÓSFERA, 2024).	43
Figura 20. a. Diámetro y altura promedio de las plántulas de las especies registradas en las parcelas de los Canales intervenidos en el PNNOPMBL. b. Densidad de plántulas por especie por categoría de altura en las parcelas de los Canales intervenidos en el PNNOPMBL (AQUABIÓSFERA, 2024).	44
Figura 21. Montículos de siembra en el área del canal MB7. a. Diseño con polisombra del primer montículo de siembra usando costales de fique para sostener los sedimentos. b. Diseño sin polisombra del segundo montículo de siembra usando troncos apilados para sostener los sedimentos (AQUABIÓSFERA, 2024).	45
Figura 22. Mapas con los puntos donde se hizo el retiro de los tubos de PVC en Jones Point (a) y Santa Catalina (b) (AQUABIÓSFERA, 2024).	46
Figura 23. Actividades de retiro de tubos de PVC en Jones Point (a y b) y Santa Catalina (c y d). a. Planta con el tubo, b. recolecta de los tubos de PVC en costales, c. apertura de agujero con paladraga para siembra, d. plántulas sembradas posterior al retiro (AQUABIÓSFERA, 2024).	47
Figura 24. Transporte (a) y disposición final de tubos de PVC (AQUABIÓSFERA, 2024).	48
Figura 25. a. Plántulas muertas posterior al retiro del tubo de PVC. b. Reposición de plántulas muertas en Santa Catalina y Jones Point (AQUABIÓSFERA, 2024).	48
Figura 26. Basura recolectada en Santa Catalina y Jones Point (AQUABIÓSFERA, 2024).	49
Figura 27. Troceado de material vegetal seco. a. Machete, b. Remoción manual (AQUABIÓSFERA, 2024).	50
Figura 28. Siembra de plántulas de manglar en el sector de manzanillo en abril de 2024 (AQUABIÓSFERA, 2024).	50
Figura 29. a. Siembra de tres individuos por hueco. b. Uso de tutor en la plántula (AQUABIÓSFERA, 2024).	51
Figura 30. Polígonos de siembra en Manzanillo (AQUABIÓSFERA, 2024)	52
Figura 31. Plántulas sin hojas (señaladas con flechas rojas) debido a herbivoría (posiblemente por el cangrejo <i>Cardisoma guanhumi</i>) (AQUABIÓSFERA, 2024)	53
Figura 32. Siembra de plántulas en el bosque de Manzanillo (AQUABIÓSFERA, 2024).	53
Figura 33. Transporte de plántulas para la siembra en Manzanillo. a. Camión transportador. b. Transporte en Canastas (AQUABIÓSFERA, 2024).	54
Figura 34. Costales con basura recolectada en los polígonos de siembra en el sector de Manzanillo en abril de 2024 (AQUABIÓSFERA, 2024).	54
Figura 35. a. Etiqueta amarrada a una plántula del manglar sembrado en el sector de Manzanillo en abril de 2024, b. detalle de la etiqueta (AQUABIÓSFERA, 2024).	55
Figura 36. Estado de las plántulas sembradas en el sector de Manzanillo el 19 de abril después de las lluvias registradas (AQUABIÓSFERA, 2024).	56
Figura 37. Modelo de carta de invitación al Taller No. 1 (AQUABIÓSFERA, 2024)	61
Figura 38. Modelo de carta de invitación de los Talleres No. 2 y 3 (AQUABIÓSFERA, 2024).	61
Figura 39. Registro fotográfico de la ejecución del Taller No. 1 (AQUABIÓSFERA, 2024).	63

Figura 40. Modelo del certificado entregado a los asistentes del Taller No. 1 (AQUABIÓSFERA, 2024).	63
Figura 41. Registro fotográfico de la ejecución del Taller No. 2 (AQUABIÓSFERA, 2024).	64
Figura 42. Registro fotográfico de la ejecución del Taller No. 3 (AQUABIÓSFERA, 2024).	66
Figura 43 Verificación de las alturas de las plántulas en los viveros (AQUABIÓSFERA, 2024). ..	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Objetivos y metas de rehabilitación a corto plazo para los manglares de las islas de Providencia y Santa Catalina.	10
Tabla 2 Resumen de los flujos visitados durante la salida de reconocimiento (AQUABIÓSFERA, 2024).	14
Tabla 3 Flujos hídricos priorizados y acciones específicas para la reconfiguración (AQUABIÓSFERA, 2024)	17
Tabla 4. Flujos definidos para la intervención (AQUABIÓSFERA, 2024)	26
Tabla 5. Variables fisicoquímicas registradas en los canales MB3 y MB6 al inicio de las acciones de restauración y rehabilitación en el PNNOPMBL. NA: no se obtuvo agua intersticial (AQUABIÓSFERA, 2024).	38
Tabla 6. Variables fisicoquímicas registradas en los canales MB3 y MB6 al final de las acciones de restauración y rehabilitación en el PNNOPMBL. (AQUABIÓSFERA, 2024).	39
Tabla 7. Variables fisicoquímicas registradas en el sedimento paralelo a los canales MB7 y MB8 al inicio de las acciones de restauración y rehabilitación en el PNNOPMBL. (AQUABIÓSFERA, 2024).	40
Tabla 8. Variables fisicoquímicas registradas en el sedimento paralelo a los canales MB7 y MB8 al final de las acciones de restauración y rehabilitación en el PNNOPMBL (AQUABIÓSFERA, 2024).	40
Tabla 9. Variables fisicoquímicas registradas en los canales MB7 y MB8 al final de las acciones de restauración y rehabilitación en el PNNOPMBL (AQUABIÓSFERA, 2024).	41
Tabla 10. Atributos estructurales de los manglares de las parcelas de los canales intervenidos en el PNNOPMBL (AQUABIÓSFERA, 2024).	42
Tabla 11. Base de datos de personal comunitario seleccionado para la participación en las labores de campo del proyecto (AQUABIÓSFERA, 2024)	57
Tabla 12. Relación de personal identificado que manifestó interés y disponibilidad en participar en los talleres (AQUABIÓSFERA, 2024).	58

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 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 factores 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-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 Interadministrativo 924 de 2023 entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (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 final busca resumir las actividades realizadas en el marco del convenio, específicamente aquellas relacionadas con la implementación de acciones de restauración de 15,18 ha en las islas de Providencia y Santa Catalina.

2 ALCANCE DE LA IMPLEMENTACIÓN

2.1 Objetivo general

Reestablecer la capacidad de protección costera de los manglares de las islas de Providencia y Santa Catalina a través de la recuperación de la estructura y capacidad reproductiva de los bosques priorizados.

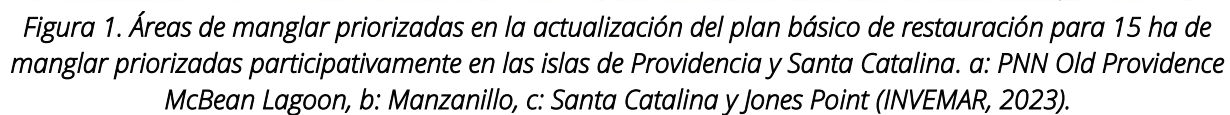
2.2 Objetivos específicos

- Favorecer los procesos de regeneración de los bosques de manglar mediante la siembra activa de plántulas de las especies que componen las áreas priorizadas.
- Restaurar la conectividad hídrica de las áreas de manglar de Providencia para restablecer las condiciones fisicoquímicas adecuadas para el establecimiento exitoso de plántulas y propágulos de manglar.
- Promover la gobernanza comunitaria ambiental para facilitar la cooperación y coordinación entre las partes interesadas, que potencie el éxito de las medidas de rehabilitación en el largo plazo, el liderazgo comunitario y la capacidad adaptativa por medio de la formación de formadores en temas en los temas de restauración ecológica, importancia del manglar, monitoreo del manglar y servicios ecosistémicos.

3 AREA DE ESTUDIO

3.1 Priorización de áreas de Restauración

Los sectores priorizados para la restauración de las áreas de manglar de las islas de Providencia y Santa Catalina se identificaron a partir de: los talleres de priorización y diagnóstico participativo desarrollados los días 3 y 4 de octubre de 2023 con la comunidad y las entidades locales, el diagnóstico biofísico y el análisis de cobertura desarrollado a partir de vuelos fotogramétricos y análisis espectral, información contenida en el informe de *"Ajuste y actualización del plan básico de restauración para 15 ha de manglar priorizadas participativamente en las islas de Providencia y Santa Catalina"* (Robles *et al.*, 2023) y en los resultados del *"Plan de rehabilitación de los manglares de las islas de Providencia y Santa Catalina tras el paso del huracán Iota"* (Sánchez-Núñez *et al.*, 2021). Las áreas de manglar intervenidas fueron: El Parque Nacional Natural (PNN) Old Providence McBean Lagoon, el bosque de mangles de Manzanillo, y las áreas de Santa Catalina y Jones Point (Figura 1).



3.2 Priorización de acciones de restauración

Teniendo en cuenta los tensores y acciones de restauración priorizados en los talleres de priorización y diagnóstico participativo desarrollados con la comunidad y las entidades locales se definieron las siguientes acciones a corto plazo para cada área priorizada (Tabla 1).

Tabla 1 Objetivos y metas de rehabilitación a corto plazo para los manglares de las islas de Providencia y Santa Catalina.

Objetivo	Metas Corto Plazo (6 meses)
Restaurar la conectividad hídrica de las áreas de manglar de Providencia para restablecer las condiciones fisicoquímicas adecuadas para el establecimiento exitoso de plántulas y propágulos de manglar	Identificación del estado y funcionamiento de la red hídrica de los manglares priorizados. Reconformación de 4 flujos hídricos del área de manglar del PNN Old Providence McBean Lagoon.
Favorecer los procesos de regeneración de los bosques de manglar mediante la siembra activa de plántulas de las especies que componen las áreas priorizadas.	Retiro de todos los tubos de PVC que cubren las plantas que se sembraron en el 2021 en la primera implementación del plan de rehabilitación posterior al paso del huracán IOTA en los sectores de Santa Catalina y Jones Point. Adecuación de 15 hectáreas para el establecimiento y desarrollo de los manglares a través de la remoción de material vegetal muerto en exceso y la eliminación de residuos sólidos ajenos al ecosistema de manglar. Alcanzar la supervivencia del 50% de las plántulas de <i>R. mangle</i> y <i>A. germinans</i> sembradas.
Promover la gobernanza comunitaria ambiental para facilitar la cooperación y coordinación entre las partes interesadas, que potencie el éxito de las medidas de rehabilitación en el largo plazo, el liderazgo comunitario y la capacidad adaptativa.	Formación de al menos 10 personas locales o un integrante por junta local como líderes formadores en los temas de restauración ecológica, importancia del manglar, monitoreo del manglar y servicios ecosistémicos.

Sumado a los talleres mencionados y con el propósito de que las acciones de restauración de manglar fueran la base para una articulación interinstitucional, se desarrolló un espacio de diálogo entre los funcionarios del PNN e INVEMAR el 15 de septiembre de 2023, para determinar qué acciones de restauración se estaban llevando a cabo al interior del área protegida por otras instituciones y en que se podían enfocar los esfuerzos de rehabilitación y

restauración del convenio. En dicho espacio, el director del área protegida enfatizó la importancia de la recuperación hidrológica del área para poder permitir que los esfuerzos enfocados en siembras previas y posteriores a la implementación dentro del convenio tuvieran éxito en el tiempo (Anexo 1).

3.3 Acciones previas a la implementación

Posterior a la actualización del plan de rehabilitación se realizó una reunión el día 15 de noviembre de 2023 con diferentes organizaciones locales con trayectoria en trabajo con comunidades. En dicha sesión se hizo la presentación del proyecto, sus alcances y el tiempo de ejecución. Las instituciones locales participantes fueron: Agroprovidencia, Asociación de Juntas de Providencia y Santa Catalina, JAC La Montaña y Sea Land & Culture Old Providence Foundation. Durante la sesión se tuvo acompañamiento tanto de funcionarios del PNN Old Providence McBean Lagoon como de INVEMAR.

En esta sesión se especificó que el alcance de este proyecto era la implementación de acciones de restauración en 15 ha de manglar, la cual debía culminar el 29 de diciembre de 2023. Por ello, se propusieron las siguientes acciones:

- La reconformación de 4 flujos hídricos dentro del PNN Old Providence McBean Lagoon (200 metros lineales).
- El retiro de los tubos de PVC empleados en las acciones de restauración desarrolladas por INVEMAR en el año 2021 en las áreas de Santa Catalina y Jones Point.
- La adecuación del terreno para el establecimiento y desarrollo de los manglares a través de la remoción de material vegetal muerto en exceso o en riesgo de caída en el manglar de Manzanillo.
- La siembra de plántulas en el manglar de Manzanillo y la supervivencia de por lo menos el 50% de estas.
- La remoción de residuos sólidos ajenos a los ecosistemas en las cuatro áreas priorizadas.
- Formación de al menos 10 personas locales o un integrante por junta local como líderes formadores en los temas de: restauración ecológica, importancia del manglar, monitoreo del manglar y servicios ecosistémicos.

Los funcionarios de las organizaciones participantes expresaron la importancia del proyecto, y presentaron un resumen sobre su experiencia en temas ambientales, sin embargo, algunos desistieron de participar debido al tiempo reducido estimado para el proceso, sin embargo, expresaron su interés en colaborar en procesos futuros de restauración. Otros indicaron que se inscribirían como proveedores del INVEMAR para poder aplicar como organizaciones implementadoras y presentarían una propuesta técnica y económica. El resumen de esta sesión se encuentra en el Anexo 2.

Sin embargo, a mediados del mes de diciembre de 2023, ninguna de las organizaciones había logrado su inscripción, lo cual presentó un obstáculo para que la implementación se realizara por una organización local.

Debido al límite de tiempo establecido para realizar los procesos de contratación, se optó por buscar una organización con trayectoria en los procesos de restauración de manglar y que estuviera inscrita como proveedora del instituto. Por ello se contactó a AQUABIÓSFERA S.A.S. BIC., a quienes se les presentó el convenio, las acciones y los alcances del plan de rehabilitación. AQUABIÓSFERA S.A.S. BIC. presentó su propuesta técnica a finales del mes de diciembre, permitiendo así la firma del contrato de implementación el día 29 de diciembre de 2024. De forma simultánea y en miras de que un representante de la comunidad local estuviera acompañando todo el proceso de las acciones de implementación, se contrató como gestor local al Ingeniero Darrel Ward el 29 de diciembre de 2023.

El ingeniero Ward desempeñó un papel crucial en la implementación de acciones por dos factores: primero el ingeniero participó anteriormente en varios procesos asociados a la investigación de los ecosistemas de manglar, entre los que se destacan el monitoreo y los diagnósticos biofísicos posteriores al paso del huracán IOTA, y segundo, por su trayectoria y reconocimiento del área del PNN Old Providence McBean Lagoon como funcionario de la institución, permitió el desarrollo efectivo de las actividades no sólo dentro del parque, sino además en las otras áreas.

Posteriormente, el día 9 de enero de 2024 se realizó la primera reunión de presentación formal del convenio 924 de 2023 y de la actualización del plan de rehabilitación de manglar de las islas de Providencia y Santa Catalina ante los investigadores de AQUABIÓSFERA S.A.S. BIC. enfatizando en las acciones a llevar a cabo entre los meses de enero a abril de 2024. En este espacio se contó también con la presencia del gestor local (virtual) para que desde su conocimiento pudiera guiar a las acciones de implementación en las islas. La información de esta sesión se consiga en el Anexo 3.

Debido a la importancia de la realización de acciones de restauración en el área del PNN Old Providence McBean Lagoon y la articulación entre el implementador y los funcionarios del parque se desarrolló la reunión preoperativa el día 31 de enero de 2024. En este espacio, se acordó entre los asistentes las diferentes actividades a desarrollar en la salida preoperativa y se enfatizó en la importancia de contar con el acompañamiento de los funcionarios del parque para determinar la intervención y recuperación de los flujos hídricos del área. La información asociada a esta reunión se presenta en el Anexo 4. Posterior a dicha reunión se realizó la salida de reconocimiento de la cual derivó el plan operativo presentado a continuación.

4 PLAN OPERATIVO PARA LA IMPLEMENTACIÓN

4.1 Conectividad hidrológica

Inicialmente dentro del PNN Old Providence McBean Lagoon se habían priorizado 4 flujos hídricos durante las visitas de diagnóstico biofísico en el área (MB2, MB3, MB4 y MB5). Durante la visita del implementador AQUABIÓSFERA S.A.S. BIC el 5 de febrero de 2024 al área de parque junto con una de las funcionarias del área protegida, se hizo la revisión de los flujos priorizados y los de interés para el equipo del área protegida. Las áreas visitadas se presentan en la Figura 2.

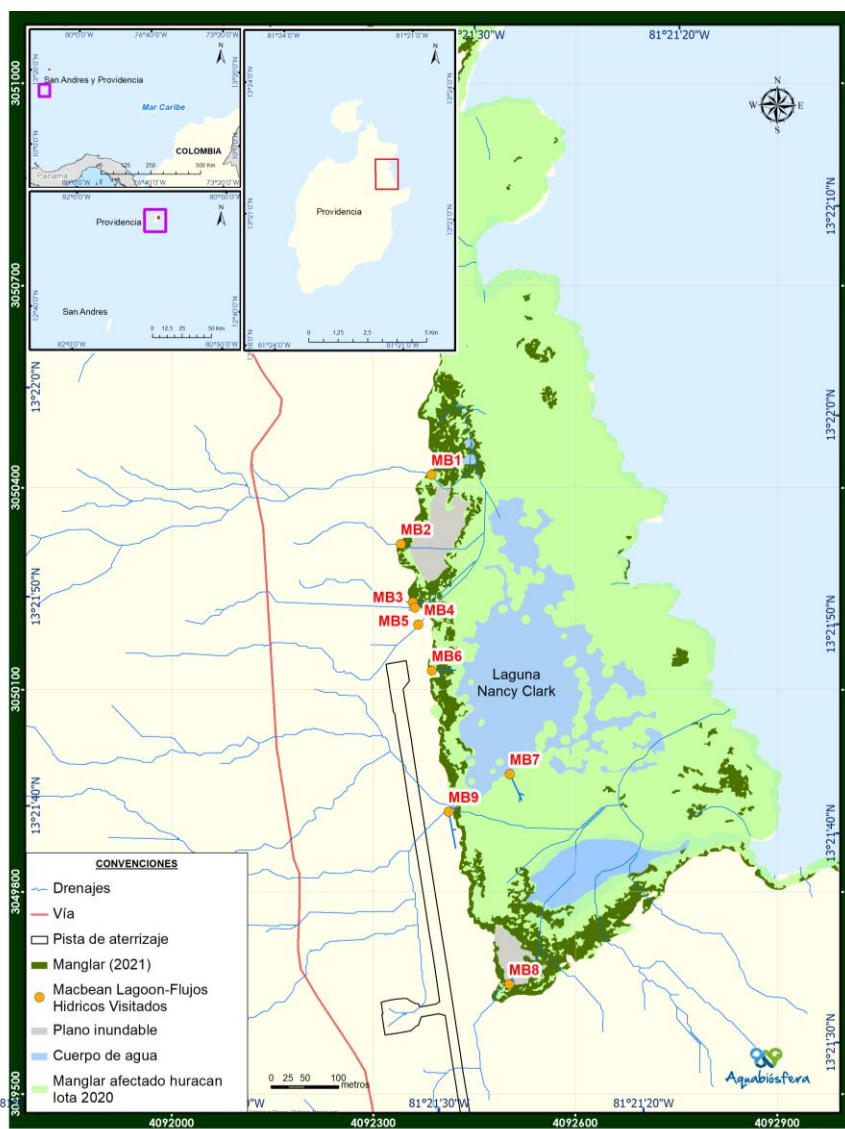


Figura 2 Mapa de McBean Lagoon donde se evidencian los Flujos hídricos visitados durante la salida de reconocimiento el 05 de febrero del 2024 (AQUABIÓSFERA, 2024).

Es importante mencionar que los flujos en su mayoría se encontraban secos por la temporada climática. A continuación, se presenta un resumen de los flujos visitados en la Tabla 2. La información completa puede ser consultada en el Anexo 6.

Tabla 2 Resumen de los flujos visitados durante la salida de reconocimiento (AQUABIÓSFERA, 2024)

Flujo Hídrico	Características	Imagen de referencia
MB1	Fue priorizado por los funcionarios del parque. Posee poca vegetación de manglar al inicio (zona que colinda con el aeropuerto El Embrujo) y termina en el Arenal. Este sitio, de aproximadamente 0,7 ha, se caracteriza por estar desprovisto de vegetación. Idealmente se realizaría un diseño de espina de pescado para asegurar un buen riego al Arenal, lo cual se espera que favorezca procesos de regeneración natural.	 AQUABIÓSFERA (2024)
MB2	Este flujo se encuentra entre el aeropuerto y el parque. Este sitio estaba provisto de diferentes tipos de vegetación (no manglar). Estaba priorizado por el INVEMAR, sin embargo, durante la visita los funcionarios del área protegida manifestaron que este flujo no era prioritario.	 AQUABIÓSFERA (2024)
MB3	Una parte del tramo de este flujo hídrico se encuentra dentro del Parque y la otra dentro el aeropuerto El Embrujo. Hacia el interior del aeropuerto se observó un box culvert y al interior del parque el tramo de un canal de 1 m de ancho con 12 m de largo hasta llegar al punto donde inicia el manglar.	 AQUABIÓSFERA (2024)

Flujo Hídrico	Características	Imagen de referencia
MB4	Una parte del tramo de este flujo hídrico se encuentra dentro del área protegida y la otra dentro del aeropuerto El Embrujo. En el área del aeropuerto se observó una huella que indicaría la preexistencia de un canal, pero estaba ocupada por el apilamiento de troncos, que parecen ser el bloqueo al paso del agua. Aunque hacia el área del parque no se observó un canal.	 AQUABIÓSFERA (2024)
MB5	Una parte del tramo de este flujo hídrico se encuentra dentro del área protegida y la otra dentro el aeropuerto El Embrujo. Dentro del área del aeropuerto se observó levemente la forma del canal, hacia el parque se observó un plano y posteriormente se convierte en un camino en medio de la vegetación. Durante la visita se menciona que este punto no está priorizado por el los funcionarios del área protegida.	 AQUABIÓSFERA (2024)
MB6	Una parte del tramo de este flujo hídrico se encuentra dentro del área protegida y la otra dentro el aeropuerto El Embrujo. En el área del aeropuerto el flujo presentó agua, lo que lo posiciona como el único flujo que no se encontraba completamente seco durante la salida de reconocimiento. Del lado del aeropuerto se evidenció un box culvert, mientras que hacia el interior del parque se evidenciaron rastros de un canal principal que se trifurca.	 AQUABIÓSFERA (2024)

4.1.1 Reconfiguración de flujos hídricos

Con base en lo priorizado (Robles *et al.*, 2023) y a lo señalado por los funcionarios del área protegida durante la salida de reconocimiento, se propuso la reconfiguración hídrica de tres flujos MB1, MB3, y MB6 en el área del PNN Old Providence McBean Lagoon. La selección de los flujos se basó en las observaciones en campo.

La reconfiguración de los flujos se ejecutaría a través de acciones como:

- Movimiento de material de tipo sedimentario y vegetal muerto
- Mantenimiento de pasos de agua y canales que hayan sido abiertos anteriormente o que se formaron naturalmente.

- Los sedimentos y material vegetal muerto al interior de los canales definidos previamente serían removidos mediante el uso de herramientas menores con el fin de minimizar impactos ambientales en el área protegida.
- La disposición del material extraído se realizaría de forma uniforme y homogénea en áreas cercanas al punto de extracción, preferiblemente sobre suelo desnudo, evitando la formación de diques o montículos y minimizando variaciones significativas de la micro topografía o posteriores azolvamientos de los canales por procesos erosivos.
- Se evitaría dejar el sedimento removido en los bordes del canal, ya que esto limitaría la inundación de las zonas degradadas a ambos lados del canal (Herrera-Silveira *et al.*, 2021).

Las acciones específicas para cada flujo se presentan en la Tabla 3.

4.1.2 Evaluación de las variables ambientales

Se propuso la evaluación de variables fisicoquímicas de las aguas de los canales a nivel superficial e intersticial, en tres puntos (inicio, medio y final) de los tramos a intervenir antes y después de las actividades de mantenimiento.

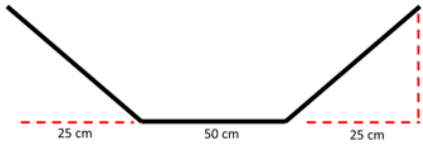
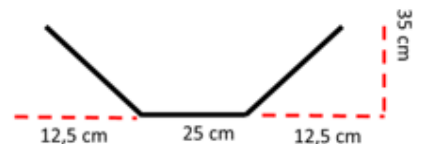
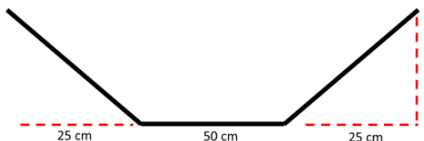
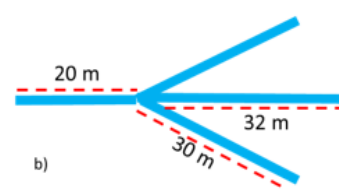
Para la evaluación de la calidad del agua y suelos se planteó monitorear las variables:

- Salinidad y conductividad del agua superficial e intersticial (0,5 m de profundidad)
- Temperatura del agua superficial e intersticial (0,5 m de profundidad)
- pH del agua superficial e intersticial (0,5 m de profundidad)
- Nivel de inundación de los canales al interior de las áreas de bosque en restauración

4.1.3 Evaluación de variables biológicas

Se planteó establecer parcelas permanentes de crecimiento de 10 x 10 para cada flujo hídrico seleccionado. En cada parcela se haría la identificación de los árboles junto con las medidas de altura y diámetro a la altura del pecho (DAP) (superior o igual a 2,5 cm). Los árboles de mangle rojo que tengan raíces fúlcreas que salen del tronco por encima de 1,3 m desde el suelo, se les mediría el DAP por encima de la última raíz fúlcrea. Estas mediciones permitirían calcular parámetros como: densidad, área basal, abundancia, frecuencia, dominancia, diámetro promedio cuadrático, e índice de valor de importancia (IVI), con el fin de establecer el estado y grado de desarrollo del bosque evaluado. Al interior de cada parcela se establecerían 3 subparcelas de 1 m² donde se contarían y medirían las plántulas presentes.

Tabla 3 Flujos hídricos priorizados y acciones específicas para la reconfiguración de canales en el PNN Old Providence McBean Lagoon (AQUABIÓSFERA, 2024)

Flujo Hídrico	Acción	Medidas de intervención
MB1	Limpieza y excavación a lo largo de 76 m aproximadamente, 1 m de ancho y 0,5 m de profundidad, finalizando en el Arenal. La conformación de los 76 m se distribuiría de la siguiente manera: 51m de largo en medio del bosque y 25 m de largo desde el interior del bosque hacia el Arenal. Luego se emplearía un diseño de espina de pescado de 0,5 m de ancho y 35 cm de profundidad, donde la longitud y cantidad dependerían de las condiciones del terreno.	  a. b. Medidas para el canal principal y los canales de la espina de pescado. AQUABIÓSFERA (2024)
MB3	Limpieza y excavación a lo largo de 12 m aproximadamente, con 1 m de ancho y 0,5 m de profundidad, siguiendo la trayectoria natural del canal, hasta donde inicia el manglar	 Medidas para el canal AQUABIÓSFERA (2024)
MB6	Limpieza y excavación a lo largo de 20 m aproximadamente, trifurcación en dos canales de 30 m y uno de 32 m. Cada canal tendría un ancho de 1 m y 0,5 m de profundidad. Los canales finalizaran donde inicia la franja de manglar para evitar su afectación.	  a. b.

Medidas para los canales y forma de la trifurcación AQUABIÓSFERA (2024).

4.2 Retiro de los tubos de PVC que cubren las plántulas

Esta actividad se desarrolló en los sectores de Santa Catalina (SC) y Jones Point (JP) y se enfocaría en las plántulas sembradas en el año 2021 por INVEMAR.

Los días 01 y 02 febrero del 2024, se realizó la búsqueda de plántulas con tubos de PVC. En cada punto donde se ubicaron, fue georreferenciado, nombrado usando las iniciales del sector (SC para Santa Catalina y JP para Jones Point) y enumerado. La ubicación de los sitios con presencia de plantas en tubos de PVC se presenta en la **Figura 3** y la forma como estaban dispuestos los tubos en las plántulas se observan en la Figura 4.

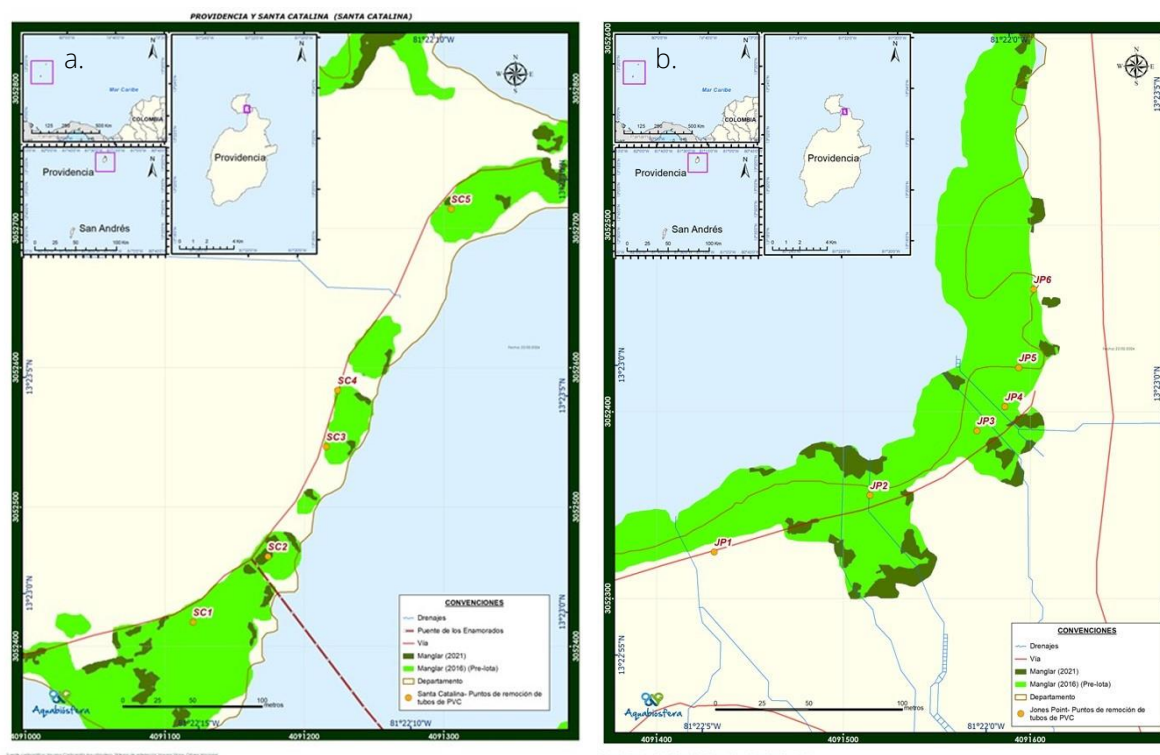


Figura 3. Mapa de los puntos donde se evidenció el uso de tubos de PVC en la siembra de plántulas de mangle en el sector de Santa Catalina (a.) y Jones Point (b.) durante la salida de reconocimiento en febrero del 2024 (AQUABIÓSFERA, 2024).



Figura 4. Tubos de PVC con plántulas en el sector de Santa Catalina (a.) y Jones Point (b.) durante la salida de reconocimiento en febrero del 2024 (AQUABIÓSFERA, 2024).

4.2.1 Plan operativo para el retiro de los tubos de PVC

Aunque los tubos encontrados no presentaron identificadores instalados por el INVEMAR se propuso el retiro de los tubos de PVC de las plántulas que presentaban un estado avanzado de desarrollo, donde las raíces estuvieran parcial o completamente por fuera de los tubos. El retiro de los tubos podía incluir plántulas previamente sembradas por otras organizaciones diferentes al INVEMAR, aunque no se tendrían en consideración los tubos que correspondían a siembras recientes realizadas por otras entidades. Por otro lado, los tubos estaban aislando a las plántulas del sedimento, en este sentido, posterior al retiro se instalarían tutores con el fin de aumentar las probabilidades de su supervivencia. Esta actividad sería realizada por medio de la contratación de mano de obra local, priorizando las comunidades que habitan y dependen directamente en el área de estudio, permitiendo la generación de empleos temporales y generación de conciencia ambiental.

4.3 Adecuación para el establecimiento y desarrollo de manglar en el área del bosque de Manzanillo

En esta área se realizó la remoción de material vegetal muerto en exceso y la eliminación de residuos presentes.

Del 02 al 05 de febrero del 2024 se realizaron visitas al sector de Manzanillo para registrar las áreas en las que no se ha dado la recuperación natural de la vegetación de manglar, convirtiéndose en sitios potenciales para la siembra de plántulas. Manzanillo fue priorizado para la siembra, sin embargo, cabe mencionar que, a finales del año 2023, distintas entidades realizaron siembra de plántulas en este sector, lo cual posiblemente generó una disminución en el área de siembra disponible. Los sitios potenciales para restauración se presentan en la Figura 5 y el estado de estos en la Figura 6.

4.3.1 Plan operativo de adecuación para el establecimiento y desarrollo de manglar en el área del bosque de Manzanillo

Se propuso la siembra en MA1, MA3, MA4 y MA5, en un área total aproximada de 700 m², la cual incluía 80m² de área inundada, donde se estimó que las plántulas se podrían establecer. Se hizo la revisión bibliográfica que diera indicios del estado estructural del bosque previo al paso del huracán, encontrando en INVEMAR-CORALINA, 2020 y en Rojas-Aguirre *et al.*, 2019 que el manglar de Manzanillo era un manglar maduro, con un área basal de 32,4 m²/ha y una densidad de 1.005,8 ind/ha (INVEMAR-CORALINA, 2020). En dicho informe se indica que *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* son las especies presentes, siendo *R. mangle* la especie con mayor importancia (IVI- Índice de Valor de Importancia) (Rojas-Aguirre *et al.*, 2019; INVEMAR-CORALINA, 2020). En lo que respecta a la regeneración natural, para los últimos tres monitoreos previos al huracán (2018, 2019 y 2020), se obtuvieron densidades de 3,5, 0, y 0,6 ind/m².

Con el fin de promover la regeneración del manglar a unas condiciones similares a las existentes previas al paso del huracán, se sugirió manejar densidades de siembra entre 1 y 3 ind/m² en las distintas áreas seleccionadas. Por otro lado, se estimó sembrar una mayor cantidad de individuos de *R. mangle*, siguiendo la proporción obtenida en el monitoreo en el 2020 (78% de individuos de *R. mangle* y 22% de *L. racemosa* (INVEMAR-CORALINA, 2020). Se tratará en todo caso de mantener esta proporcionalidad entre especies de manglar, según disponibilidad de material vegetal en la isla.

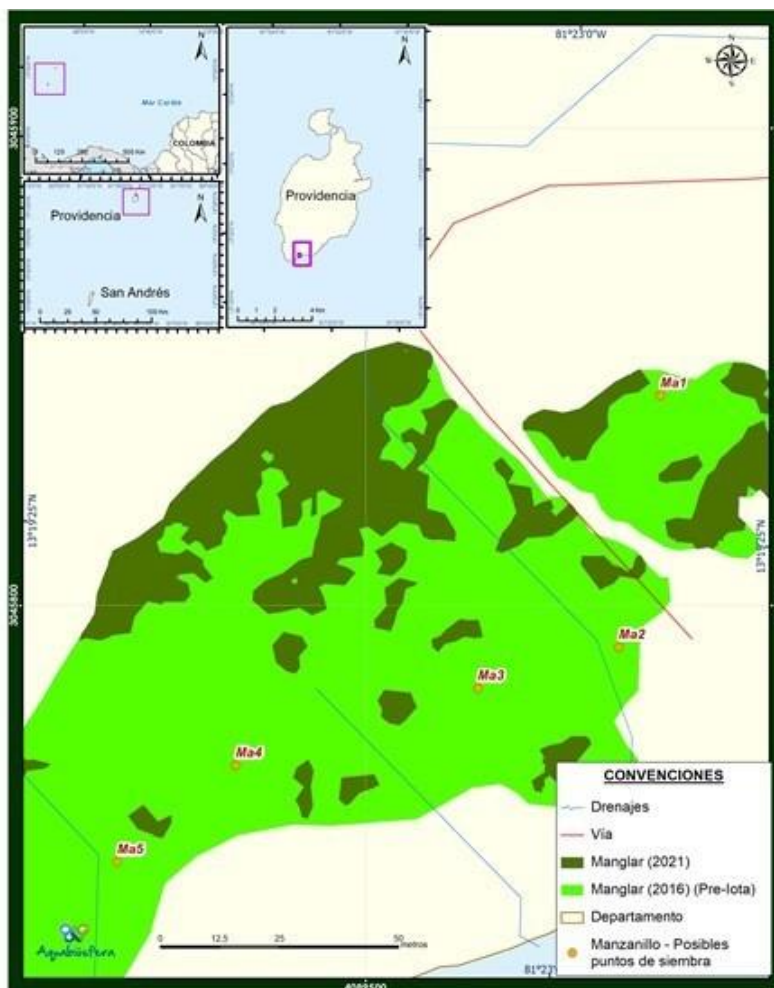


Figura 5 . Mapa de los sitios potenciales para siembra de plántulas de manglar en Manzanillo (Manchineel) registrados durante la salida de reconocimiento en febrero del 2024 (AQUABIÓSFERA, 2024).

Para iniciar la siembra, se estimó que debía realizarse una limpieza de las áreas propuestas, la cual consistía en cortar y picar los troncos y ramas secas presentes en los potenciales sitios de siembra. Una vez realizado el proceso de picado del material vegetal muerto, sería esparcido uniformemente por toda el área, de tal forma que los procesos de su descomposición continuaran y brindaran nutrientes al suelo, sin afectar los flujos de agua (Teutli-Hernández *et al.*, 2020). El diseño de la siembra sería mediante “tres bolillos”, con densidad de uno a tres

individuos por metro lineal, dependiendo de las condiciones de terreno y la disponibilidad de plántulas en la isla.

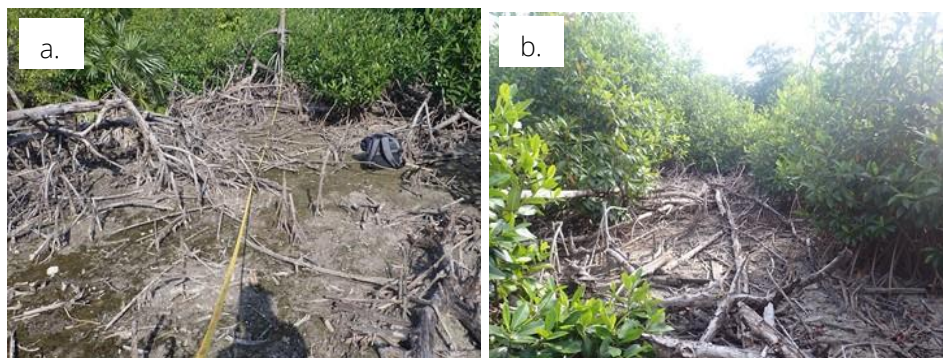


Figura 6. Áreas para siembra de manglar disponibles en el bosque de Manzanillo (AQUABIÓSFERA, 2024).

Con el fin de mantener el enfoque participativo comunitario del proyecto, las plántulas se comprarían a viveros de personas de la comunidad, lo cual generaría ingresos económicos a las mismas. Las plántulas seleccionadas para la siembra deberían presentar un buen estado fitosanitario, con follaje y color adecuados para la especie y tener una altura mínima de 40 cm desde la raíz.

Adicionalmente, para evitar estrés en el trasplante por condiciones de temperatura y salinidad, las plántulas se aclimataron mediante riego con agua salobre y apertura parcial del techo para incrementar la penetración de la luz. La siembra en campo se realizó durante la mañana, para evitar un choque térmico en los individuos.

4.4 Gobernanza comunitaria ambiental

Se estimó promover la participación de las comunidades locales en todas las actividades del proyecto, no solo para que perciban un beneficio económico a partir de la generación de empleos temporales, sino también para agregar valor en términos de generación y fortalecimiento de capacidad técnica personal y comunitaria. Esto es de gran importancia ya que, al involucrar de manera activa a la comunidad en las distintas actividades de restauración y rehabilitación del manglar, se generaría una mayor apropiación social, lo cual favorecería la conservación de estos en el largo plazo.

Se hizo la búsqueda activa del personal comunitario en la isla con disponibilidad para realizar trabajos de campo. Se trató de priorizar organizaciones comunitarias. Sin embargo, solo se identificó la Asociación Ecofarmers quienes tienen material vegetal producido en vivero comunitario y los cuales serían vinculados mediante el suministro de algunas de las plántulas proyectadas para la siembra. Por lo anterior, las personas para labores de campo fueron contactadas individualmente para la elaboración de las bases de datos. Se consolidó un listado de personal comunitario de 20 personas, con los cuales se lograron acuerdos para su

vinculación laboral con AQUABIÓSFERA SAS BIC. Se programó para la última semana del mes de febrero la realización de los exámenes médicos de ingreso ocupacionales, para general el listado definitivo. En todo caso, se trató de mantener un número mínimo de personal comunitario en el proyecto de 20 personas. Los listados del personal se consignan en el Anexo 8.

4.4.1 *Plan operativo para la gobernanza comunitaria ambiental*

Se realizaron talleres para socializar el proyecto y capacitar a la comunidad en conceptos claves para la restauración y rehabilitación, y en lo relacionado a las actividades de monitoreo de las acciones que se implementarían en las 15 ha del PNN Old Providence McBean Lagoon. Para ello se seleccionarán alrededor de 10 personas para formarlos como líderes en los temas mencionados a través de los talleres.

5 RESULTADOS DE LA FASE DE IMPLEMENTACIÓN

Los resultados presentados a continuación son con base al informe técnico final: *Implementación y monitoreo de acciones de restauración y rehabilitación en 15 ha de manglar en el sector Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon, Manchineel Bay, Jones Point y Santa Catalina, producto 4 informe técnico final PRY107-24-INVEMAR* elaborado por AQUABIÓSFERA S.A.S. BIC (2024), el cual se presenta como el Anexo 6.

Se estima que el conjunto de las acciones de rehabilitación y restauración impactaron un área de 15,18 ha en las cuatro áreas priorizadas (Figura 7). Todas las actividades descritas a continuación fueron confirmadas durante la salida de supervisión realizada por parte del equipo supervisor de la Dirección de Asuntos Marino Costeros y Recursos Acuáticos – DAMCRA – e INVEMAR). La información correspondiente a la actividad de supervisión se relaciona en el Anexo 5. Es importante resaltar que durante todo el proceso de implementación se tuvo el acompañamiento de Darrel Ward, quien fue contratado por INVEMAR como gestor local para apoyar el enlace entre la comunidad y AQUABIÓSFERA S.A.S BIC. Los reportes y avances de las acciones de implementación se presentan en el Anexo 7.

5.1 Conectividad Hidrológica

5.1.1 *Selección de flujos a intervenir*

Con base en lo priorizado por el INVEMAR y a lo señalado por funcionarios del PNNOPMBL durante la salida de reconocimiento el día 5 de febrero del año en curso, se propuso la reconfiguración hídrica de tres flujos MB1, MB3, y MB6. La rehabilitación de estos tres flujos contempló la intervención en un total de 200 metros lineales. Sin embargo, en una vista posterior de campo realizada el 2 de marzo del año en curso, y atendiendo los objetivos estratégicos del PNNOPMBL, se revisaron en campo todos los flujos identificados en el área.

PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA

CONVENCIONES

- Vía
- Pista de aterrizaje
- Manglar (2021)
- Plano inundable
- Cuerpo de agua
- Manglar afectado huracan Iota 2020
- Áreas Interés

Áreas Interés:

- Santa Catalina (2,6 ha)
- Jones Point (2,16 ha)
- PNN McBean Lagoon (8,87 ha)
- Manzanillo (1,55 ha)

Map Labels:

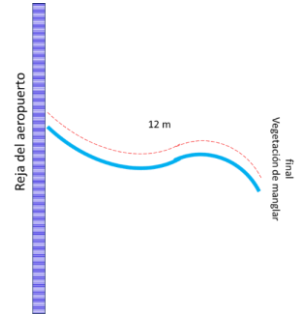
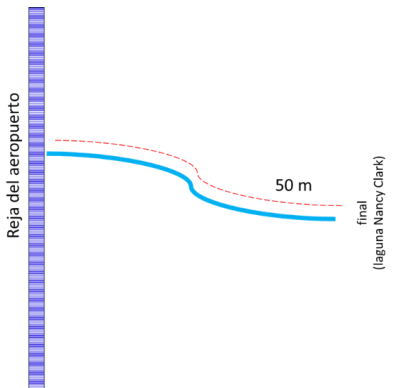
- Isla de Santa Catalina
- Providencia
- Pueblo Viejo
- Isla de Providencia
- 200 m
- Mar Caribe
- COLOMBIA
- Panamá
- San Andres

Scale: 0 500 1.000 2.000 metros

Logos: Aguabiosfera

25

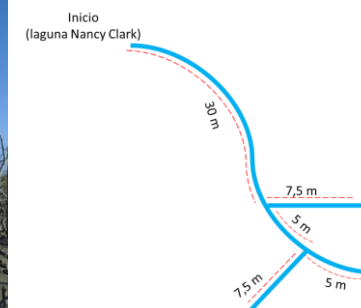
Tabla 4. Flujos definidos para la intervención (AQUABIÓSFERA, 2024)

Flujo Hídrico	Acción	Medidas de intervención
MB3	Una parte del tramo de este flujo hídrico se encuentra dentro del PNNOPMBL y la otra dentro el aeropuerto El Embrujo, los cuales se encuentran separados por la reja del aeropuerto. Hacia el sector del aeropuerto se observa un box culvert, y hacía el interior del Parque se observa la huella de un flujo. De esta forma se define mantener el flujo inicialmente propuesto de 12 m de largo hasta llegar al punto donde inicia el manglar.	  Flujo MB3 y diseño final (AQUABIÓSFERA, 2024).
MB6	Una parte del tramo de este flujo se encuentra dentro del aeropuerto El Embrujo y otra parte en el PNNOPMBL, separados por la reja del aeropuerto. Se evidenció agua que llegaba hasta donde empieza el tramo dentro del Parque lo que lo posiciona como el único flujo que no se encontraba completamente seco. Del lado del aeropuerto se observó un box culvert, mientras que hacia el interior del Parque se evidenciaron rastros de un flujo principal que se trifurca; el rastro del flujo principal finaliza en una franja de manglar que colinda con la laguna Nancy Clark. Durante el recorrido del 5 de febrero del año en curso se manifestó que este flujo era prioritario para el Parque y se seleccionó para ser intervenido. Sin embargo, durante la salida del 2 de marzo del año en curso, los funcionarios de Parques indicaron que el mantenimiento de la trifurcación podría ser realizado por los auxiliares de campo del Parque y, por tanto, se	  Flujo MB6 y diseño final (AQUABIÓSFERA 2024).

acordó que se realizaría la reconfiguración de un flujo de 50 m de longitud.

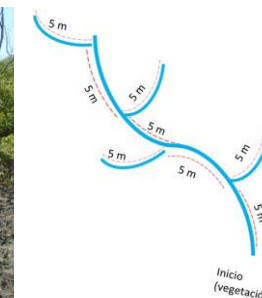
MB7 Durante la salida del 2 de marzo de 2024 se visitó otro sector que colinda con el sur de la laguna Nancy Clark. Este sector presenta poca vegetación y se observan varios troncos de individuos de manglar muertos a causa del paso del huracán IOTA en el año 2020 según los funcionarios del Parque.

Los funcionarios también indicaron que allí han observado una leve regeneración natural y que se ha visto propágulos, pero pocos sobreviven. Teniendo en cuenta esto, los funcionarios del Parque solicitaron la elaboración de un canal piloto que conectara con Nancy Clark, con el fin de que ingrese agua al sector. El diseño definido fue un canal principal de 40 m de largo, con dos canales secundarios de 7,5 m cada uno, a cada lado del canal; el primero a los 30 m de largo y el segundo a los 35 m.



Flujo MB7 y diseño final (AQUABIÓSFERA 2024).

MB8 Este sector, ubicado más al sur del PNNOPMBL, también se visitó durante la salida del 2 de marzo del año en curso. Se trata de un área con poca vegetación a la cual llega un flujo hídrico, por lo cual, los funcionarios del área protegida solicitan que se haga una extensión del flujo hacia el área para que el agua dulce originada en la época de lluvias sea retenida por más tiempo en el terreno. El diseño definido fue un canal principal de 20 m de largo, con cuatro canales secundarios de 5 m cada uno (dos a cada lado del canal); ubicados cada 5 m a lo largo del canal.

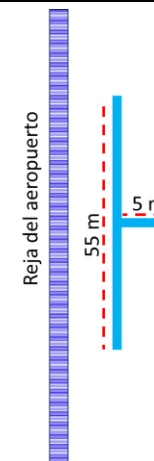


Flujo MB8 y diseño final (AQUABIÓSFERA 2024).

MB9 Este sector se encuentra ubicado al suroeste del flujo MB7 y también se visitó durante la salida del 2 de marzo del año en

curso. Teniendo en cuenta que el aeropuerto ha limitado el paso de algunos de los flujos hídricos al PNNOPMBL, los funcionarios del área protegida solicitan la elaboración de un canal paralelo a la reja azul que separa el parque del aeropuerto, para que allí se acumule el agua de las lluvias, con un canal que salga perpendicular desde la mitad, para que esta agua sea redireccionada hacia la vegetación de manglar en el Parque.

Teniendo en cuenta lo mencionado, el diseño fue de un canal principal paralelo a la reja del aeropuerto, de 55 m de largo, con un canal perpendicular de 5 m que sale a partir de la mitad del canal principal, aprovechando la pendiente natural del terreno, para direccionar el agua hacia el área donde la cobertura manglar no ha logrado recuperarse del todo después del paso del huracán Iota.



Flujo MB9 y diseño final (AQUABIÓSFERA 2024).

5.1.2 Acciones realizadas para rehabilitación de flujos hídricos

La reconformación de los flujos se ejecutó a través de acciones como movimiento de material de tipo sedimentario y vegetal muerto, mantenimiento de pasos de agua y canales que hubieran sido abiertos anteriormente o que estuvieran formados naturalmente. Adicionalmente, se elaboraron tres nuevos canales (descritos más adelante) como parte de ejercicios piloto dentro del PNNOPMBL alineados con los objetivos estratégicos del área protegida. Los sedimentos y material vegetal muerto al interior de los canales/flujos definidos previamente en el área de estudio fueron removidos mediante el uso de herramienta menor con el fin de minimizar impactos ambientales en el área. Se estima que el área total donde potencialmente se reflejarán las actividades de rehabilitación de conectividad hídrica es de 8,87 hectáreas Figura 8.

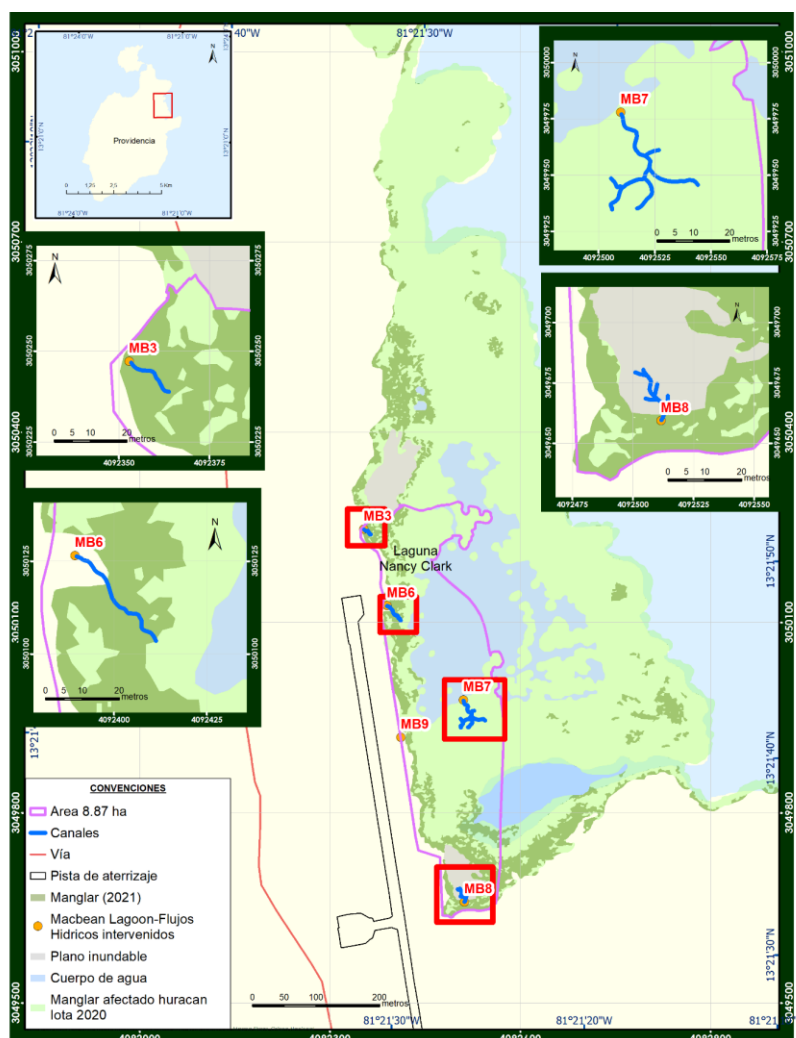


Figura 8. Mapa general de los flujos intervenidos en el PNNOPMBL (AQUABIÓSFERA, 2024).

La disposición del material extraído se realizó de forma uniforme y homogénea en áreas cercanas al punto de extracción, sobre suelo desnudo, evitando la formación de diques o montículos y minimizando variaciones significativas de la microtopografía o posteriores azolvamientos de los canales/flujo por procesos erosivos. Se evitó en todo caso dejar el sedimento removido en los bordes del canal/flujo, ya que esto limita la inundación de las zonas degradadas a ambos lados del canal/flujo (Herrera-Silveira *et al.*, 2021).

En todos los canales/flujo seleccionados se mantuvieron las siguientes medidas: 1 m de ancho con 0,5 m de profundidad. Es importante mencionar que adicional a las actividades de remoción de sedimentos, se recolectó la basura presente en los flujos intervenidos. Esta basura fue almacenada en costales para su traslado vía marítima y posterior disposición final en Cartagena. En total se recolectaron 5 costales de basura con un peso estimado en 60 kilogramos (Figura 9a). Las labores de rehabilitación de conectividad hídrica de los flujos intervenidos se realizaron en su totalidad empleando herramienta menor (palas, palines, paladragas, barras y machetes) (Figura 9b).

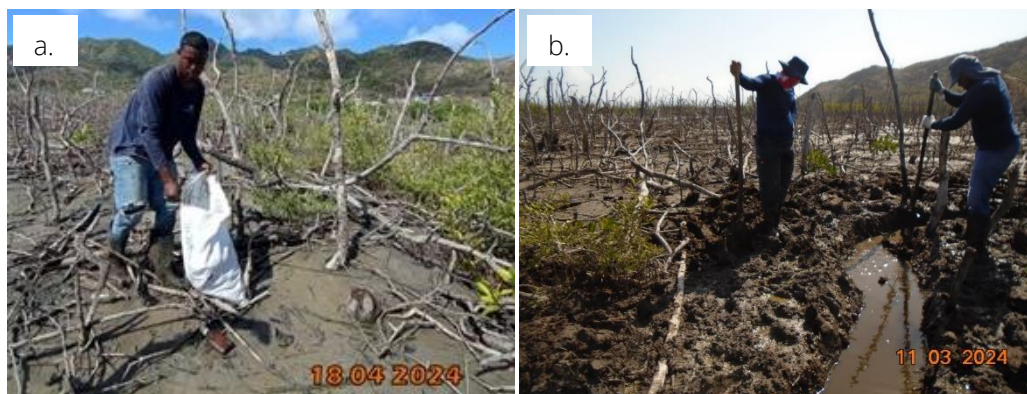


Figura 9. a. Recolección de desechos y basura en las áreas de los flujos intervenidos. b. Uso de herramienta menor para la rehabilitación de conectividad hídrica (AQUABIÓSFERA, 2024).

Las labores iniciaron el 4 de marzo de 2024, y para su ejecución se contrataron veinte personas locales con conocimientos del territorio. Los registros de participación y planeación se incluyen en el Anexo 6

Para la actividad de rehabilitación hídrica inicialmente se extendió un decámetro siguiendo las huellas del curso natural del flujo evidenciado (o del diseño según el caso) para referenciar el curso de la excavación. Posteriormente, se instalaron estacas a lo largo del decámetro para marcar los 0,5 m de ancho en la base del flujo como referencia para que los auxiliares realizaran la excavación hasta llegar a 0,5 m de profundidad propuestos. Finalmente, se usó una regla plegable para marcar 1 m en la parte superficial del canal/flujo y realizar el “corte” en diagonal hasta que el flujo obtuviera forma de trapecio invertido propuesto.

5.1.2.1 Recuperación en el flujo MB3

Este flujo se rehabilitó según lo previsto con una longitud total de 12 m. Se removieron en total 4,5 m³ de sedimentos que fueron dispuestos en su totalidad. Es de resaltar que funcionarios del aeropuerto El Embrujo realizaron mantenimiento en la parte del flujo que queda dentro del aeropuerto garantizando la conectividad del flujo con el box culvert. Las modificaciones del flujo se presentan en la Figura 10b y el trazado final en la Figura 11.



Figura 10. Rehabilitación flujo MB3. a. Flujo antes de la recuperación. b. Flujo después de la rehabilitación. c. apertura del flujo hacia el área del aeropuerto. d. Rehabilitación del flujo (AQUABIÓSFERA, 2024).

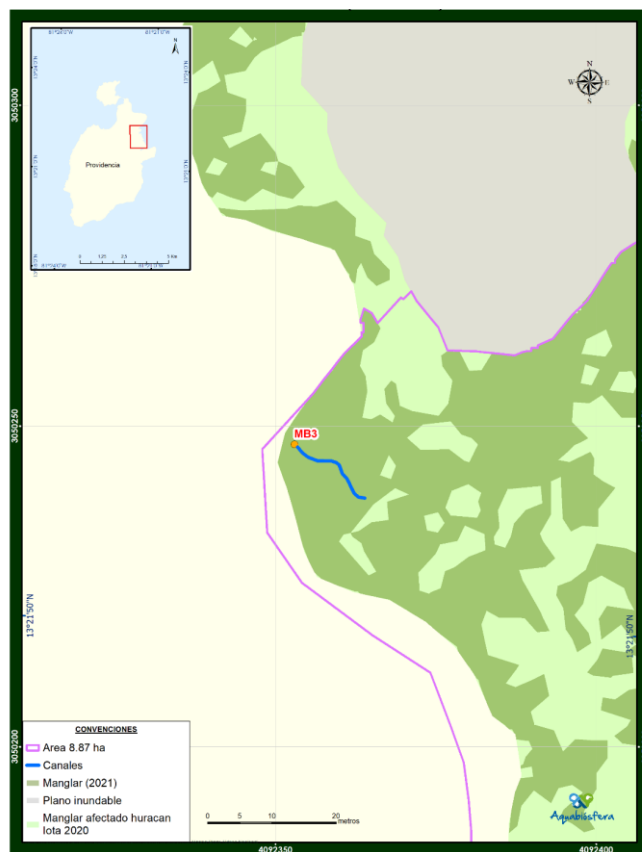


Figura 11. Trazado final del flujo MB3 (AQUABIÓSFERA, 2024).

5.1.2.2 Recuperación en el flujo MB6

Al rehabilitar este flujo se obtuvo una medida final de 35 m. Esto puede deberse a que en este canal se observaban diferentes bifurcaciones antes de desembocar en la laguna Nancy Clark, y posiblemente inicialmente se estimó en una diferente. La rehabilitación y el diseño final se presentan en la Figura 12 y el trazado en la Figura 13. La rehabilitación de 35 m lineales permitió un estimado total de sedimentos removidos de $13,13 \text{ m}^3$.

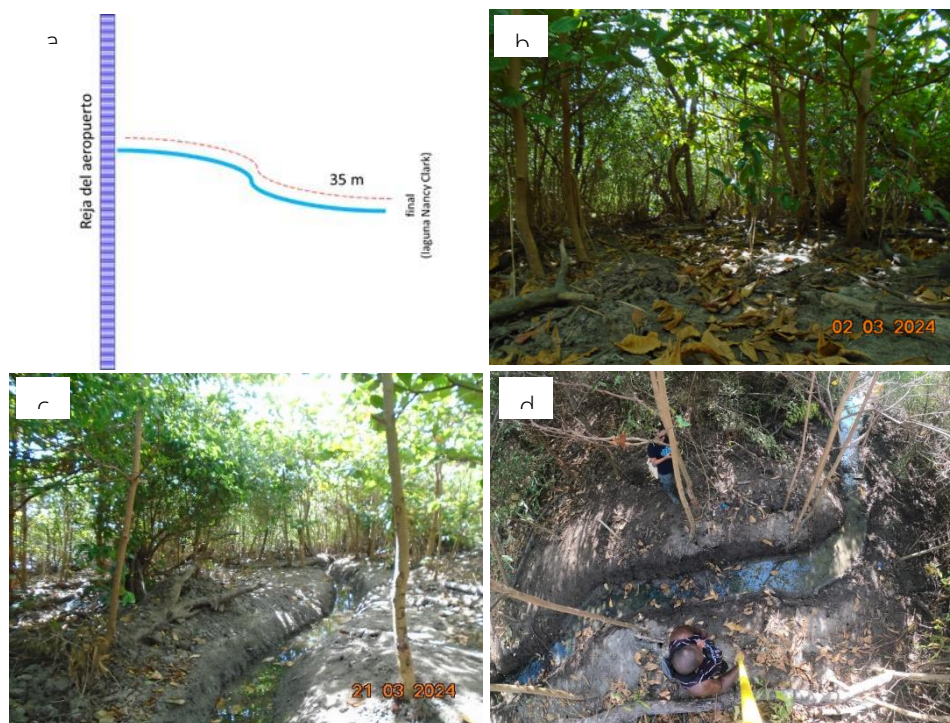


Figura 12. Rehabilitación flujo MB6. a. Diseño final del flujo. b. Flujo antes de la rehabilitación. c. flujo después de la rehabilitación. d. Rehabilitación del flujo (AQUABIÓSFERA, 2024).

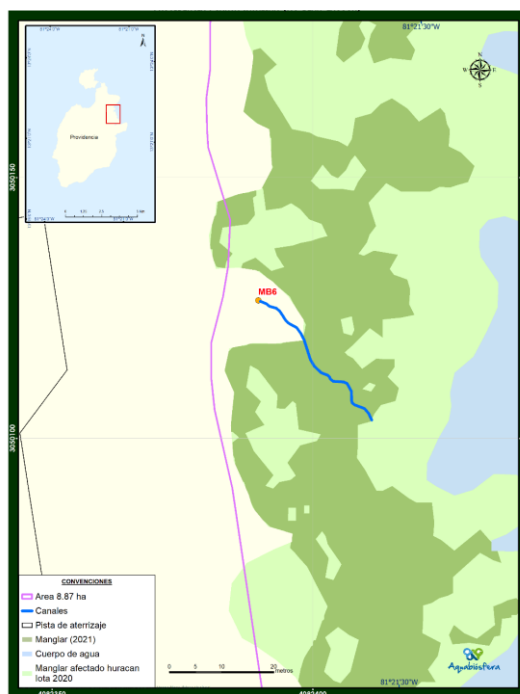


Figura 13. Trazado final del flujo MB6 (AQUABIÓSFERA, 2024).

5.1.2.3 Recuperación en el flujo MB7

Al igual que el flujo MB6, el diseño del canal MB7 se ajustó en campo luego de la visita técnica realizada los días 11 y 12 de abril del año en curso por el equipo supervisor (DAMCRA-INVEMAR), del PNN y los profesionales de AQUABIÓSFERA. En esta visita técnica se tomó la decisión de alargar el canal 60 metros adicionales al diseño inicial, pasando de 55 a 115 metros de longitud final con el objeto de incrementar el flujo hídrico y favorecer los procesos de regeneración natural de manglar que ocasionalmente se observan en esta área. La rehabilitación y el diseño final se presentan en la Figura 14 y el trazado en la Figura 15.

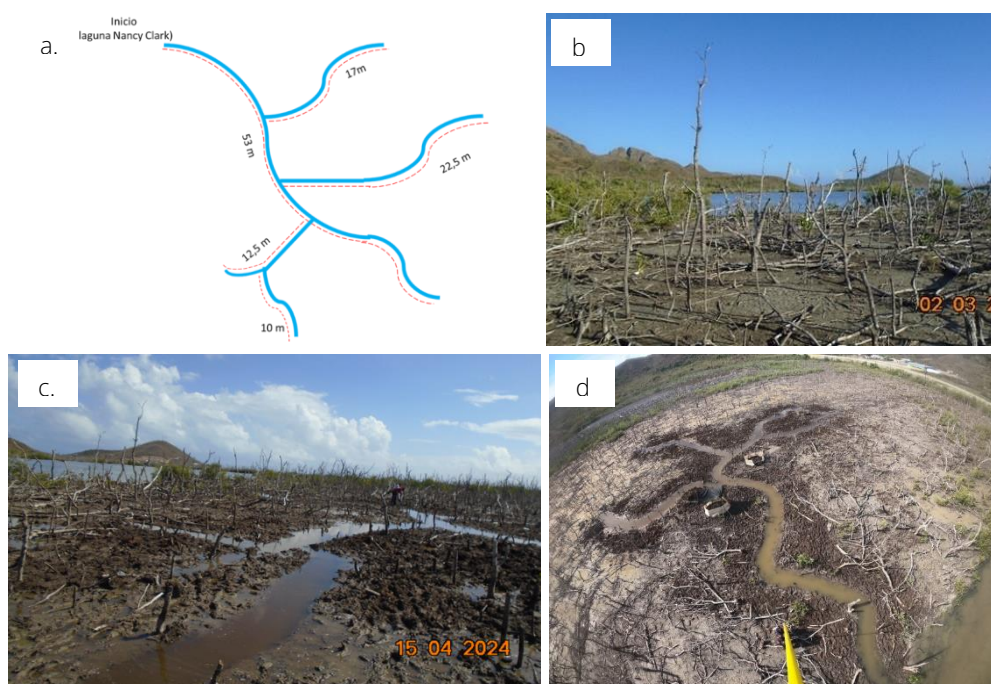


Figura 14. Rehabilitación flujo MB7. a. Diseño final del flujo. b. Flujo antes de la rehabilitación. c. flujo después de la rehabilitación. d. Rehabilitación del flujo (AQUABIÓSFERA, 2024).

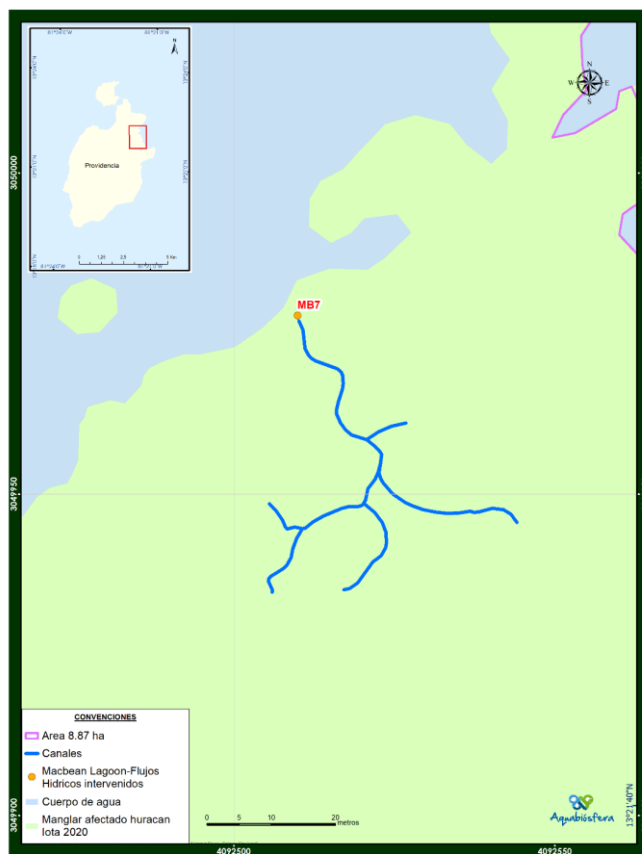


Figura 15. Trazado final del flujo MB7 (AQUABIÓSFERA, 2024).

5.1.2.4 Recuperación en el flujo MB8

Este canal se implementó según lo previsto con una longitud total de 40 m. Se removieron en total 15 m³ de sedimentos que fueron dispuestos en su totalidad. La rehabilitación antes y después se presenta en la

Figura 16 y el trazado en la Figura 17.

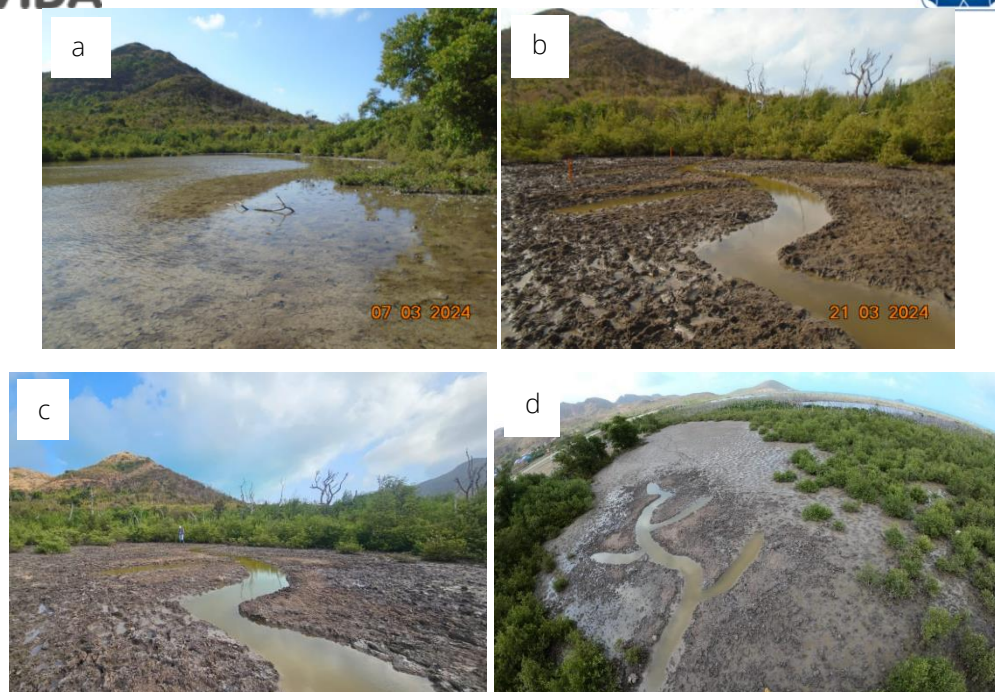


Figura 16. Rehabilitación flujo MB8. a. Flujo antes de la recuperación. b. Flujo después de la rehabilitación. c. y d. Rehabilitación del flujo (AQUABIÓSFERA, 2024).

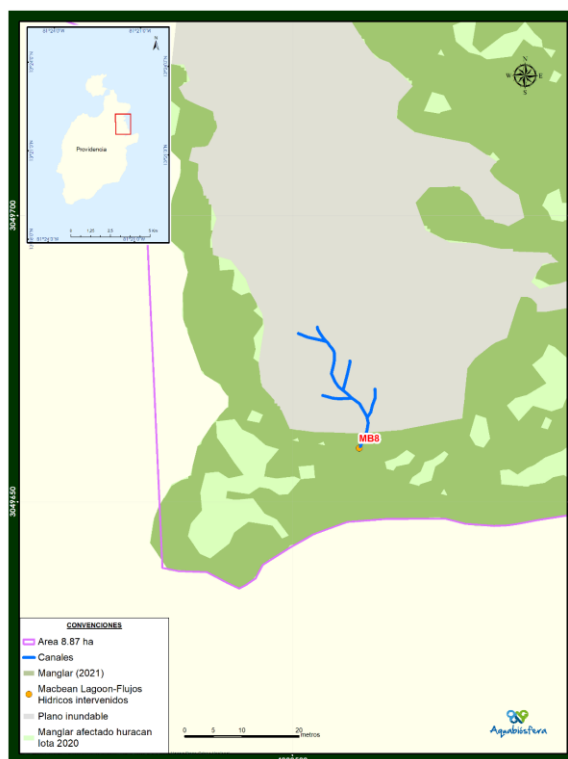


Figura 17. Trazado final del flujo MB8 (AQUABIÓSFERA, 2024).

5.1.2.5 Recuperación en el flujo MB9

Dentro de los flujos seleccionados para intervención se encuentra el canal MB9, ubicado al suroeste del área de interés del PNN. La selección del MB9 se hizo teniendo en cuenta el interés por parte del PNN en favorecer el ingreso de agua dulce (proveniente de las lluvias) hacia la vegetación de manglar en el área protegida, ya que los funcionarios indican que actualmente no es suficiente. Teniendo esto en cuenta, se acordó la elaboración de un canal paralelo a la reja del aeropuerto El Embrujo, con el objeto de acumular agua de las lluvias que pueda ser redireccionada hacia la zona de manglar cuya cobertura no ha logrado recuperarse del todo después del paso del huracán Iota.

El 5 de marzo se inició la intervención del canal MB9. Sin embargo, el 6 de marzo durante la ejecución de la intervención se acercó una persona del aeropuerto indagando acerca de las actividades que se estaban realizando. Posteriormente ese mismo día, el personal del aeropuerto se comunica con el jefe del PNNOPMBL indicando que la apertura del canal se ubicaba muy cerca de la reja del aeropuerto lo cual podría generar problemas de seguridad, si llegara a haber erosión del terreno. Por lo anterior, y ante la falta de estudios que permitan comprobar o desvirtuar tal afirmación, el jefe del PNNOPMBL y el administrador de contrato por parte de AQUABIÓSFERA S.A.S. BIC toman la determinación de no seguir con la actividad como principio de precaución teniendo en cuenta las normas de seguridad aeroportuaria. El día 8 de marzo del año en curso se procede a depositar y nivelar los sedimentos excavados en el canal Figura 18.

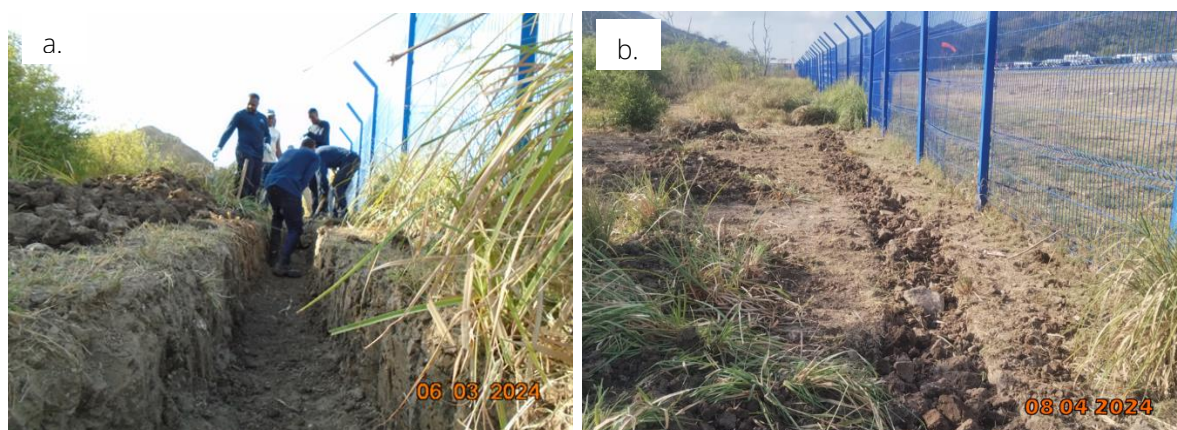


Figura 18. Acciones ejecutadas flujo MB9. a. Apertura del flujo. b. Nivelación de sedimentos en el flujo (AQUABIÓSFERA, 2024).

5.1.3 Evaluación de variables ambientales

5.1.3.1 Metodología para la evaluación de variables ambientales

A lo largo de cada uno de los canales, al inicio y al final de las actividades de reconfiguración, se midió el pH, la temperatura y la salinidad a nivel superficial e intersticial con la sonda multiparamétrica YSI63; y el nivel de inundación usando una regla articulada. Estas mediciones se hicieron en tres puntos: inicio, mitad y final de cada canal.

Para acceder al agua intersticial se usó un barreno para perforar el suelo y, posteriormente, se usaron dos tubos de PVC acoplados uno dentro del otro, los cuales se enterraron a las profundidades deseadas. El tubo externo tiene orificios los cuales permiten el ingreso del agua intersticial, la cual se succiona usando el tubo interno como un pistón. El tubo interno tiene dos tapas tipo rosca en la parte superior, lo cual le da una forma de “T” y cuando se ha succionado el agua, se sacan ambos tubos, se retira una de las tapas y se procede a verter el agua en un recipiente donde se inserta la sonda para realizar las mediciones.

5.1.3.2 Resultados evaluación de variables ambientales

En la Tabla 5 se observan los resultados de las variables fisicoquímicas para los canales MB3 y MB6 al inicio de las actividades de implementación. En el área aledaña a los canales no se observó inundación, ni al inicio, ni al final de las actividades.

Tabla 5. Variables fisicoquímicas registradas en los canales MB3 y MB6 al inicio de las acciones de restauración y rehabilitación en el PNNOPMBL. NA: no se obtuvo agua intersticial (AQUABIÓSFERA, 2024).

AL INICIO DE LAS ACCIONES DE RESTAURACIÓN Y REHABILITACIÓN							
Canal	Fecha	Punto	Nivel	Salinidad	Temperatura (°C)	pH	Nivel de inundación (cm)
MB3	08 de marzo de 2024	Inicio	Intersticial (0,8 m)	NA ¹	NA	NA	0
			Intersticial (1 m)	10	33,9	5,7	
		Medio	Intersticial (0,8 m)	NA	NA	NA	0
			Intersticial (1 m)	NA	NA	NA	
			Intersticial (0,8 m)	NA	NA	NA	0
MB6	06 de marzo de 2024	Inicio	Intersticial (0,8 m)	38,2	31,6	5,54	
			Intersticial (1 m)	1	28,1	5,55	0
		Medio	Intersticial (1 m)	1	29,3	6,78	
			Intersticial (0,8 m)	1	27,5	5,87	0
			Intersticial (1 m)	1	28,7	6,16	
			Intersticial (0,8 m)	26	28,2	4,87	0
			Intersticial (1 m)	26,2	28,2	4,79	

La extracción del agua intersticial en los canales MB3 y MB6 se realizó sobre el mismo canal, aprovechando la excavación realizada, ya que el suelo allí era duro y seco, y a que al empezar a cavar no se evidenció agua intersticial antes de los 0,5 m de profundidad. De esta forma el

agua intersticial en los canales MB3 y MB6 se extrajo aproximadamente a 0,8 m y a 1 m de profundidad.

Al finalizar las actividades de intervención de los canales, el canal MB6, se había llenado de agua, por lo cual también se hicieron mediciones del agua allí presente en tres puntos: inicio, mitad y final. Esta agua probablemente proviene de la Laguna Nancy Clark, donde finaliza el canal, sumado a las aguas de lluvias registradas a mediados del mes de abril. Los resultados obtenidos al finalizar actividades se evidencian en la Tabla 6.

Tabla 6. Variables fisicoquímicas registradas en los canales MB3 y MB6 al final de las acciones de restauración y rehabilitación en el PNNOPMBL. (AQUABIÓSFERA, 2024).

AL FINAL DE LAS ACCIONES DE RESTAURACIÓN Y REHABILITACIÓN							
Canal	Fecha	Punto	Nivel	Salinidad	Temperatura (°C)	pH	Nivel de inundación (cm)
MB3	16 de abril de 2024	Inicio	Intersticial (0,8 m)	17,7	31,2	6,28	0
			Intersticial (1 m)	13,9	32,3	6,79	
		Medio	Intersticial (0,8 m)	14,8	31,3	6,43	0
			Intersticial (1 m)	20,6	31,9	6,57	
		Fin	Intersticial (0,8 m)	28,3	31,2	6,18	0
			Intersticial (1 m)	43,8	31,3	6,08	
MB6	16 de abril de 2024	Inicio	Superficial canal	48,9	28,1	5,98	16
			Intersticial (0,8 m)	31,1	29,8	6,08	
			Intersticial (1 m)	37	29,2	6,32	
		Medio	Superficial canal	48,9	28,9	5,71	13
			Intersticial (0,8 m)	39,4	29,5	5,9	
			Intersticial (1 m)	37	28,9	5,93	
		Fin	Superficial canal	48,5	30,4	5,63	32
			Intersticial (0,8 m)	30,2	29,6	5,86	
			Intersticial (1 m)	31,9	30,4	5,8	

En los canales MB7 y MB8, la medición del agua intersticial se realizó sobre el terreno paralelo a los canales, ya que en estos sitios el suelo era más húmedo, y fue posible obtener agua intersticial a 0,3 y 0,5 m. Estos dos canales se encuentran influenciados por la marea, ya que días previos al inicio de las actividades se evidenció un nivel de inundación de 13 cm en el canal MB7 y de 6,5 cm en MB8. En el canal MB7, al inicio de las actividades se observó un leve nivel de inundación en el terreno aledaño al canal, allí se pudo hacer mediciones de las variables en el punto final porque la marea estaba bajando (Tabla 7).

Tabla 7. Variables fisicoquímicas registradas en el sedimento paralelo a los canales MB7 y MB8 al inicio de las acciones de restauración y rehabilitación en el PNNOPMBL. (AQUABIÓSFERA, 2024).

AL INICIO DE LAS ACCIONES DE RESTAURACIÓN Y REHABILITACIÓN							
Canal	Fecha	Punto	Nivel	Salinidad	Temperatura (°C)	pH	Nivel de inundación (cm)
MB7	14 de marzo de 2024	Inicio	Intersticial (0,3 m)	61,3	30	5,59	0,5
			Intersticial (0,5 m)	59,4	29,6	5,78	
		Medio	Intersticial (0,3 m)	29,9	30	5,5	0,5
			Intersticial (0,5 m)	30,2	31,8	5,07	
		Fin	Superficial	50,1	35,7	5,86	1,5
			Intersticial (0,3 m)	48,8	31,7	5,47	
MB8	20 de marzo de 2024	Inicio	Intersticial (0,5 m)	51,5	31,8	5,46	
			Intersticial (0,3 m)	50,9	31,8	5,97	2
		Medio	Intersticial (0,5 m)	62,4	31,5	5,73	
			Superficial	38,8	29,2	6,03	4,5
		Fin	Intersticial (0,3 m)	46,5	30,30	5,66	
			Intersticial (0,5 m)	44,4	31,10	5,83	
			Superficial	45,5	30,6	5,93	6
			Intersticial (0,3 m)	43,6	30,10	5,93	
			Intersticial (0,5 m)	46,6	31,10	5,74	

Cuando se hicieron los otros dos puntos ya solo quedaba agua retenida en los huecos de las pisadas constantes y por lo tanto se consideró que podrían arrojar datos erróneos.

En cuanto al canal MB8, al inicio de las actividades fue posible tomar las medidas de las variables en dos puntos, pero al llegar al tercer punto ya solo se evidenciaba lo retenido en las pisadas. Al final de las actividades, al momento de realizar la medición de las variables fisicoquímicas solo se registró el nivel de inundación de los huecos de las pisadas (Tabla 8).

Tabla 8. Variables fisicoquímicas registradas en el sedimento paralelo a los canales MB7 y MB8 al final de las acciones de restauración y rehabilitación en el PNNOPMBL (AQUABIÓSFERA, 2024)

AL FINAL DE LAS ACCIONES DE RESTAURACIÓN Y REHABILITACIÓN							
Canal	Fecha	Punto	Nivel	Salinidad	Temperatura (°C)	pH	Nivel de inundación (cm)
MB7	16 de abril de 2024	Inicio	Intersticial (0,3 m)	56,4	30,3	5,66	1
			Intersticial (0,5 m)	56,7	30,3	5,65	
		Medio	Intersticial (0,3 m)	47,4	31,8	5,92	0
			Intersticial (0,5 m)	59,2	29,9	5,55	
		Fin	Intersticial (0,3 m)	51,1	29,5	5,72	0
			Intersticial (0,5 m)	49,4	31,2	5,78	
MB8	16 de abril de 2024	Inicio	Intersticial (0,3 m)	NA	NA	NA	0,5
			Intersticial (0,5 m)	80,1	34,2	6,17	
		Medio	Intersticial (0,3 m)	NA	NA	NA	0
			Intersticial (0,5 m)	NA	NA	NA	
		Fin	Intersticial (0,3 m)	NA	NA	NA	0
			Intersticial (0,5 m)	39	32	5,73	

Por otro lado, al finalizar las actividades de intervención de los canales, se observó que estos se habían llenado de agua, por lo cual se hicieron mediciones del agua al interior de los canales en tres puntos: inicio, mitad y final de estos (Tabla 9).

Tabla 9. Variables fisicoquímicas registradas en los canales MB7 y MB8 al final de las acciones de restauración y rehabilitación en el PNNOPMBL (AQUABIÓSFERA, 2024).

AL FINAL DE LAS ACCIONES DE RESTAURACIÓN Y REHABILITACIÓN							
Canal	Fecha	Punto	Nivel	Salinidad	Temperatura (°C)	pH	Nivel de inundación (cm)
MB7	16 de abril de 2024	Inicio	Superficial canal	45,4	34,2	5,75	32
		Medio	Superficial canal	44,4	33,1	6,3	30
		Medio	Superficial canal	44,4	33,3	6,75	34
MB8	16 de abril de 2024	Inicio	Superficial canal	77,2	29,5	5,24	37
		Medio	Superficial canal	79,5	29,9	5,89	29
		Medio	Superficial canal	>80	32	5,73	27

5.1.4 Evaluación de variables biológicas

5.1.4.1 Metodología para la evaluación de variables biológicas

Se estableció una parcela de 10 x 10 m al lado de cada canal. En cada parcela se contaron e identificaron a nivel de especie cada individuo de manglar vivo con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 2,5 cm (o circunferencia a la altura del pecho - CAP mayor o igual a 7,9 cm). A cada uno de estos árboles se le amarró una etiqueta con el ID; se midió el CAP a 1,3 m de altura con una cinta métrica y se midió la altura total (distancia desde el suelo hasta la parte más distal del árbol) por estimación visual. Pensando en futuros monitoreos se planeaba pintar la circunferencia de los troncos a la altura donde se mediría el DAP. Sin embargo, no fue posible debido a ser un área protegida.

Cuando los árboles presentaron raíces fúlcreas por encima de los 1,3 m de altura, se midió el DAP a 0,3 m por encima de la inserción de estas (Tavera, 2014). Cuando se presentaron anomalías en el terreno u otras particularidades, se siguieron las recomendaciones sugeridas por Navarrete-Ramírez y Rodríguez-Rincón (2014) basadas en Melo y Vargas (2003). Durante el desarrollo de la parcela del canal MB8, se evidenciaron varios individuos con DAP menor a 2,5 cm y alturas inferiores a los 2 m en estado reproductivo, lo que indica de que se trata de un manglar enano o arbustivo. Por lo tanto, se tomó la decisión de medir el diámetro de los troncos a los 0,3 m de altura, de acuerdo con lo sugerido por Rodríguez *et al.* (2018), siguiendo las recomendaciones allí presentes, las cuales se alinean con lo descrito en Navarrete-Ramírez y Rodríguez-Rincón (2014), pero adaptadas a los 0,3 m de altura. A partir de estos parámetros se estimó: densidad, área basal, abundancia, frecuencia, dominancia, diámetro promedio cuadrático, e índice de valor de importancia (IVI), que en conjunto brindan una idea clara del estado y grado de desarrollo del bosque evaluado.

Por otro lado, al interior de cada parcela se establecieron 3 subparcelas de 1m² donde se contaron los propágulos y plántulas (DAP inferior a 2,5 cm) evidenciados. En cada subparcela se seleccionaron 10 a las cuales se les midió la altura (desde el suelo hasta la base de la última hoja) y el diámetro basal (a 5 cm del suelo para *Avicennia germinans* y a 1 cm del propágulo donde se une con el tallo emergente en *Rhizophora mangle*). Las 10 plántulas seleccionadas se etiquetaron con cinta *flagging* (fucsia o azul) para futuros monitoreos.

5.1.4.2 Resultados evaluación de variables biológicas

No se evidenciaron individuos adultos en la parcela del canal MB7. Por otro lado, es importante mencionar que en la parcela del MB8 se encontraban individuos de manglar de tipo enano o arbustivo ya que se observaron varios individuos con DAP menor a 2,5 cm y alturas inferiores a los 2 m en estado reproductivo (de 0,6 a 1,66 m, Tabla 10).

Tabla 10. Atributos estructurales de los manglares de las parcelas de los canales intervenidos en el PNNOPMBL (AQUABIÓSFERA, 2024).

Canal	Especie	Número individuos	Densidad (ind/ha)	DAP promedio (cm)	DAP máximo (cm)	Área basal (m ² /ha)	Dq (cm)	Altura promedio (m)	Altura máxima (m)	IVI
MB3	<i>Avicennia germinans</i>	27	2700	4,7 ± 0,7	16,87	7,38	5,90	4,9 ± 0,5	16,50	178,75
	<i>Conocarpus erectus</i>	5	500	3,3 ± 0,2	4,14	0,44	3,35	4,0 ± 0,2	4,40	21,25
	Total	32	3200	4,5 ± 0,6	16,87	7,82	5,58	4,7 ± 0,4	16,50	200
MB6	<i>Avicennia germinans</i>	63	6300	4,2 ± 0,2	9,68	9,85	4,46	3,9 ± 0,1	6,40	164,91
	<i>Terminalia catappa</i>	12	1200	4,7 ± 0,5	7,51	2,32	4,97	4,4 ± 0,2	5,50	35,09
	Total	75	7500	4,3 ± 0,2	9,68	12,17	4,55	4,0 ± 0,1	6,40	200
MB8	<i>Avicennia germinans</i>	23	2300	1,5 ± 0,1	3,33	0,49	1,65	1,1 ± 0,1	1,66	200

En los tres canales se registró *A. germinans*, la cual se encontraba acompañada por *Conocarpus erectus* (mangle botoncillio) en MB3, y por el almendro *Terminalia catappa* (especie comúnmente asociada a los manglares) en MB6, en ambos casos *A. germinans* fue la especie más importante (IVI, Tabla 10;

Figura 19a). En MB6 se registraron las mayores densidades y diámetros, mientras que en MB8 se observaron las menores (

Figura 19b).

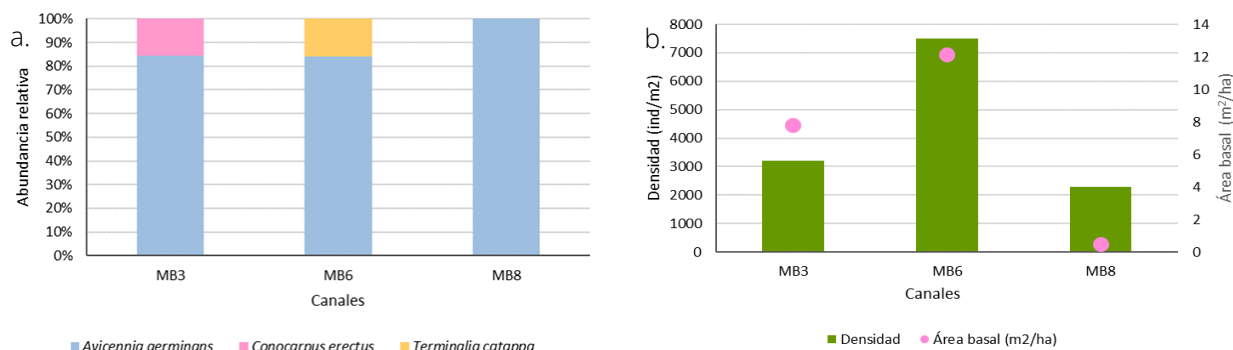


Figura 19. a. Abundancia relativa de las especies presentes en los manglares caracterizados en los Canales intervenidos en el PNNOPMBL. b. Densidad (ind/m²) y área basal estimadas para los manglares caracterizados en las parcelas de los Canales intervenidos en el PNNOPMBL (AQUABIÓSFERA, 2024).

Los canales MB3 y MB6 se ubican en terrenos más elevados y en los que ya había una huella del paso hídrico previo a la intervención, lo cual explica por qué allí los árboles se han recuperado (después del huracán) mejor que en MB7 y MB8.

El sitio que mejores condiciones estructurales mostró fue MB6, lo cual puede indicar que las condiciones hídricas son mejores pues se observó agua previa a la intervención. Por su parte, el suelo en MB3 era mucho más seco.

En MB7 se evidenció una gran cantidad de troncos muertos, a causa del huracán Iota, de 3 m de altura aproximada, la vegetación que se ha logrado recuperar allí ha sido poca, lo cual puede deberse a que no está ingresando suficiente agua al sistema.

El suelo de MB8 era arcilloso lo cual puede representar un problema para las plantas a la hora de absorber agua debido al pequeño tamaño de las partículas que componen este tipo de suelos, limitando la retención. Esto hace que los manglares allí presentes enfrenten un estrés hídrico pudiendo ser el causante del enanismo en los individuos.

En cuanto a la regeneración natural, en la parcela del canal MB8 no se observaron propágulos ni plántulas. No se observaron propágulos en ninguna de las otras parcelas de los canales intervenidos, lo cual puede estar relacionado a que no era época reproductiva de los mismos. Se registró *A. germinans* en los tres canales en los que se evidenció regeneración natural. Se observaron plántulas de *R. mangle* en el canal MB7, con una mejor densidad que *A. germinans*.

Con respecto a los diámetros y a las alturas, la estación MB6 presentó los mayores, y *A. germinans* en la estación MB7 obtuvo los menores (Figura 20a).

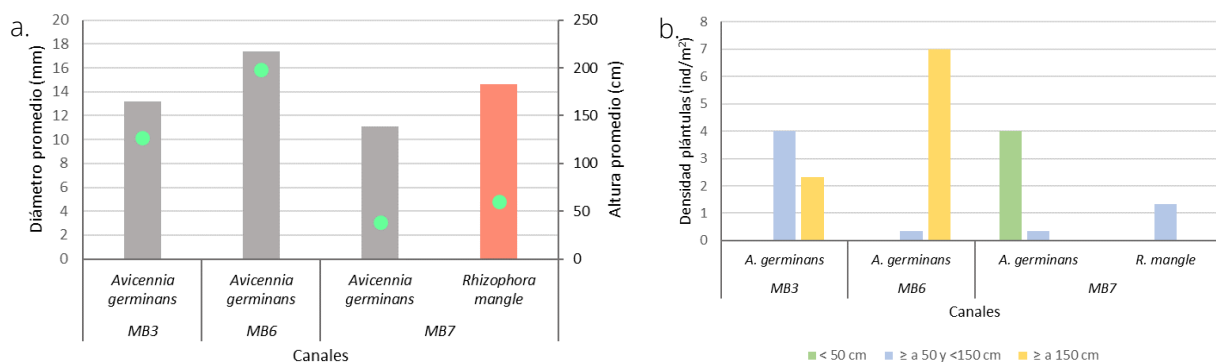


Figura 20. a. Diámetro y altura promedio de las plántulas de las especies registradas en las parcelas de los Canales intervenidos en el PNNOPMBL. b. Densidad de plántulas por especie por categoría de altura en las parcelas de los canales intervenidos en el PNNOPMBL (AQUABIÓSFERA, 2024).

El canal MB6 es el que presenta mayores densidades (7,3 ind/m²), seguido por el canal MB3 (6,3 ind/m²) y por último MB7 (5,6 ind/m²). Al analizar por categoría de altura en MB3 y MB6 se observan plántulas con alturas superiores a 1,5 m, presentándose una densidad mayor en MB6. Por otro lado, únicamente en MB7 se registraron plántulas con alturas inferiores a los 0,5 m. Los individuos de esta categoría fueron más abundantes que los de la categoría que va de 0,5 a 1,5 m de altura (Figura 20b).

La regeneración natural observada, concuerda con lo obtenido a nivel estructural, donde MB3 y MB6 reflejan mejores condiciones ambientales lo que ha permitido a su vez una mejor regeneración.

Las condiciones particulares del suelo en MB8, mencionadas anteriormente, pueden estar afectando la capacidad de regeneración natural allí, lo que no permite que las plántulas crezcan de manera exitosa. Es importante mencionar que se evidenciaron individuos en etapa de floración en dicho canal, por lo cual se recomienda revisar en el próximo mes si empiezan a aparecer semillas en este sector, para dar seguimiento a la posible germinación de estas.

5.1.5 Montículos de siembra (Prueba Piloto)

Esta actividad no se encontraba contemplada dentro del Plan Operativo, y fue planteada durante la visita de seguimiento del DAMCRA-MINAMBIENTA y el INVEMAR el 11 de abril a la Isla. A partir de lo acordado en esta visita (se instalaron dos montículos de siembra de plántulas de mangle a cada lado del tramo principal del canal MB7. Para dar soporte a los sedimentos se usaron costales de fique y estacas en el primer montículo (Figura 21a) y troncos apilados y estacas en el segundo (Figura 21b). En ambos montículos se usaron troncos y ramas muertas en la base, y encima se añadieron sedimentos removidos de la extensión realizada a este canal y del borde de la laguna Nancy Clark.

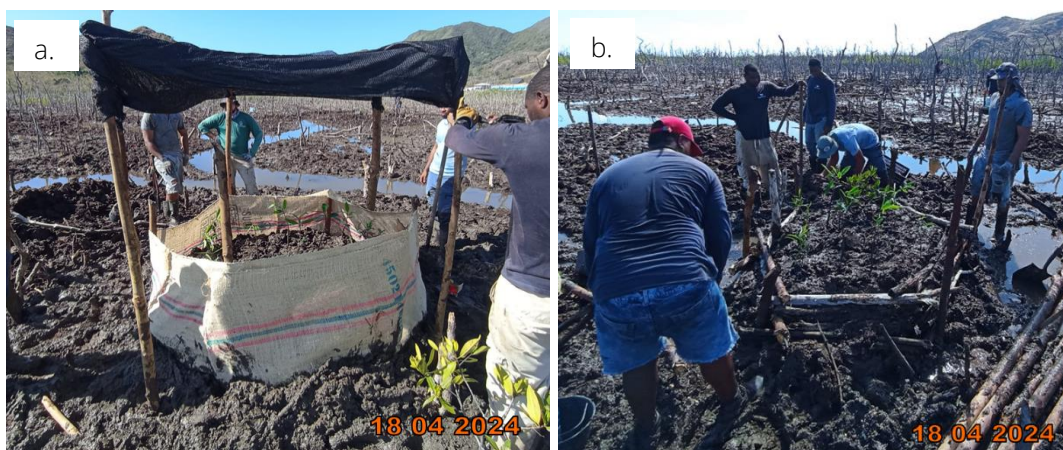


Figura 21. Montículos de siembra en el área del canal MB7. a. Diseño con polisombra del primer montículo de siembra usando costales de fique para sostener los sedimentos. b. Diseño sin polisombra del segundo montículo de siembra usando troncos apilados para sostener los sedimentos (AQUABIÓSFERA, 2024).

5.2 Retiro de los tubos de PVC que cubren las plántulas

El retiro de tubos de PVC se realizó el día 12 de marzo de 2024 en el área de Jones Point (JP1 y JP6) y el 13 de marzo en Santa Catalina (SC3 y SC5). La ubicación de los puntos se observa en la

Figura 22.

5.2.1 Extracción de tubos de PVC

Los tubos se cortaron con machetes o ceguetas, tratando de partarlos para retirar los fragmentos sin lastimar las raíces. Estos tubos tenían unos cortes transversales, y en algunos casos las raíces finas se estaban saliendo por esos cortes, lo que dificultó la tarea, sin embargo, se procuró no lastimarlas. Después de haber extraído el tubo por completo, se procedió a replantar las plántulas en el sustrato, para ello se abrieron huecos en el suelo por medio de la paladraga y se sembraron procurando que quedaran al mismo nivel de siembra que tenían antes de retirar el tubo.



Figura 22. Mapas con los puntos donde se hizo el retiro de los tubos de PVC en Jones Point (a) y Santa Catalina (b) (AQUABIÓSFERA, 2024).

Lo proyectado era solo retirar los tubos de aquellas plántulas que habían desarrollado raíces por fuera de los mismos. Sin embargo, para el sector de Jones Point, uno de los auxiliares de campo indicó haber sido el coordinador de una siembra de plántulas con CORPOAGROCENTRO en la cual se instalaron tubos de PVC, las cuales habían sido sembradas el año pasado (2023) y por lo tanto al momento de la actividad aun no tenían raíces por fuera de los tubos. Estas plántulas se ubicaban en el punto JP1 y JP2 y el auxiliar solicitó que también

se hiciera el retiro de los tubos de PVC de estas plántulas, de esta forma éstos fueron retirados al deslizarlos cuidadosamente por encima de las plántulas (Figura 23).

Figura 23. Actividades de retiro de tubos de PVC en Jones Point (a y b) y Santa Catalina (c y d). a. Planta con el tubo, b. recolecta de los tubos de PVC en costales, c. apertura de agujero con paladraga para siembra, d. plántulas sembradas posterior al retiro (AQUABIÓSFERA, 2024).



5.2.2 Disposición de los tubos retirados

Todos los tubos retirados se metieron en costales y se llevaron en motocarro a la *Corporación Miss Raxi and Miss Graci* de reciclaje de la isla de Providencia, para su disposición final. En total se extrajeron un total de 29 costales en Jones Point y 5 en Santa Catalina, cuyo peso total fue de 284,6 kg (Figura 24).



Figura 24. Transporte (a) y disposición final de tubos de PVC (AQUABIÓSFERA, 2024).

5.2.3 Reposición de plántulas por la mortalidad

El 11 de abril se realizó una visita de revisión a los sitios donde se retiraron los tubos de PVC y se observaron alrededor de 50 plántulas muertas posterior al retiro. Por lo tanto, se decidió hacer una reposición de 61 plántulas (17 en Santa Catalina y 44 en Jones Point). Esta siembra se llevó a cabo el 16 de abril (Figura 25).



Figura 25. a. Plántulas muertas posterior al retiro del tubo de PVC. b. Reposición de plántulas muertas en Santa Catalina y Jones Point (AQUABIÓSFERA, 2024).

5.2.4 Recolección de residuos

Paralelo a las actividades de resiembra en ambos sectores, se hizo recolección de residuos en costales. Se recolectó medio saco en Santa Catalina y tres en Jones Point, los cuales serán sacados de la isla para su procesamiento en Cartagena (Figura 26).



Figura 26. Basura recolectada en Santa Catalina y Jones Point (AQUABIÓSFERA, 2024).

5.3 Adecuación para el establecimiento y desarrollo de manglar en el área del bosque de Manzanillo

Se intervinieron los cinco sectores propuestos en el plan operativo, los cuales se pueden observar en el mapa de la Figura 30. Estos se encuentran conformados por distintos polígonos. Las actividades en Manzanillo se iniciaron el 22 de marzo, se pausaron entre el 23 y el 31 de marzo (por festividades de la semana santa), se retomaron el 1 de abril y finalizaron el 12 de abril.

5.3.1 Adecuación del terreno para la siembra

Para adecuar el terreno se usaron machetes para cortar el material vegetal seco y muerto (ramas y troncos). Cuando fue posible se removieron manualmente los troncos de gran tamaño. En algunas ocasiones se encontraron troncos de gran tamaño, cuyo peso hizo imposible la remoción manual. Se contempló el uso de una motosierra, sin embargo, se decidió dejarlos allí para que contribuyan a dar heterogeneidad a las áreas de siembra. Los árboles muertos en pie también se dejaron, a excepción de aquellos que se evidenciara estuvieran a punto de caer y pudieran presentar un riesgo para las plántulas que se iban a sembrar. Los troncos de gran tamaño se apilaron a las afueras de cada uno de los polígonos, ya que personas de la comunidad indicaron que estos podrían ser usados como leña para cocinar (Figura 27).

El material troceado se dejó en el suelo, para evitar que sol lo caliente de manera directa y así tratar de evitar que la temperatura de este aumente, afectando fisiológicamente a las plántulas.

Después del troceado, se hizo el trazado al tresbolillo manteniendo una distancia de 1 m entre los puntos. Para esto se extendió el decámetro por el terreno disponible y se iba marcando cada metro de distancia con una estaca, posteriormente se usó la regla plegable de 2 m y se extendía formando una "V", cada extremo superior de la V, empalmaba con dos estacas de la franja, y la punta inferior señalaba donde se debía poner la estaca. Posteriormente se usó la

paladraga para realizar el ahoyado donde señalaban las estacas. Cuando se observaban madrigueras de cangrejo, se corría la estaca algunos centímetros para evitar dañarlas.

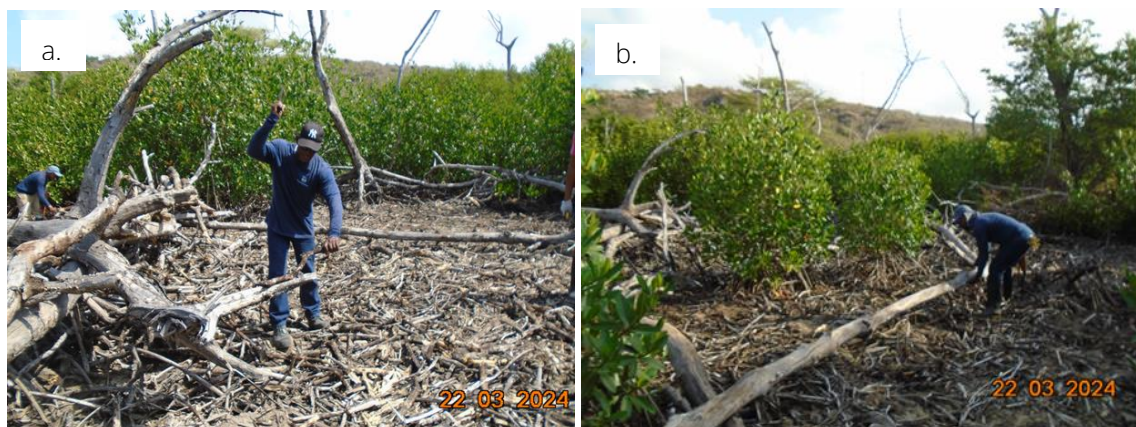


Figura 27. Troceado de material vegetal seco. a. Machete, b. Remoción manual (AQUABIÓSFERA, 2024).

A medida que se iba haciendo el ahoyado, se iban sembrando las plántulas, se sembraron entre 1 y 3 individuos por hueco. Esto se realizó de manera aleatoria, para dar heterogeneidad a la siembra, tratando de sembrar 3 individuos en aquellos polígonos con un mayor espacio disponible. Se usaron tutores en aquellas plántulas que se encontraban ladeadas después de ser sembradas (

Figura 28 y Figura 29).



Figura 28. Siembra de plántulas de manglar en el sector de manzanillo en abril de 2024 (AQUABIÓSFERA, 2024).



Figura 29. a. Siembra de tres individuos por hueco. b. Uso de tutor en la plántula (AQUABIÓSFERA, 2024).

De acuerdo con la densidad de siembra proyectada en el Plan Operativo (entre 1 y 3 individuos por hueco) para un área disponible aproximada de 700 m², la cantidad de individuos a sembrar era entre 700 y 2.100 individuos. La decisión de la densidad de siembra se basó en lo registrado en los últimos monitoreos previos al huracán realizados en Manzanillo, (2018, 2019 y 2020), en donde para la regeneración natural se obtuvieron densidades de 3,5, 0, y 0,6 ind/m²) (Rojas-Aguirre *et al.*, 2019; INVEMAR-CORALINA, 2020).

Las especies sembradas fueron: *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* teniendo en cuenta que estas eran las registradas en los monitoreos de las parcelas permanentes, siendo *R. mangle* la especie con mayor importancia (IVI- Índice de Valor de Importancia) (Rojas-Aguirre *et al.*, 2019; INVEMAR-CORALINA, 2020).

Se sembró un total de 2.486 plántulas, de las cuales 360 correspondieron a *L. racemosa*, y el resto a *R. mangle*. De esta forma se cumplió con el máximo de individuos proyectado y se superó el valor pensando en la mortalidad que pudiera presentarse, ya que se propuso alcanzar la supervivencia del 50% de las plántulas sembradas. La distribución de *L. racemosa* se hizo en franjas detrás de los individuos de *R. mangle* y en ocasiones, teniendo en cuenta donde se observaban los troncos muertos de esta especie. Entre los polígonos Ma2, Ma3a y Ma3b (Figura 30), pasa un gully que se abre en época de lluvias, allí se procuró sembrar *R. mangle* en el borde por donde se observa el camino del gully, y en las áreas más expuestas de la laguna que se forma allí en la época de lluvias, de igual forma en estos sitios se observaron troncos muertos de *R. mangle*.

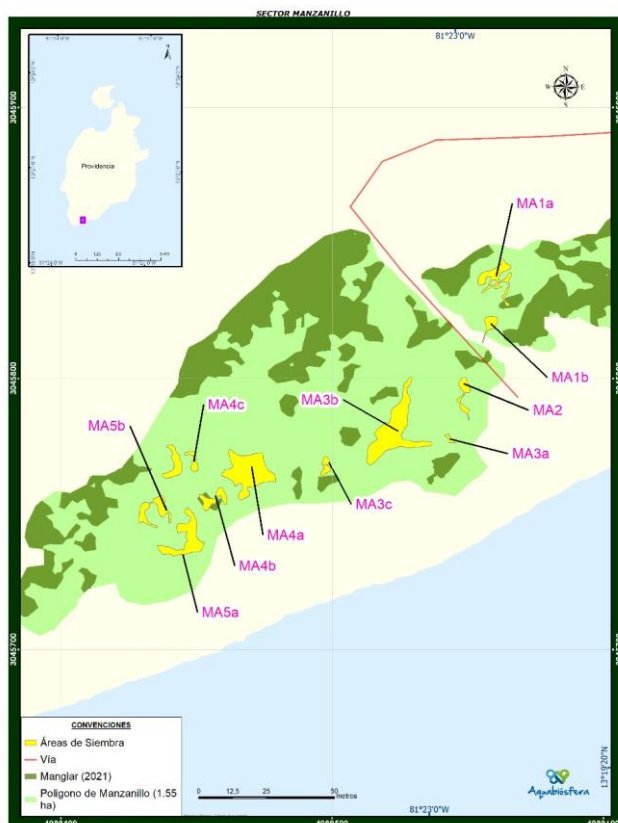


Figura 30. Polígonos de siembra en Manzanillo (AQUABIÓSFERA, 2024)

Una pequeña cantidad de plántulas fueron usadas para reponer aquellas en las que se observó mortalidad en los días subsecuentes a la siembra (alrededor de 15 plántulas). En los días posteriores a la siembra también fue posible observar herbivoría en algunas de las plántulas (Figura 31), posiblemente debido al cangrejo *Cardisoma guanhumi*; del cual se observaron madrigueras en algunos de los polígonos de siembra. A pesar de que los tallos no tenían hojas, el tallo se observaba verde y vivo, lo que indica que tiene la capacidad de hacer un rebrote nuevo de las hojas.

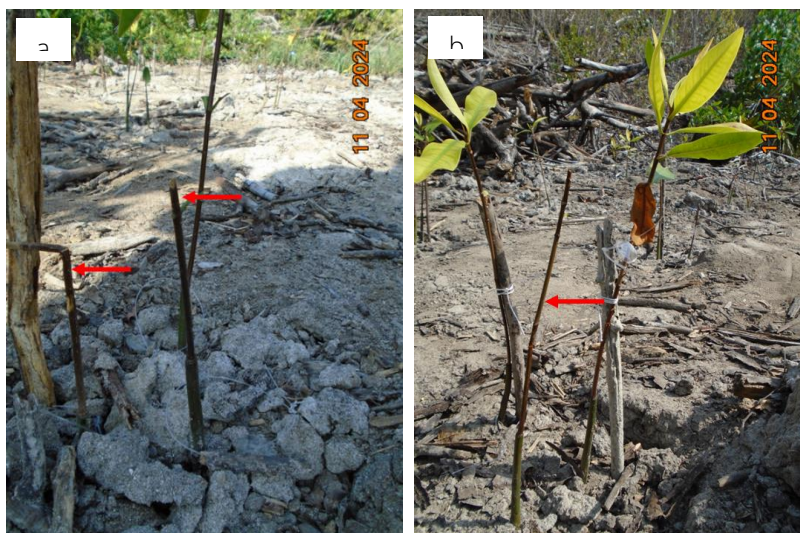


Figura 31. Plántulas sin hojas (señaladas con flechas rojas) debido a herbivoría (posiblemente por el cangrejo *Cardisoma guanhumi*) (AQUABIÓSFERA, 2024)

El 1 de abril, durante el inicio de las actividades de adecuación del terreno se midieron los parámetros fisicoquímicos en dos puntos de la laguna temporal que se forma entre los polígonos MA2, MA3A y MA3B, y se obtuvieron los siguientes valores: salinidad 46,4 y 48,6; temperatura 31,1 y 30,1°C; y pH 7,19 y 7,26; indicando valores óptimos para el desarrollo del manglar. Todo el proceso y resultado de la adecuación y siembra se presenta en el Anexo 6.



Figura 32. Siembra de plántulas en el bosque de Manzanillo (AQUABIÓSFERA, 2024).

5.3.2 Transporte de plántulas

El transporte de las plántulas al sector de Manzanillo se realizó en un camión y motocarro, en distintos recorridos. Para el transporte de las plántulas compradas al vivero de Santa Catalina

fue necesario usar una lancha para llevarlas hasta la isla de Providencia. Estas se transportaron en canastas (Figura 33).



Figura 33. Transporte de plántulas para la siembra en Manzanillo. a. Camión transportador. b. Transporte en Canastas (AQUBIOSFERA, 2024).

5.3.3 Recolección de residuos

Paralelo a las actividades de adecuación del terreno se recogió la basura evidenciada en los polígonos intervenidos. Algunos de estos residuos estaban dispuestos sobre el suelo, y otros se encontraban enterrados en el sedimento, y eran encontrados al realizar el ahoyado para la siembra. Se sacaron cuatro costales (Figura 34), los cuales serán transportados desde la isla para su disposición final en Cartagena.



Figura 34. Costales con basura recolectada en los polígonos de siembra en el sector de Manzanillo en abril de 2024 (AQUBIOSFERA, 2024).

5.3.4 Etiquetado y medición de plántulas

Se etiquetaron 400 plántulas y se midieron 354, distribuidas entre los distintos polígonos de siembra (MA1a, MA1b, MA3b, Ma4a, MA4c, MA4d, MA5a). Debido a que el etiquetado se hizo antes de la medición, es posible que se hayan omitido algunas plántulas, debido a la forma irregular de los polígonos, adicionalmente es posible que debido a la herbivoría evidenciada por los cangrejos, algunas de estas se hayan perdido. Las etiquetas estaban elaboradas en acetato (Figura 35a) y se encontraban codificadas de la siguiente manera: desde AQB-0001 al AQB-0300, y del AQB-0401 al AQB-0500 (se presentaron inconvenientes con el rango del 301 a 400, por lo cual no se usó). Por otro lado, Las etiquetas se amarraron al tallo de la plántula con nylon o hilo grueso (Figura 35b).

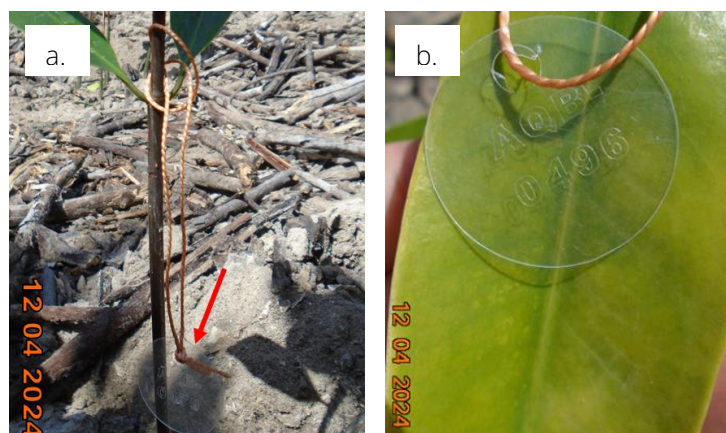


Figura 35. a. Etiqueta amarrada a una plántula del manglar sembrado en el sector de Manzanillo en abril de 2024, b. detalle de la etiqueta (AQUIOSFERA, 2024).

La medición de la altura se hizo desde el suelo hasta la base de la última hoja, para lo cual se usó una regla plegable. En aquellas plántulas que habían experimentado herbívora por los cangrejos, la altura se midió hasta el punto más alto del tallo. El diámetro basal se midió a 5 cm del suelo para *L. racemosa* y a 1 cm del propágulo donde se une con el tallo emergente en *R. mangle*, para lo cual se usó un calibrador. De los 354 individuos medidos, 312 eran de *R. mangle* y 42 de *L. racemosa*.

5.3.5 Visita posterior a la finalización de las actividades de siembra y etiquetado

Al finalizar las actividades de siembra y etiquetado (12 de abril) surgió la preocupación frente a la supervivencia de las plántulas. La siembra se realizó a inicios de abril, mes en el cual finaliza la temporada seca (González y Hurtado, 2012), con el objeto de coincidir la siembra con el inicio de la temporada de lluvias. Sin embargo, las lluvias no se habían registrado hasta el 13 de abril por lo que se consideró alternativas de riego para garantizar la viabilidad de las

plántulas sembradas. El 14 de abril se registraron las primeras lluvias en la Isla y el 19 de abril se realizó una visita al sector de Manzanillo para observar la plantación posterior a dichas lluvias, donde se verificó que las plántulas están en proceso de adaptación. (Figura 36). En el polígono MA3b se observan algunas plántulas con las hojas decaídas, lo cual también puede estar relacionado a que este polígono es el que menor sombra tiene. Por tanto, es posible que las plántulas estén experimentando estrés por el cambio térmico, ya que en los viveros éstas tenían poli sombra. Posterior a esto se siguen registrando lluvias los días 20, 24 y 25 de abril.



Figura 36. Estado de las plántulas sembradas en el sector de Manzanillo el 19 de abril después de las lluvias registradas (AQUABIÓSFERA, 2024).

5.4 Gobernanza comunitaria ambiental

Como se ha mencionado previamente, se promovió la participación de las comunidades locales en todas las actividades del proyecto, no solo para que perciban un beneficio económico a partir de la generación de empleos temporales, sino también para agregar valor en términos de generación y fortalecimiento de capacidad técnica personal y comunitaria. Esto es de gran importancia ya que, al involucrar de manera activa a la comunidad en las distintas actividades de restauración y rehabilitación del manglar, se generará una mayor apropiación social, lo cual favorecerá la conservación de éstos en el largo plazo.

Dando cumplimiento al contrato suscrito entre AQUABIÓSFERA S.A.S. BIC e INVEMAR, el 100% del personal contratado correspondió a mano de obra local (Providencia y Santa Catalina) de diferentes sectores asociados a las áreas de restauración para acompañamiento en el desarrollo de las actividades. En el Anexo 6 se incluyen los registros de participación y planeación de las actividades en campo.

5.4.1 Contratación del personal

Se realizó una búsqueda activa del personal comunitario en la Isla con disponibilidad para realizar trabajos de campo. Se trató de priorizar organizaciones comunitarias. Sin embargo,

solo se identificó una persona de la Asociación Ecofarmers quien tenía material vegetal producido en vivero comunitario, y posteriormente se contactó para el suministro de algunas plántulas proyectadas para la siembra. Por lo anterior, las personas para labores de campo se contactaron individualmente para la elaboración de las bases de datos y su posterior contratación. Se consolidó un grupo de 20 personas (Tabla 11), con los cuales se lograron acuerdos para su vinculación contractual con AQUABIÓSFERA.

Tabla 11. Base de datos de personal comunitario seleccionado para la participación en las labores de campo del proyecto (AQUABIÓSFERA, 2024)

	Nombre	Contacto	Número de cédula	Ocupación	Edad	EPS	Fondo de Pensión	E-MAIL
1	Pedro Danylo Robinson Almeida	3143618768	1007416628	Técnico preparación física y deportiva	23	NUEVA EPS	PORVENIR	pedro.danilo_r@icloud.com
2	Darnell Vanegas Bauque	3136542651	1120981256	Bachiller	24	NUEVA EPS	PORVENIR	darnellvanegas1999@gmail.com
3	Julio Iving Howard Cabeza	3204330469	1123627473	Turismo ambiental	33	NUEVA EPS	PORVENIR	julio-cost@hotmail.com
4	Jorsen Jesus Machacon Corpus	3214291487	1123639208	Bachiller	24	NUEVA EPS	PORVENIR	Machaconcorpus@icloud.com
5	Julian Manuel Fernandez Taylor	3167594184	1018481398	Bachiller	28	NUEVA EPS	PORVENIR	Julianmafertay@gmail.com
6	Guillermo Archbold May Steven Fahir	3183556385	18005132	Bachiller	50	NUEVA EPS	PORVENIR	archboldg@yahoo.com
7	Fernández Fernandez	3178205584	1088317682	Bachiller	29	NUEVA EPS	COLPENSIONES	Fahirfer@hotmail.com
8	Ronald Archbold	3184702607	1123620463	Técnico en manejo ambiental	37	NUEVA EPS	COLPENSIONES	karletrb@gmail.com
9	Jose Miguel Webster	3107119738	1120980359	Bachiller	27	NUEVA EPS	COLPENSIONES	josemweb7@gmail.com
10	Miguel Arturo Murillo Robinson	3166489933	1120980693	Bachiller	30	NUEVA EPS	PORVENIR	murillorobinsonm@gmail.com
11	Ricky Castrillo Bush	3174474428	1120980286	Bachiller	35	NUEVA EPS	COLPENSIONES	manba-negra24@hotmail.com
12	Breyner Paredes Robinson	3015469468	1006868524	Técnico en sistemas	22	NUEVA EPS	PROTECCION	breynerparedes29@outlook.com
13	Daniel James Bellido	3176933973	1123621588	Bachiller	19	NUEVA EPS	COLPENSIONES	bellidojames14@gmail.com
14	Andres Geovanni Brown Torres	318 5226160	1120981073	Técnico	26	NUEVA EPS	PORVENIR	gyanbrown@gmail.com
15	Juan Ignacio Wilches	3156188738	1120981052	Profesional veterinario	26	NUEVA EPS	PORVENIR	vtzjuan@gamil.com
16	Jason Javier Orozco Kelly	3188614061	1018502634	Bachiller	25	NUEVA EPS	COLPENSIONES	jasonorozco45@gmail.com
17	Osmar Virgilio Orozco Revees	3136886581	1143414110	Profesional biólogo	24	NUEVA EPS	COLPENSIONES	orozcomanyanet@gmail.com
18	Diego Alfredo Carriazo Archbold	3174830372-3125875057	18008305	Bachiller	45	NUEVA EPS	COLPENSIONES	diegocarriazo@gmail.com

	Nombre	Contacto	Número de cédula	Ocupación	Edad	EPS	Fondo de Pensión	E-MAIL
19	Jonas Alberto Oneill Quesada Sprangler Nelsio	3183581185	1120981262	Tecnólogo	24	NUEVA SPS	PORVENIR	Jonis.29.quez@gmail.com
20	Ward Fernández	3228377167	1120981149	Técnico en mecánica diésel	26	NUEVA EPS	PORVENIR	spranglerward@gmail.com

5.4.2 Ejecución de talleres

Dentro de la gobernanza comunitaria ambiental, el contrato incluyó la “formación de al menos 10 personas locales, donde se vinculen al menos un integrante por junta local como líderes formadores en los temas de restauración ecológica, importancia del manglar, monitoreo de manglar y servicios Ecosistémicos” con el objetivo de potenciar el éxito de las medidas de rehabilitación en el largo plazo, el liderazgo comunitario y la capacidad adaptativa.

Para lograr este objetivo, AQUABIÓSFERA SAS BIC inicialmente identificó expertos para orientar los talleres definidos en los objetivos definidos en el numeral nueve de las obligaciones del contrato. Se vincularon tres expertos locales: dos de ellos a través de la Fundación PROSEALAND – Sea Land & Culture, Old Providence Initiative- y uno como persona natural.

Una vez definidas las temáticas a desarrollar en los talleres, se realizó la búsqueda activa de personas en la Isla relacionadas con actividades en el ecosistema de manglar, priorizando líderes locales y personas vinculadas de alguna manera con el ecosistema de manglar: líderes de las juntas de acción comunal de distintos barrios en la isla, personas que tienen incitativas de viveros de manglar, personas que han participado en proyectos de restauración y/o monitoreo de manglares y / o bosque seco, guías turísticos y personas referidas por los invitados del taller que manifestaban interés en asistir.

Inicialmente se estableció contacto con las personas identificadas de manera personal, a través de llamada telefónica y/o mensajería de texto por la aplicación Whatsapp ®. Se explicó de manera detallada el contenido y fechas tentativas para la realización de los talleres y se tabuló el personal que manifestó interés y disponibilidad en participar (Tabla 12).

Tabla 12. Relación de personal identificado que manifestó interés y disponibilidad en participar en los talleres (AQUABIOSFERA, 2024).

#	Nombre	Documento de identificación	Rol en la comunidad
1	Rosalina Britton	23.249.146	Líder de la Junta de Acción Comunal de Casa Baja (Bottom House)
2	Catrin Archbold Archbold	23.249.307	Líder de la Junta de Acción Comunal de Pueblo Viejo (Old Town)

#	Nombre	Documento de identificación	Rol en la comunidad
3	Hawthorne Newball	12.561.365	Líder de la Junta de Acción Comunal de San Felipe
4	Virginia Webster Archbold	23.249.198	Asociación ECOFARMERS. Iniciativa vivero de mangle
5	Carlos Archbold Corpus	18.005.176	Iniciativa vivero de mangle
6	Silvesto Venner Mclean	4.034.853	Iniciativa vivero de mangle
7	Charlina Brown Archbold	23.249.513	Referida de la comunidad. Iniciativa vivero de mangle que se encuentra en etapa de construcción.
8	Shera Bellido Britton	40.992.104	Referida de la comunidad
9	Conie Abrahams	1.006.869.753	Referida de la comunidad.
10	Dayan Steele Aguilar	1.120.980.075	Miembro fundador de la Fundación Piknini
11	Julie Livingston Dawkins	1.123.625.711	Contratista del proyecto Fondo Acción
12	Orlis Dilbort Henry Archbold	18.005.166	Guía Turístico de El Pico (El Peak)
13	Irene Lopez Cardozo	52.708.091	Bióloga
14	Bernardo Bernard	4.034.774	Ha participado en monitoreos de manglar. Guía Turístico de El Pico (El Peak)
15	Heather Charlotte Hooker Zarza	1.123.621.335	Ha estado vinculada en procesos de siembra con el PNNOPMBL
16	Kideson Bush	18.005.416	Ha estado vinculado con el PNNOPMBL
17	Jhan Carlos Rodríguez Ortega	73.182.183	Tiene residencia al lado de una zona de manglar
18	Jeniffer Bowie Archbold	52.411.603	Funcionaria de la parte de educación ambiental del PNNOPMBL
19	Norvel Joseph Walters Díaz	1.120.980.589	Ha estado vinculado con el monitoreo de manglar PNNOPMBL
20	Darrel Ward	1.120.980.210	Experto local contratado por INVEMAR para el proyecto
21	Junior Rojas Archbold	1.120.980.970	Ha estado vinculado con procesos de siembra de manglar con MASBOSQUES y ha trabajado con bosque seco en PNNOPMBL
22	Marine Pillement	23CK-75749	Pasante de la Fundación Old Providence
23	Ronald Archbold	1.123.620.463	Ha estado vinculado con procesos de siembra de manglar en el PNNOPMBL y en actividades de monitoreo de manglar
24	Juan Ignacio Wilches	1.120.981.052	Ha estado vinculado con procesos de siembra de manglar con CORPOAGROCENTRO
25	Andres Geovanni Brown Torres	1.120.981.073	Ha estado vinculado con procesos de siembra de manglar en el PNNOPMBL y en actividades de monitoreo de manglar
26	Julian Manuel Fernández Taylor	1.018.481.398	Ha estado vinculado con actividades de bosque seco, siembra de manglar en Manzanillo y rehabilitación de canales en el PNNOPMBL
27	Diego Alfredo Carriazo Archbold	18.008.305	Ha estado vinculado con actividades de bosque seco, siembra de manglar en Manzanillo y rehabilitación de canales en el PNNOPMBL
28	Osmar Virgilio Orozco Revees	1.143.414.110	Ha estado vinculado con actividades de bosque seco, siembra de manglar en Manzanillo y rehabilitación de canales en el PNNOPMBL

#	Nombre	Documento de identificación	Rol en la comunidad
29	Julio Iving Howard Cabeza	1.123.627.473	Ha estado vinculado con actividades de bosque seco, siembra de manglar en Manzanillo y rehabilitación de canales en el PNNOPMBL
30	Jorsen Jesus Machacon Corpus	1.123.639.208	Ha estado vinculado con actividades de bosque seco, siembra de manglar en Manzanillo y rehabilitación de canales en el PNNOPMBL
31	Guillermo Archbold May	18.005.132	Ha estado vinculado con actividades de bosque seco, siembra de manglar en Manzanillo y rehabilitación de canales en el PNNOPMBL
32	Steven Fahir Fernández Fernandez	1.088.317.682	Ha estado vinculado con actividades de bosque seco, siembra de manglar en Manzanillo y rehabilitación de canales en el PNNOPMBL
33	Miguel Arturo Murillo Robinson	1.120.980.693	Ha estado vinculado con actividades de bosque seco, siembra de manglar en Manzanillo y rehabilitación de canales en el PNNOPMBL
34	Sprangler Nelsio Ward Fernández	1.123.636.067	Ha estado vinculado con actividades de bosque seco, siembra de manglar en Manzanillo y rehabilitación de canales en el PNNOPMBL
35	Jason Javier Orozco Kelly	1.018.502.634	Ha estado vinculado con actividades de bosque seco, siembra de manglar en Manzanillo y rehabilitación de canales en el PNNOPMBL
36	Jonas Alberto Oneill Quesada	1.120.981.262	Ha estado vinculado con actividades de bosque seco, siembra de manglar en Manzanillo y rehabilitación de canales en el PNNOPMBL
37	Pedro Danylo Robinson Almeida	1.007.416.628	Ha estado vinculado con actividades de bosque seco, siembra de manglar en Manzanillo y rehabilitación de canales en el PNNOPMBL
38	Darnell Vanegas Bauque	1.120.981.256	Ha estado vinculado con actividades de bosque seco, siembra de manglar en Manzanillo y rehabilitación de canales en el PNNOPMBL
39	Jose Miguel Webster	1.120.980.359	Ha estado vinculado con actividades de bosque seco, siembra de manglar en Manzanillo y rehabilitación de canales en el PNNOPMBL
40	Ricky Castrillo Bush	1.120.980.286	Ha estado vinculado con actividades de bosque seco, siembra de manglar en Manzanillo y rehabilitación de canales en el PNNOPMBL
41	Breyner Paredes Robinson	1.006.868.524	Ha estado vinculado con actividades de bosque seco, siembra de manglar en Manzanillo y rehabilitación de canales en el PNNOPMBL
42	Daniel James Bellido	1.123.621.588	Ha estado vinculado con actividades de bosque seco, siembra de manglar en Manzanillo y rehabilitación de canales en el PNNOPMBL

Posteriormente, se concertó con los expertos que orientaron los talleres las fechas con el fin de lograr la mayor participación posible. Finalmente, se enviaron las cartas de invitación a través de la aplicación Whatsapp ® (ver modelos de las cartas en la Figura 37 y Figura 38) y se

entregaron de manera personal. Algunos de los invitados manifestaron su interés y/o disponibilidad de participar en alguno de los talleres y no en los tres. En esos casos se procedió a entregar las cartas de invitación en físico y personalmente según la disponibilidad. La evidencia de las cartas entregadas personalmente del Taller No. 1 se encuentra en el Anexo 6.



Figura 37. Modelo de carta de invitación al Taller No. 1 (AQUABIOSFERA, 2024)

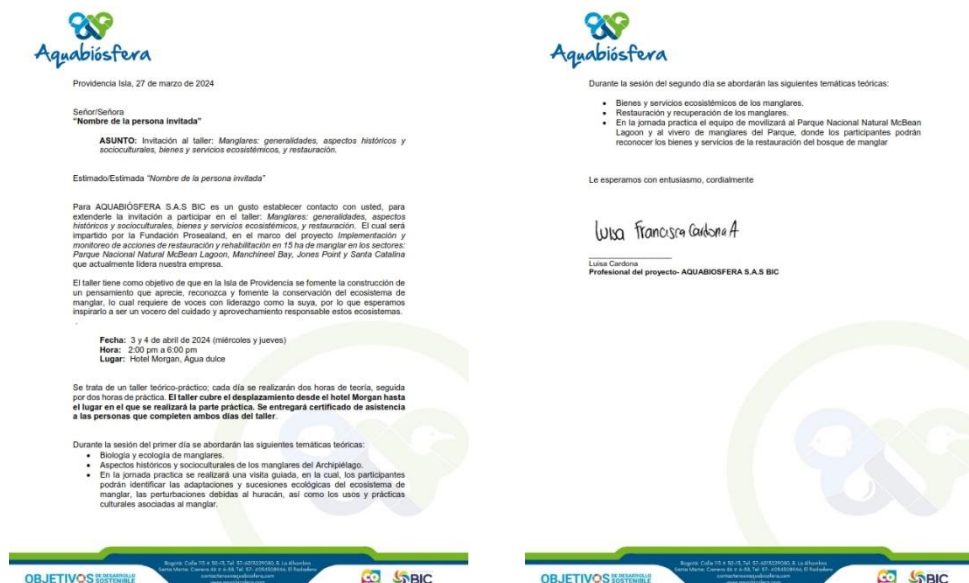


Figura 38. Modelo de carta de invitación de los Talleres No. 2 y 3 (AQUABIOSFERA, 2024).

5.4.2.1 Taller 1: Monitoreo de manglar: métodos e indicadores de estado y de respuesta

Este taller fue realizado el 2 de abril en la Casa de la Cultura de la Isla de Providencia con una duración de cinco horas (cuatro teóricas y una práctica que incluyó salida de campo al sector de Jones Point (Figura 39). Este taller contó con una participación de 22 personas (Anexo 6), a las cuales se les entregó un certificado de asistencia (Figura 40). Los certificados entregados en físico se pueden consultar en el Anexo 6.

Este taller fue orientado a la presentación de los lineamientos teóricos y las metodologías del monitoreo de estado y monitoreo a la restauración en el ecosistema de manglar en el Manchineel, presentando la conceptualización del monitoreo, el ecosistema de interés y los lineamientos de este en las áreas protegidas.

Se socializaron los indicadores monitoreados por el PNNOPMBL según su programa de monitoreo y la estructuración de cada uno de ellos con base en: pregunta, definición de la indagación, diseño de la indagación y la metodología de recolección de la indagación para los indicadores de composición, estructura y supervivencia, y los formatos de campo en cada uno de ellos. Posteriormente, se explicó el ejercicio a realizar en campo en el manglar de Jones Point, para lo que se conformaron tres equipos de aproximadamente 7 personas cada uno, y siguiendo una guía entregada y con orientación se realizó la toma de los parámetros de diversidad (identificación de especies), densidad, diámetro a la altura del pecho (DAP), altura, supervivencia y observaciones, con el objetivo de diligenciar correctamente los formatos de campo, familiarizarse con los términos, metodología y utilizar los equipos de medición.





Figura 39. Registro fotográfico de la ejecución del Taller No. 1 (AQUABIÓSFERA, 2024).



Figura 40. Modelo del certificado entregado a los asistentes del Taller No. 1 (AQUABIÓSFERA, 2024).

Finalmente, como parte fundamental de los procesos de monitoreo, se explicó la importancia de socializar y divulgar los resultados, se presentaron algunos resultados de los monitoreos

del PNNOPMBL y cada equipo realizó la socialización de su experiencia con todos los asistentes. La presentación de este taller se puede consultar en el Anexo 6.

5.4.2.2 Taller 2: Manglares de caribe: evolución, distribución geográfica, cobertura, géneros y especies, adaptaciones fisiológicas, zonación y estrategias de restauración

Este taller fue realizado el 3 de abril en el Hotel Morgan, Agua Dulce (Isla de Providencia) con una duración de cuatro horas (tres teóricas y una práctica que incluyó salida de campo al sector de Santa Catalina) (Figura 41). El taller contó con una participación de 23 personas (Anexo 6).



Figura 41. Registro fotográfico de la ejecución del Taller No. 2 (AQUABIÓSFERA, 2024).

La totalidad del taller se dictó en “creole” o inglés caribeño con la intención de establecer canales de comunicación fluidos con los participantes de este. El taller se dividió en dos partes: en la primera parte de incluyó aspectos de la biología del manglar (evolución, distribución

global, regional, local, riqueza, abundancia y manglares del Caribe), luego se introdujo aspectos ecológicos que incluyeron: géneros y especies de manglar, adaptaciones fisiológicas y zonación en el litoral costero. Posteriormente, se comentaron servicios ecosistémicos (¿qué son?, tipos de servicios, mosaico ecosistémico, manglar, pastos, y arrecife. La segunda parte se orientó hacia aspectos de restauración de manglar: ¿Qué es?, diferencia con reforestación, tipos de restauración, pasos hacia la restauración y finalmente técnicas de restauración (siembra, viveros, aperturas de canales).

5.4.2.3 Taller 3: Manglares: conocimientos y prácticas tradicionales del pueblo raizal asociados al manglar

Este taller fue realizado el 4 de abril en el Hotel Morgan, Agua Dulce (Isla de Providencia) con una duración de cuatro horas (dos horas y media teóricas y una hora y media práctica que incluyó una salida de campo al sector del PNNOPMBL) (Figura 42). El taller contó con una participación de 27 personas (Anexo 6), a las cuales se les entregó un certificado de asistencia (Anexo 6).



Figura 42. Registro fotográfico de la ejecución del Taller No. 3 (AQUABIÓSFERA, 2024).

La totalidad del taller se dictó en “creole” o inglés caribeño con la intención de establecer canales de comunicación más fluidos con los participantes de este. El taller se enfocó en los conocimientos y prácticas tradicionales del pueblo Raizal asociados al ecosistema de manglar. Para ello, se inició con una introducción con algunos datos claves sobre los manglares y su importancia para los seres humanos. Posteriormente, se revisaron algunas de las principales amenazas que enfrentan estos ecosistemas. Posteriormente se introdujo el concepto de servicios ecosistémicos culturales y se hablaron de distintos usos culturales que los manglares tienen en distintos lugares del mundo. Finalmente, se habló de los usos particulares de estos ecosistemas en el contexto del archipiélago, tanto en el pasado como en la actualidad. Esta última parte buscó ser dinámica y participativa, instando a los asistentes a recordar las relaciones que ellos mismos han tenido con este ecosistema, así como sus antepasados.

5.4.3 Compra de plántulas en viveros locales

La adquisición de las plántulas se realizó mediante compra a viveros de la comunidad y mediante la donación de plántulas del vivero del PNNOPMBL.

Durante la salida de reconocimiento realizada entre el 1 y 5 de febrero de 2024, se identificaron tres viveros de personas de la comunidad y uno del PNNOPMBL. Después de esta salida, al analizar el área disponible para la siembra en el sector de Manzanillo, se proyectó la siembra de entre 1.500 y 2.100 plántulas. Por lo anterior se proyectó un número de plántulas a adquirir de 2.500, contemplando la mortalidad de algunas de estas. De los tres viveros identificados, dos pertenecían a personas independientes y uno en Santa Catalina a cargo de la Señora Virginia Webster (quien pertenece a la Asociación ECOFARMERS). Este último era el que más plántulas tenía. Durante la salida de reconocimiento se observaron alrededor de 100 plántulas o menos en los dos de primeros y alrededor de 1.000 en el de Santa Catalina (la persona indicaba tener alrededor de 6.000, pero no las tenía en el vivero y no fue posible verlas en ese momento, ni verificar el estado de estas).

Cuando se iniciaron las actividades en campo, se volvieron a visitar los viveros, para identificar la cantidad de plántulas a comprar en cada uno. Al realizar la verificación y procurando la adquisición de plántulas con más de 40 cm de altura (Figura 43), se determinó la compra de plántulas al señor Silvestro Venner Mclean, al señor Carlos Rosendo Archbold Corpus y al vivero de la señora Virginia en Santa Catalina. Al momento de realizar la siembra, se sembró un total de 2.486 plántulas en Manzanillo (determinado por el área disponible y la reposición de alrededor de 15 plántulas muertas en los días siguientes a la siembra).

Durante la ejecución de las actividades, a las tres semanas de haber retirado los tubos de PVC de las plántulas sembradas en años anteriores en los sectores de Santa Catalina y Jones Point, se evidenciaron alrededor de 50 plántulas muertas. Por lo tanto, se decidió hacer una reposición de 61 plántulas (17 en Santa Catalina y 44 en Jones Point). Para esto se usaron las 14 plántulas restantes de lo sembrado en Manzanillo y se compraron 47 al vivero de la señora Virginia en Santa Catalina.

Por último, cuando se decidió realizar la prueba piloto con montículos de siembra en el canal MB7 rehabilitado en el PNNOPMBL se hizo necesaria la adquisición de 20 plántulas adicionales para instalar en los dos montículos de sedimentos, cada uno de los cuales tiene 10 plántulas (cinco de *R. mangle* y cinco de *Avicennia germinans*). Diez plántulas de *R. mangle* fueron donadas por el PNNOPMBL y diez de *A. germinans* fueron donadas por una persona de la comunidad que se encuentra instalando un vivero de manglar y estuvo vinculado al proyecto.

En total se adquirieron 2.567 plántulas para el presente proyecto. De estas 2.486 se usaron para la siembra en el sector de Manzanillo, 61 para reponer en los sectores de Santa Catalina y Jones Point y, finalmente, 20 en los dos montículos instalados al lado y lado del canal MB7 en el PNNOPMBL.



Figura 43 Verificación de las alturas de las plántulas en los viveros (AQUABIÓSFERA, 2024).

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dando cumplimiento al contrato suscrito entre AQUABIÓSFERA S.A.S. BIC e INVEMAR, el 100% del personal contratado correspondió a mano de obra local (Providencia y Santa Catalina) de diferentes sectores asociados a las áreas de restauración para acompañamiento en el desarrollo de las actividades. Se vincularon de manera directa 23 hombres y 4 mujeres a la ejecución de las actividades: 19 operarios de campo, un supervisor en campo, tres profesionales nacidos en la Isla para la ejecución de los talleres, una persona para suministro de refrigerios. Adicionalmente, las plántulas de manglar fueron compradas a tres personas con viveros locales.

Se realizó una intervención en cuatro flujos hídricos con las siguientes medidas de longitud: Flujo MB3: 12 m; Flujo MB6 35 m; Flujo MB7: 115 m y Flujo MB8: 40 m. Las medidas de ancho y profundidad se mantuvieron iguales en todos los canales: 1 m de ancho por 0,5 m de profundidad. A partir de esta intervención se removieron alrededor de 75,76 metros cúbicos de sedimentos que fueron dispuestos sin alterar la microtopografía de las áreas adyacentes a la intervención. En tres de los cuatro canales se observó algún nivel de inundación al finalizar las actividades. En los tres casos, las salinidades evidenciadas indican que estos flujos se encuentran principalmente influenciados por las mareas.

Se establecieron cuatro parcelas permanentes de crecimiento para evaluar la estructura del manglar al lado de cada uno de los canales. En estas parcelas no se registraron individuos adultos en MB7. Se evidenció que el que mejor estado presentó en términos de área basal y densidad fue el MB6. Se observó que el manglar del canal MB8 era de tipo enano; posiblemente debido a estrés hídrico por las características del suelo. En cuanto a la regeneración natural, no se observaron propágulos en ninguna de las parcelas de los canales

intervenidos en el PNNOPMBL. MB6 es el canal con mayor densidad de plántulas, MB7 con la menor densidad, y en MB8 no se registraron plántulas.

Se retiraron 174 tubos de PVC en Jones Point y 30 en Santa Catalina que habían sido instalados para prevenir la acción herbívora en plántulas de manglar sembradas anteriormente.

Se sembró un total de 2.486 plántulas en Manzanillo, de las cuales 360 corresponden a *Laguncularia racemosa* y el resto a *Rhizophora mangle*. Las plántulas tuvieron una altura y diámetro promedios de 38,82 cm y 4,43 mm, respectivamente.

Se retiró un total estimado de 392,6 kilogramos de residuos sólidos (incluidos los tubos PVC) en los cuatro sectores de interés del presente proyecto. Los tubos se entregaron en la Isla para disposición final. Los residuos recolectados en Manzanillo, en el PNNOPMBL, en Jones Point y en Santa Catalina serán trasladados vía marítima a Cartagena para disposición final.

Finalmente, se estima que las acciones de rehabilitación y restauración tienen efectos potenciales en 15,18 hectáreas en las cuatro áreas mencionadas distribuidas de la siguiente manera: 8,87 hectáreas el sector Parque Nacional Natural Mc Bean Lagoon, 1,55 hectáreas en Manchineel Bay (Manzanillo), 2,16 hectáreas en Janes Point y 2,6 hectáreas en Santa Catalina.

Respecto al proceso de implementación, al ver el interés de la comunidad por participar en las capacitaciones y el desarrollo de cada una de las acciones, se hace necesaria la búsqueda de una articulación entre las instituciones para poder mantener los procesos que ya han iniciado y buscar que cada acción represente un pago por restauración y conservación a la comunidad local.

7 BIBLIOGRAFÍA

- APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WEF (Water Environment Federation). Standard methods for the examination of water and wastewater, 22 edition. Washington. 2012,1463p.
- Garay, J.; Panizzo, L.; Ramírez, G.; Sánchez, J. 1993. Manual de técnicas analíticas de parámetros físico-químicos y contaminantes marinos. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, CIOH. Cartagena.
- González, O. C y Hurtado, G. 2012. Caracterización climática del archipiélago de San Andrés y Providencia. pp (s) en CORALINA-INVEMAR, 2012. Gómez-López, D.I., C. Segura-Quintero, P. C. Sierra-Correa y J. Garay-Tinoco (Eds). Atlas de la Reserva de Biósfera Seaflower. Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés" -INVEMAR- y Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina -CORALINA-. Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR # 28. Santa Marta, Colombia 180 p

- Herrera-Silveira, J. A., Teutli-Hernández, C., y Cisneros-de la Cruz, D. J. 2021. Manual para la restauración ecológica de manglares del sistema arrecifal mesoamericano y el Gran Caribe.
- INVEMAR-CORALINA. 2020. Evaluación del estado de los ambientes marinos, costeros (manglares, corales, pastos marinos, playas, calidad del agua) y oceanográficos (operación de la boya oceanográfica) en jurisdicción de la corporación para el desarrollo sostenible del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (CORALINA). Informe Técnico Final. Convenio 001-2020. CORALINAINVEMAR. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andréis, Santa Marta. 242 p.
- Melo Cruz, O. A. y R. Vargas Rios. 2002. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Universidad del Tolima, CRQ, Corpocaldas y Cortolima, Ibagué. 207 p.
- Navarrete Ramírez, S. M., & Rodríguez Rincón, A. M. (2014). Protocolo Indicador Condición Tendencia Bosques de Manglar (ICTBM). Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP).
- Robles, S. A.; Caraballo, Y., Montes, C., Cortés, I.C. y Lazarus, J.F. 2023. Ajuste y actualización del plan básico de restauración para 15 ha de manglar priorizadas participativamente en las islas de Providencia y Santa Catalina. Convenio 924 - 2023. PRY-CAM-011-23. DAMCRA-INVEMAR. Santa Marta. 72 p.
- Rodríguez Zúñiga, M. T., Villeda-Chávez, E., Vázquez-Lule, A. D., Bejarano, M., Cruz-López, M. I., Olguín, M., ... & Flores, R. (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, México*, 272.
- 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.
- Rojas-Aguirre, A. S., L. Cardona-Acuña, M. A. Mutis-Martinezguerra, D. I. Gómez-López, J. Vega y C. Daza, 2019. 20 años (1999-2018) de monitoreo de los manglares en las islas de San Andrés y Providencia. Serie de Publicaciones Generales No. 107. INVEMAR-CORALINA, Santa Marta, 48 p.
- Sánchez-Núñez, D., Rodríguez-Rodríguez, J.A., Gil Torres, W, Vega A., Zamora A. 2021. Plan de rehabilitación de los manglares de providencia. Fortalecimiento de la restauración de manglares en Colombia: Técnicas, saberes y experiencias. MinAmbiente - INVEMAR. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andréis, Santa Marta. 80p.

- 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.
- Teutli-Hernández C., J.A. Herrera-Silveira, D.J. Cisneros-de la Cruz., R. Román-Cuesta. 2020. Mangrove ecological restoration guide: Lessons learned. Mainstreaming Wetlands into the Climate Agenda: A multi-level approach (SWAMP). CIFOR/CINVESTAV-IPN/UNAM-Sisal/PMC, 42p.
- Villeda Chávez, E., Lara Rodríguez, A. L., González Zamorano, P., Rubio, E. A., Valderrama Landeros, L. H., Ramírez García, P., García Calva, L., Arguello Velázquez, j., Cruz López, M. I. Muestreo de variables estructurales pp (71-129). En 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.

8 ANEXOS

Anexo 1 Memoria reunión PNN Old Providence McBean Lagoon.

Anexo 2 Memoria reunión Socialización del convenio DAMCRA 924 con organizaciones, Fundaciones y JAC de Providencia y Santa Catalina.

Anexo 3 Memoria Presentación Convenio DAMCRA 924 de 2023 y las actividades de implementación del Plan de Rehabilitación a la empresa AQUABIÓSFERA S.A.S. BIC.

Anexo 4 Memoria reunión preoperativa implementación del Plan de Rehabilitación de manglares PPN Old Providence McBean Lagoon, INVEMAR, AQUABIÓSFERA.

Anexo 5 Salida de supervisión de la implementación de las acciones de restauración en las islas de Providencia y Santa Catalina – Convenio DAMCRA – INVEMAR 924 de 2023.

Anexo 6 Implementación y monitoreo de acciones de restauración y rehabilitación en 15 ha de manglar en el sector Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon, Manchineel Bay, Jones Point y Santa Catalina, producto 4 informe técnico final PRY107-24-INVEMAR.

Anexo 7 Informes y bitácoras del gestor local Darrel Ward.

Anexo 8 Implementación y monitoreo de acciones de restauración y rehabilitación en 15 ha de manglar en el sector Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon, Manchineel Bay, Jones Point y Santa Catalina. Plan Operativo PRY107-24-INVEMAR.