

**UNIVERSIDAD NACIONAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

**ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**LICENCIATURA EN BIOLOGÍA CON ÉNFASIS EN MANEJO DE RECURSOS  
MARINOS Y DULCEACUÍCOLAS**

**Informe Escrito Final**

**Caracterización del manglar de Jicaral, Puntarenas, como insumo básico para la  
elaboración de un plan de recuperación del ecosistema**

**Proyecto de graduación presentado como requisito parcial para optar por el grado  
de Licenciatura en Biología con Énfasis en Manejo de Recursos Marinos y  
Dulceacuícolas**

**Bach. Ana Lucía Arrieta-Sancho**

**Campus Omar Dengo**

**Heredia, Costa Rica**

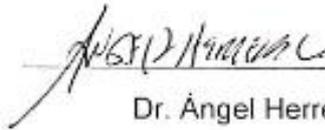
**2020**

Este trabajo de graduación fue Aprobado por el Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Biología con Énfasis en Manejo de Recursos Marinos y Dulceacuícolas.



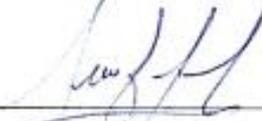
---

Dra. Liliana Piedra Castro  
Representante, Decano, quién preside



---

Dr. Ángel Herrera Ulloa  
Director, Unidad Académica



---

M.Sc. Luis Villalobos Chacón  
Tutor



---

M.Sc. Hannia Vega Bolaños  
Asesor

---

Dr. Albert Morera Beita  
Invitado especial

## Resumen

Los manglares constituyen ecosistemas altamente representativos de las zonas costeras tropicales y subtropicales. Las condiciones extremas en que normalmente se desarrollan, determinan la marcada zonificación que los caracteriza, además factores como la topografía, distancia del mar, parámetros fisicoquímicos también influyen de manera directa. El objetivo de este trabajo fue caracterizar el estado actual de un área del manglar de Jicaral de Puntarenas, como base para la elaboración de una propuesta de restauración ecológica, considerando opciones de gestión local. El manglar se encuentra en la localidad de Jicaral de Puntarenas, el estudio se realizó en octubre de 2019. Para analizar la vegetación nuclear, se delimitó un total de ocho parcelas en las que se determinó el número de árboles por especie y el DAP, posteriormente, se calculó el Índice de Complejidad y el Valor de Importancia., así como análisis de granulometría, nutrientes y parámetros fisicoquímicos. Además, se hizo un levantamiento taxonómico del lugar. Para analizar las condiciones y estado del manglar, se realizaron dos tipos de entrevistas, una semi-estructurada para los líderes locales y piangueros/pescadores y otra abierta para los funcionarios institucionales. De igual manera, se analizaron los programas de regeneración de manglar que FUNDECODES ha implementado en Jicaral de Puntarenas enfocados en la recuperación del ecosistema. Se encontró que *Avicenia germinans* es la especie más frecuente y con mayor cantidad de individuos dentro de la mayoría de las parcelas. Los resultados de DAP arrojaron que la mayor cantidad de individuos presentes son jóvenes. Se encontró que de las técnicas de regeneración empleadas por FUNDECODES, la apertura de canales es la que tiene mayor éxito. La dominancia de esta especie puede ser justificada también por la capacidad que tiene de tolerar diferentes condiciones climáticas y edáficas que le permiten ser dominante en suelos que han estado expuestos a altas concentraciones de sal. La cantidad de árboles jóvenes encontrados puede deberse a la tala de individuos de tallas mayores por parte de los habitantes para la construcción y ampliación de casas, como carbón, y el establecimiento de potreros. Durante muchos años el manglar de Jicaral ha sufrido serias afectaciones por los efectos del desarrollo económico de la comunidad, siendo principalmente las salinas y granjas camaroneras los culpables de su deterioro. La apertura de canales es más favorable, ya que permite restablecer los flujos de agua haciendo que el manglar por si solo comience a restaurarse.

## **Agradecimiento**

Agradezco primero a Dios por darme la oportunidad de realizar este trabajo, a mi familia por brindarme apoyo durante todo el proceso de elaboración de este proyecto.

A Hannia Vega y Tania Bermúdez por ayudarme de la mejor manera para la realización efectiva del presente trabajo, y en especial a Luis Villalobos Chacón por creer en mí, por la paciencia, dedicación, el esfuerzo, empeño y por guiarme para que a pesar de las dificultades pudiera culminar este proyecto.

A Yixlen Guzmán por acompañarme, aconsejarme y “aguantarme” con cada duda, pregunta y opinión solicitada, gracias “Yixita” por tener siempre la mejor disposición y ayudarme cada vez que lo pedía.

Al pueblo de Jicaral por recibirme y tomarse el tiempo de colaborar, a la oficina regional del ACT por apoyar la idea y permitirme realizarla.

Y por último a cada una de las personas y amigos que me dieron su apoyo a lo largo del proceso.

## **Dedicatoria**

El 2020 ha sido de los años más difíciles en mi vida, he tenido que afrontar situaciones complicadas que me han marcado, por ejemplo, la pérdida de seres queridos. Quiero dedicar este trabajo a mi Tía Nidia, mi Tío Jorge, mi abuelito Marco y a mi primo Diego Vinicio, los cuatro fueron ejemplo de compromiso, valentía, lucha y perseverancia. Me enseñaron a no rendirme y a luchar por aquello que quiero sin importar lo imposible que parezca o los obstáculos que se interpongan. Hoy no están más conmigo, pero su ejemplo y recuerdo siempre me acompañaran.

# Índice

Resumen .....	II
Agradecimiento .....	III
Dedicatoria.....	IV
Índice .....	V
Índice de cuadros .....	VII
Índice de figuras .....	VIII
1. Introducción .....	1
1.1. Antecedentes .....	6
1.2. Justificación .....	9
1.3. Objetivos .....	12
1.3.1. Objetivo general .....	12
1.3.2. Objetivos específicos .....	12
2. Metodología .....	13
2.1. Área de Estudio.....	13
2.2. Análisis Estructural .....	15
2.3. Análisis de Datos .....	15
2.4. Análisis de sustratos y agua intersticial .....	17
2.4.1. Análisis de sustrato (granulometría).....	17
2.4.2. Análisis de agua: nutrientes y parámetros fisicoquímicos .....	18
2.5. Flora y fauna asociada .....	18
2.6. Análisis estadístico .....	18
2.7. Interacciones y dependencias sociales .....	19
2.8. Evaluación de las técnicas de regeneración implementadas en el manglar de Jicaral 19	
2.9. Interpretación de imágenes espaciales de manglar .....	20
3. Resultados .....	21
3.1. Estructura y composición vegetal .....	21
3.2. Análisis de sustratos y agua intersticial .....	26
3.2.1. Análisis de suelo (granulometría).....	26
3.2.2. Análisis de agua.....	28
3.3. Flora y Fauna Asociada .....	32

3.3.1.	Flora.....	32
3.3.2.	Fauna .....	33
3.4.	Interpretación de fotografías e imágenes espaciales del manglar.....	33
3.5.	Interacciones y dependencias sociales .....	37
3.5.1.	Consideraciones socioambientales sobre el Manglar de Jicaral de Puntarenas .....	37
3.5.2.	Aspectos institucionales asociados al manglar de Jicaral de Puntarenas .	44
4.	Discusión.....	52
4.1.	Análisis Estructural.....	52
4.2.	Análisis del suelo y agua intersticial.....	58
4.2.1.	Granulometría.....	58
4.2.2.	Nutrientes .....	60
4.2.3.	Parámetros Fisicoquímicos.....	63
4.3.	Flora y Fauna Asociada .....	67
4.3.1.	Flora.....	67
4.3.2.	Fauna .....	68
4.4.	Recuperación y regeneración natural del ecosistema .....	71
4.5.	Interacciones y dependencias sociales .....	75
5.	Conclusiones .....	85
6.	Recomendaciones.....	87
7.	Bibliografía.....	89
8.	Anexos.....	99

## Índice de cuadros

<b>Cuadro 1.</b> Familias de especies nucleares de manglar presentes en Jicaral de Puntarenas .....	21
<b>Cuadro 2.</b> Valores de DAP (cm) encontrados en las diferentes zonas del manglar de Jicaral de Puntarenas .....	23
<b>Cuadro 3.</b> Valores de altura promedio (m), área basal (m <sup>2</sup> ), número de especies presentes y densidad (ind/ 0.1 Ha) para arboles con DAP <10 y DAP ≥10 de cada parcela en el manglar de Jicaral de Puntarenas.....	24
<b>Cuadro 4.</b> Valor de importancia de las especies de árboles de manglar encontradas dentro de las diferentes parcelas en el manglar de Jicaral de Puntarenas .....	26
<b>Cuadro 5.</b> Valores promedio de salinidad, oxígeno disuelto y temperatura encontrados para cada una de las parcelas del manglar de Jicaral de Puntarenas .....	32

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Área de estudio dentro del manglar de Jicaral, Puntarenas, Costa Rica. Distribución de parcelas en las zonas A, B y C. (Fuente: Google Earth).....	14
<b>Figura 2.</b> Cantidad de individuos por especie en las diferentes parcelas del manglar de Jicaral de Puntarenas .....	22
<b>Figura 3.</b> Índice de complejidad para cada parcela dentro del manglar de Jicaral de Puntarenas.....	25
<b>Figura 4.</b> Porcentaje de composición de suelo por parcela del manglar de Jicaral de Puntarenas.....	27
<b>Figura 5.</b> Concentraciones de Silicatos ( $\text{SiO}_4$ ) en las parcelas del manglar de Jicaral, Puntarenas.....	29
<b>Figura 6.</b> Concentraciones de Fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) y Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en las parcelas del manglar de Jicaral, Puntarenas.....	30
<b>Figura 7.</b> Parámetros químicos pH (A) y redox (B) para las siete parcelas del manglar de Jicaral de Puntarenas .....	31
<b>Figura 8.</b> Cambios sufridos en el ecosistema durante los últimos 30 años en el manglar de Jicaral de Puntarenas.....	34
<b>Figura 9.</b> Zonas de regeneración artificial asociadas al proyecto de siembra de propágulos (FUNDECODES) el manglar de Jicaral de Puntarenas.....	35
<b>Figura 10.</b> Zonas de regeneración natural asociadas a la reapertura de canales en el manglar de Jicaral de Puntarenas.....	36
<b>Figura 11.</b> Fuentes de empleo en Jicaral de Puntarenas .....	38
<b>Figura 12.</b> Ingresos diarios de los pescadores y piangueros de la zona de Jicaral de Puntarenas.....	39
<b>Figura 13.</b> Basura encontrada a lo largo del manglar de Jicaral de Puntarenas .....	40
<b>Figura 14.</b> Basura no tradicional desechada por los habitantes en el manglar de Jicaral de Puntarenas.....	41
<b>Figura 15.</b> Actividades realizadas por los habitantes de Jicaral en pro de la conservación y protección del manglar .....	42
<b>Figura 16.</b> Instituciones que colaboran con la comunidad y el ecosistema de manglar de Jicaral de Puntarenas .....	43
<b>Figura 17.</b> Apoyo que la comunidad de Jicaral recibe por parte de las organizaciones que están involucradas con el manglar.....	44

## 1. Introducción

Los manglares constituyen ecosistemas altamente representativos de las zonas costeras tropicales y subtropicales. Se encuentran ubicados específicamente en la franja intermareal, en sitios protegidos por la acción directa de las olas (Manrow, 2012). Dichos ecosistemas se caracterizan por presentar suelos planos y fangosos, con altas salinidades, bajas concentraciones de oxígeno y patrones de inundación variados debido a las mareas (Zamora, 2006).

Las condiciones extremas en que normalmente se desarrollan los manglares, determinan que este tipo de vegetación manifieste características de marcada zonificación, debido a factores como la topografía, distancia del mar y parámetros fisicoquímicos que los afectan de manera directa. El microrelieve es, entre otros factores, otro causante de la distribución espacial de determinadas especies de mangle tal es el caso de *Rizophora mangle*, ubicado en lugares donde se presentan ligeras depresiones en el suelo con inundación (Carrillo-Bastos et al., 2008).

Como resultado, la zonificación de un manglar es consecuencia, entre otros aspectos, de una respuesta diferencial de las especies a gradientes de agentes fisiológicamente representativos como la salinidad, el nivel de inundación y los niveles de marea. Además, la zonificación no es homogénea, sino que se ve afectada por las condiciones ecológicas que afectan el manglar (Chacón et al., 2020).

Existen ciertas características que determinan la estructura del manglar y las variaciones de estas ocasionan un estrés fisiológico dentro del ecosistema, por ejemplo, cambios en factores como la salinidad, pH, textura del suelo y contenido de materia orgánica, puede afectar seriamente la estructura, generando bosques pequeños, con tallas bajas y limitada cantidad de individuos (Velázquez-Pérez et al., 2019). Es por esto que, una caracterización debe tomar en cuenta además de la evaluación temporal, un análisis de las diferentes presiones que influyen en el buen crecimiento y desarrollo de la planta (Chacón et al., 2020).

La composición de especies define también el tipo de manglar, por ejemplo, el manglar ribereño se caracteriza porque se compone en su mayoría de *R. mangle*,

*Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*, ya que estas tienen condiciones adaptativas, como la tolerancia a la alta salinidad, que les permiten establecerse y desarrollar estrategias de colonización (Mendoza Pérez et al., 2019).

Las plantas que habitan los manglares poseen mecanismos especiales que les permiten desarrollarse bajo las condiciones anteriormente mencionadas, convirtiéndolas en especies exclusivas de estos ecosistemas (Mainardi, 1996; Pizarro et al., 2004). Además, estas plantas también cumplen funciones importantes como protección contra la erosión de las costas, por ejemplo, las raíces y los troncos de estas especies de plantas sirven como sistemas de amortiguación ante la fuerza de las olas, mientras que las hojas y las ramas ayudan a reducir el impacto del viento y la lluvia (Gilman et al., 2008). Específicamente, especies como *R. mangle* tiene características como una alta flexibilidad que junto a la forma de crecimiento de las raíces permite mitigar el impacto de las olas, intrusiones salinas e inundaciones; otra especie como lo es *A. germinans* sirve como muro para resistir los embates del mar, ayudando al control de inundaciones y protección contra tormentas (Calderón et al., 2009).

La dinámica de desarrollo y crecimiento de las especies de manglar es diferente para cada una y responde a la influencia de ciertos factores. Por ejemplo, *R. mangle* generalmente presenta un mayor desarrollo estructural en áreas ricas en nutrientes, mientras que *A. germinans* abunda en áreas salinas con escaso contenido de nutrientes (Velázquez-Pérez et al., 2019). Y es que la salinidad influye intensamente en la estructura y el estado vegetativo de los manglares y variaciones pequeñas en esta pueden causar cambios ecológicos abruptos. Del mismo modo, las condiciones de salinidad cumplen un relevante papel ecológico en cuanto a la invasión de plantas terrestres ya que evitan que estas se impongan, resguardando así a los manglares de la acción de fitotoxinas y otras armas químicas competidoras (Chacón et al., 2020).

Otros de los servicios que los manglares ofrecen es servir como filtros biológicos, esto debido a que depuran el agua que viene contaminada desde los ecosistemas terrestres, también son capaces de remover o diluir toxinas o nutrientes en exceso, por lo que sirven como base para el almacenamiento y purificación de agua (Carbonell et al., 2003; Calderón et al., 2009). Así mismo, los manglares funcionan como indicadores ambientales gracias a su alta vulnerabilidad y sensibilidad ante los efectos o cambios climáticos (Castaño et al., 2010; Gilman et al., 2008).

En Costa Rica, según estimaciones de Zamora-Trejos y Cortés, (2009), los manglares cubren alrededor del 0.8% del territorio nacional, sin embargo, la importancia ecológica y económica que guardan es sumamente valiosa, cumpliendo funciones diversas como el aporte de nutrientes y materia orgánica al mar, las cuales son fundamentales en la producción biológica costera, además sirven de refugio y hábitat para diferentes especies principalmente de peces y crustáceos (Lee, 1995; Serrano-Díaz et al., 1995).

En su mayoría estos ecosistemas se ubican en toda la costa Pacífica, desde Bahía Salinas en la parte norte hasta Golfo Dulce en la zona sur del país. Mientras que en la costa caribeña se localizan algunos parches de mangle, siendo el principal el de Gandoca-Manzanillo (Zamora-Trejos & Cortés, 2009).

A pesar del papel relevante en términos de funcionalidad ecológica y en la prestación de servicios ecosistémicos que tienen los manglares, estos no han escapado de sufrir afectaciones, principalmente por causas humanas, por lo cual, se ha vuelto fundamental profundizar en el conocimiento del estado actual de los bosques, su integridad ecológica, afectaciones y amenaza actuales, además de generar conocimiento y técnicas adecuadas para su protección y recuperación. No obstante, para cumplir con todo lo anterior debe partirse de la realización de estudios que, sin considerarse de conocimiento básico, permitan tomar decisiones en el corto plazo y faciliten su recuperación, manejo, así como potenciar su aprovechamiento.

Uno de los procesos que ha permitido demostrar la importancia que tienen los bosques de manglar es referirse a su extensión en términos económicos, esto ha permitido crear mayor concientización en las personas, gracias a que visualizan las pérdidas que se generan por la desaparición del ecosistema, principalmente por los servicios que dejara de recibir si este recurso desaparece. Por ejemplo, una hectárea de manglar está valorada alrededor de los \$37.500 y los recursos que las comunidades cercanas obtienen gracias al manglar rondan los \$19.000.000 (Aburto-Oropeza et al., 2008), por lo que permitir el deterioro del ecosistema generaría cuantiosas pérdidas tanto para la comunidad como al país en sí.

A partir de la importancia de la valoración del manglar debe generarse también la aplicación de técnicas de restauración ecológica, la cual busca crear un ecosistema que sea capaz de recuperarse sin ayuda externa ante las futuras perturbaciones. Empero, es

importante recordar que los manglares tienen la capacidad de sobreponerse ante eventos naturales que sean puntuales y poco duraderos, lo que se conoce como resiliencia (Capote-Fuentes et al., 2006; Rodríguez et al., 2006).

En términos de posibilidades de regeneración, la capacidad que tienen estos ecosistemas de auto recuperarse por medio de una sucesión secundaria, conlleva un periodo de tiempo que varía entre los 15 y 30 años, siempre y cuando el régimen normal de las mareas no se haya distorsionado y si la disponibilidad de los propágulos de zonas adyacentes no ha sufrido ningún tipo de bloqueo o perturbación (Quarto, 2010). No obstante, en muchos casos estas condiciones han sido significativamente modificadas, de manera que el ecosistema requiere apoyo y es entonces necesario recurrir a la restauración inducida. Esta es pertinente y necesaria en la medida que favorezca la conservación de sistemas naturales, propicie la producción y la sostenibilidad del ecosistema y contribuya de manera general con la estabilización y bienestar de las zonas costeras (Flores-Verdugo et al., 2005).

Pese a esto, el éxito que tenga un programa de restauración en zonas de manglar afectadas por la intervención humana dependerá de las previsiones y cuidados que tome el investigador al seleccionar los sitios a restaurar, así como la calidad y cantidad de propágulos. Es determinante en el caso de acciones orientadas a la restauración, las diferentes formas de intervención y gestión que se puedan implementar con las comunidades aledañas, e incorporar dichas tareas en las actividades cotidianas, de manera que los usuarios sean partícipes permanentes del proceso de recuperación (Reyes & Tovilla, 2002).

El reconocimiento de las condiciones del sitio en el cual se intente implementar un proyecto de regeneración de manglar juega un papel determinante para obtener condiciones exitosas en la sobrevivencia de cada especie, ya que no todas reaccionan de igual manera ante los escenarios y condiciones naturales y externas, observándose por ejemplo que *A. germinans* es más tolerante a ambientes de clima seco y a largos períodos sin agua (Lema-Vélez & Polanía, 2005). Del mismo modo, se logra observar una floración y fructificación más rápida si el lugar está ubicado en un sitio donde no se dé una exposición directa al sol (Carrillo-Bastos et al., 2008).

Así mismo, un factor determinante en los procesos de recuperación natural de las áreas más dañadas es la diversidad y la estructura forestal de los sitios naturales de manglar adyacentes a estos ecosistemas (Echeverría-Ávila et al., 2019).

Se ha considerado que *R. mangle* o mangle rojo es la mejor especie para la recuperación del ecosistema de manglar o por lo menos la única especie que ha tenido mayor éxito, debido a que presenta una gran capacidad de resistir a condiciones extremas, mayor disponibilidad de propágulos y a que sus plántulas logran perdurar en el ecosistema (Álvarez-León, 2003; Lema-Vélez & Polanía, 2005), además, Reyes y Tovilla (2002), afirman que las plántulas de *R. mangle* que se desarrollan en viveros tienen una menor mortalidad, logran alcanzar mayor altura y se ramifican más rápido que aquellas que son sembradas directamente en el campo, gracias a que cuentan con condiciones óptimas de humedad, sombreado y ausencia de competencia por sustrato y nutrientes. No obstante, especies como *A. germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus* tienen una buena respuesta al trasplante de plantas y a la siembra por el método de estacas y acodos (Álvarez-León, 2003).

No obstante, la regeneración natural en muchos de los casos se ve limitada por factores ambientales, las plántulas de mangle son altamente sensibles a la inundación por lo que la supervivencia y crecimiento se ve alterado. De igual manera, causas como la baja disponibilidad de agua o la irradiación pueden aumentar la pérdida de estas afectando así el proceso de regeneración (Lema-Vélez & Polanía, 2005). Así también, la temperatura y la evaporación contribuyen de manera considerable a la mortalidad de las plantas, debido a que cuando se da un aumento en la temperatura, la tasa de transpiración y la evaporación incrementan la pérdida de agua por lo que el volumen interno de las hojas disminuye, alterando así las concentraciones de savia en las mismas (Reyes & Tovilla, 2002).

La presente propuesta busca generar una línea base de las características naturales y estado actual del manglar de Jicaral, zona sometida durante muchos años a diferentes presiones socioambientales y económicas que han generado efectos diversos sobre su estabilidad ecosistémica. Así mismo, a partir de este conocimiento previo, se propondrá acciones de recuperación y protección, con la participación directa de los actores locales, usuarios y entidades externas que de diferentes maneras pueden apoyar procesos para lograr mejores condiciones de sostenibilidad en la zona de estudio.

## 1.1. Antecedentes

Los bosques de manglar son de vital importancia para el desarrollo de comunidades costeras ya que desempeñan funciones importantes, no solo como ecosistemas de enorme valor natural por su aporte a la biodiversidad marino-costera, sino en la protección de las costas como resultado de la erosión hídrica y eólica de los suelos costeros y ribereños y en la generación y estabilización de tierras en las zonas costeras. En este caso, son especialmente relevantes géneros como *Laguncularia*, *Rizophora* y *Avicennia*, además de que contribuyen con la construcción y desarrollo de una compleja red ecotrófica, como productores primarios para otros ecosistemas aledaños (Álvarez-León, 2003).

Costa Rica actualmente cuenta con una extensión de manglar de 34.100 hectáreas, a pesar de que no existen datos confiables de las décadas pasadas, predicciones de 1980 mencionan una cobertura forestal era de 64.000 ha, lo que significaría que el país en un periodo de 33 años ha perdido el 46% de la extensión de manglares (Corrales, 2015).

Varias han sido las causas que contribuyeron con la disminución de los bosques de manglar, entre las que cabe señalar la construcción de estanques para cultivo de camarón, construcción de salineras y el cambio en el uso de la tierra para actividades ganaderas o bien la construcción de infraestructura hotelera y turística, principalmente en los últimos años en la costa del Pacífico (Zamora-Trejos & Cortés, 2009). Aunado a esto, el incremento poblacional y las presiones por el desarrollo económico han propiciado una mayor construcción de obras civiles como puertos, carreteras, canales, vías férreas y muelles, además de la ampliación de centros urbanos, construcción de hoteles y marinas, entre otros (Álvarez-León, 2003).

Esta manera de visualizar el desarrollo ha ocasionado un importante impacto ambiental, promoviendo la pérdida de la biodiversidad y la alteración de los ecosistemas, sin considerarse el manejo apropiado de los sitios, sin políticas claras que involucren a los organismos públicos, entes privados y las comunidades en general para que desarrollen un papel responsable en la conservación y manejo de los ecosistemas costeros. Por lo que, no se ha podido garantizar la conservación y el mejoramiento en el aprovechamiento de los recursos de forma responsable mediante un plan de gestión que

contemplan actividades de turismo, recreación, investigación y urbanismo, de manera ordenada y sustentable (Pérez, 2011).

La investigación y desarrollo de técnicas para la recuperación y restauración de ambientes de manglar alteradas por la acción humana, es bastante novedosa por lo menos en nuestro medio y son pocas las referencias sobre experiencias específicas en sitios con algún grado de alteración.

Uno de los esfuerzos de restauración de áreas de manglar se ha generado en Isla Palo Seco en Parrita, donde a causa de la actividad agrícola, que ha causado procesos erosivos, la sedimentación y el constante uso de agroquímicos, ha propiciado una alteración significativa de los bordes internos de la isla, afectando casas de habitación y hoteles, con lo cual, la regeneración de los bordes con cobertura de manglar constituyó una opción factible y hasta el momento con resultados significativamente exitosos (Acuña et al., 2009).

La restauración consistió en la siembra directa de las plántulas de mangle en el sitio rodeadas de tubos de plástico, con el fin de reunir las condiciones adecuadas para el desarrollo inicial y protegerla de factores ambientales adversos, así como de la herbívora (Marín, 2009). Si bien aún no se tienen resultados específicos, este proyecto sirve como guía para el inicio de restauración en otros manglares afectados en el país.

Otro proyecto que se efectúa en el país es el de Conservación Internacional (CI) en conjunto con las mujeres pobladoras de Isla Chira donde han emprendido la siembra de plantas en el área de manglares. Este proyecto comenzó en el 2015 donde de manera voluntaria estas mujeres limpiaron un área de mangle removiendo redes y plásticos y posteriormente plantaron semillas de mangle en bolsas rellenas con arena y sedimento y las cuales fueron regadas dos veces al día. Con este proyecto se espera tener resultados que permitan la recuperación del sitio (Conservación Internacional, 2016).

Otra de las instituciones que está trabajando con estos ecosistemas es la Fundación Neotrópica, que lleva más de veinte años trabajando en la zona sur de Costa Rica, donde con ayuda de la organización Eco-Ecolo y la República de Benín iniciaron un proyecto en la Reserva Forestal Golfo Dulce, así como en Pitahaya y en Junquillal, en el cual se fomenta el manejo sostenible y la conservación del ecosistema de manglar, mediante la elaboración de un plan de manejo que permita la restauración y preservación de este. Al

igual que CI, F. Neotrópica tiene como eje fundamental promover la autogestión comunitaria por lo que las organizaciones locales son co-ejecutores del proyecto (Neotrópica, 2010).

Algunas experiencias regionales han sido documentadas en estudios como el de Hoyos et al. (2013), señalando que la supervivencia y el crecimiento de los bosques de manglar están influenciados en gran parte por el estrés fisicoquímico, siendo la intensidad lumínica la mayor responsable a causa de sus largos periodos de exposición. Se ha observado que dichos individuos estabilizan su tasa fotosintética a niveles de luz muy bajos, además, ha sido registrado que en sitios donde la irradiación percibida por los árboles de mangle es baja, se da un crecimiento mayor que en aquellos que reciben de manera directa la luz solar.

En Colombia, por ejemplo, se han realizado varios proyectos de regeneración de bosques de manglar ya sea por restauración natural o bien con la siembra y trasplante de plantas de mangle producidas en viveros, dichos proyectos son altamente empleados en las zonas que se han visto seriamente degradadas y son realizados con una activa participación de la comunidad (Álvarez-León, 2003).

Sitios donde se han aplicado dichas técnicas, como en Barranca o Toldao, los resultados provenientes han sido muy favorables, por ejemplo, la mortalidad obtenida para *R. mangle* ha sido menor al 2%, asegurando el éxito en la recuperación y restauración de bosques que se vieron seriamente afectados (Álvarez-León, 2003).

De igual manera, en México, que es uno de los países en donde más se ha implementado la restauración de áreas alteradas, existe un caso en el manglar de la costa de Chiapas, donde los resultados obtenidos han sido alentadores. Al inicio del experimento la mortalidad presentada fue menor al 1% superando así la etapa crítica del establecimiento de los propágulos, además el aporte constante de los mismos por parte de la marea duplicó la cantidad sembrada en un principio. Asimismo, la aparición de hojas en los individuos se dio entre los 20 y 28 días con una altura bastante destacada de 71.4 cm (Reyes & Tovilla, 2002).

Otro caso en México es el manglar en la Barra del Río Cahoacán, en este lugar se implementó una recuperación debido a que la contaminación destruyó gran parte del ecosistema, el resultado fue muy favorable ya que se cubrió un 78.6% de la zona afectada,

equivalente a 32950 ha recuperadas. Además, éste estudio corrobora el éxito de *R. mangle* como especie utilizada para la regeneración de los bosques de manglar, debido a que del total del área recuperada un 89.2% correspondía a esta especie (Tovilla et al., 2004).

En casos donde el daño hacia el bosque de manglar ha sido demasiado fuerte se torna complicado que pueda darse una regeneración por sí sola, ya que aspectos como las corrientes de agua, sólidos disueltos, químicos y contaminantes han modificado por completo el sistema, por lo que los métodos que se utilizan deben incluir un cambio en la topografía y la hidrología del sitio para que de esta manera se puede inducir el establecimiento y crecimiento natural del mangle (Acuña et al., 2009).

## **1.2. Justificación**

Los manglares, al igual que otros ecosistemas han sido víctimas del desarrollo descontrolado y no han escapado a las consecuencias que las actividades humanas y el crecimiento económico han propiciado sobre el deterioro de los recursos naturales en general (Acuña et al., 2009). Una de las mayores problemáticas que enfrentan son las consecuencias generadas por los diversos usos a los que los manglares han sido sometidos y que abarcan desde la extracción de madera con diferentes fines, el uso de subproductos industriales como la extracción de taninos (Álvarez-León, 2003), hasta la utilización de grandes áreas de su territorio para el desarrollo de actividades económicas como la extracción de sal y la maricultura.

En la zona de Jicaral de Puntarenas, desde hace 60 años se realiza la extracción y procesamiento de sal pero con la entrada en vigencia del Tratado de Libre Comercio Costa Rica-México en 1995 y específicamente en el año 2000 la producción de sal se convirtió en uno de los primeros productos de intercambio, esto provocó que la principal Cooperativa pasara de productora a importadora y comercializadora y la actividad incrementara en la zona (SINAC, 2019).

Otra de las actividades que históricamente se han reportado en el manglar de Jicaral y que hasta la fecha sigue siendo parte del desarrollo económico de la comunidad es el cultivo de camarones, que se inició aprovechando los estanques de la producción de sal en la época lluviosa que luego se convirtieron en empresas dedicadas exclusivamente

a la producción en estanques permanentes. Esto aunado a la expansión agrícola y ganadera son los actores principales de la pérdida del ecosistema de manglar (SINAC, 2019).

Desde otra perspectiva, la ausencia de planificación en el campo forestal propició y favoreció la sobreexplotación de los manglares y el consecuente deterioro del ecosistema, lo que provocó un impacto negativo, con consecuencias socioeconómicas para muchas de las comunidades aledañas que dependen de los recursos florísticos y faunísticos del manglar (Álvarez-León, 2003; Acuña *et al.*, 2009).

No obstante, en los últimos años se ha venido reconociendo la importancia de los manglares, no solo como aportadores de recursos para el ser humano, sino como ecosistemas determinantes en el mantenimiento de la estabilidad ecológica de las zonas marino-costeras. Es el caso, entre otros aspectos, por el papel relevante que juegan en la fijación de carbono, un ejemplo de esto se observa en el estudio realizado por Cifuentes-Jara *et al.* (2014), quien menciona que los ecosistemas de manglar del Golfo de Nicoya pueden almacenar hasta un 57% del total de carbono acumulado en todo el Golfo, inclusive más que los bosques.

Con la preocupación global por la disminución de estos ecosistemas el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente tuvo como iniciativa en el 2008 propiciar el concepto de economía verde, esto para apoyar el desarrollo de un plan de transición dominado por inversiones y consumo de bienes y servicios de promoción ambiental. De acuerdo con el PNUMA, el fin de este concepto es mejorar el bienestar del ser humano y a la vez reducir significativamente los riesgos ambientales y la escasez ecológica, esto conlleva a que instituciones públicas y privadas destinen parte de sus ingresos a proyectos que busquen reducir las emisiones de carbono y la contaminación y a evitar la pérdida de diversidad biológica y de servicios de los ecosistemas (PNUMA, 2011).

Bajo esta idea, instituciones como la Fundación para el Equilibrio entre la Conservación y el Desarrollo (FUNDECODES) y el Global Conservation Standard (GCS) han desarrollado proyectos como mecanismo de compensación voluntario, por ejemplo, la venta de Unidades de Crédito de Conservación (CCU's). Estos créditos son generados en bosques naturales privados y una parte de lo recaudado económicamente se invierten en zonas de amortiguamiento, en este caso mangle (BIOMARCC-FUNCECODES-GIZ, 2015). En ese sentido este proyecto es fundamental para

implementar acciones a favor de la conservación del mangle de la costa oeste del Golfo de Nicoya (Jicaral), lo que podrá contribuir adicionalmente con futuras evaluaciones relacionadas con servicios ecosistémicos y su potencial en procesos de mitigación del cambio climático.

Otra de las instituciones que en la actualidad están desarrollando proyectos y medidas para la recuperación de los manglares es el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), que ha creado la nueva estrategia regional para el manejo y conservación de los manglares en el Golfo de Nicoya-Costa Rica y cuyo objetivo es *“fortalecer las políticas y programas locales para la protección, recuperación y uso sostenible del ecosistema, así como, contribuir a mejorar la calidad de vida de los pobladores que dependen de los bienes y servicios del manglar”* (SINAC, 2019).

Hacer una evaluación de la parte estructural de un bosque de manglar es fundamental ya que permite obtener datos descriptivos e iniciales (en el caso de sitios sin estudios previos) sobre las condiciones reales en las que se encuentra el ecosistema, sobretodo cuando no se tiene acceso al sitio o bien ha sido objeto de diferentes presiones antrópicas a lo largo de los años. Así que, una caracterización estructural permite conocer la constitución y condición de las especies vegetales, generando información particularmente importante sobre el manglar que será pieza clave cuando se desea someter a este manglar a procesos de manejo y recuperación.

Con base en lo anterior, es que la presente investigación tiene como fin generar una línea base de información sobre el estado actual del manglar de Jicaral de Puntarenas que permita la obtención de datos generales mediante la aplicación de los criterios del Protocolo para el Monitoreo Ecológico de Manglares en Costa Rica que puedan ser utilizados como referencia en los posteriores estudios en la zona.

## **1.3.Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Caracterizar el estado actual de un área del manglar de Jicaral en Puntarenas (Costa Rica), como base para la elaboración de una propuesta de restauración ecológica, considerando opciones de gestión local.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar el manglar de Jicaral, Puntarenas, Costa Rica, en áreas con incidencia antropogénica, a partir de la medición de indicadores estructurales básicos y de la reconstrucción fotográfica y satelital.
- Valorar la viabilidad técnica y ambiental en la implementación de técnicas de recuperación del manglar aplicadas en el sitio.
- Reconocer la pertinencia de las acciones de regeneración en el manglar, a partir de la implementación de acciones de gestión local.

## **2. Metodología**

### **2.1. Área de Estudio**

El manglar de Jicaral se ubica en la costa occidental del Golfo de Nicoya, pertenece a la Provincia de Puntarenas y la zona de estudio se localiza entre las coordenadas 9°58'09''O y 85°06'47''N. En el área específica que se evaluó se seleccionaron tres parches de bosque de manglar a las que se les denominó zonas A, B y C. En las zonas A y B se demarcaron tres parcelas cada una, mientras que la zona C se ubicaron dos parcelas, debido a la densidad de individuos (Fig. 1).

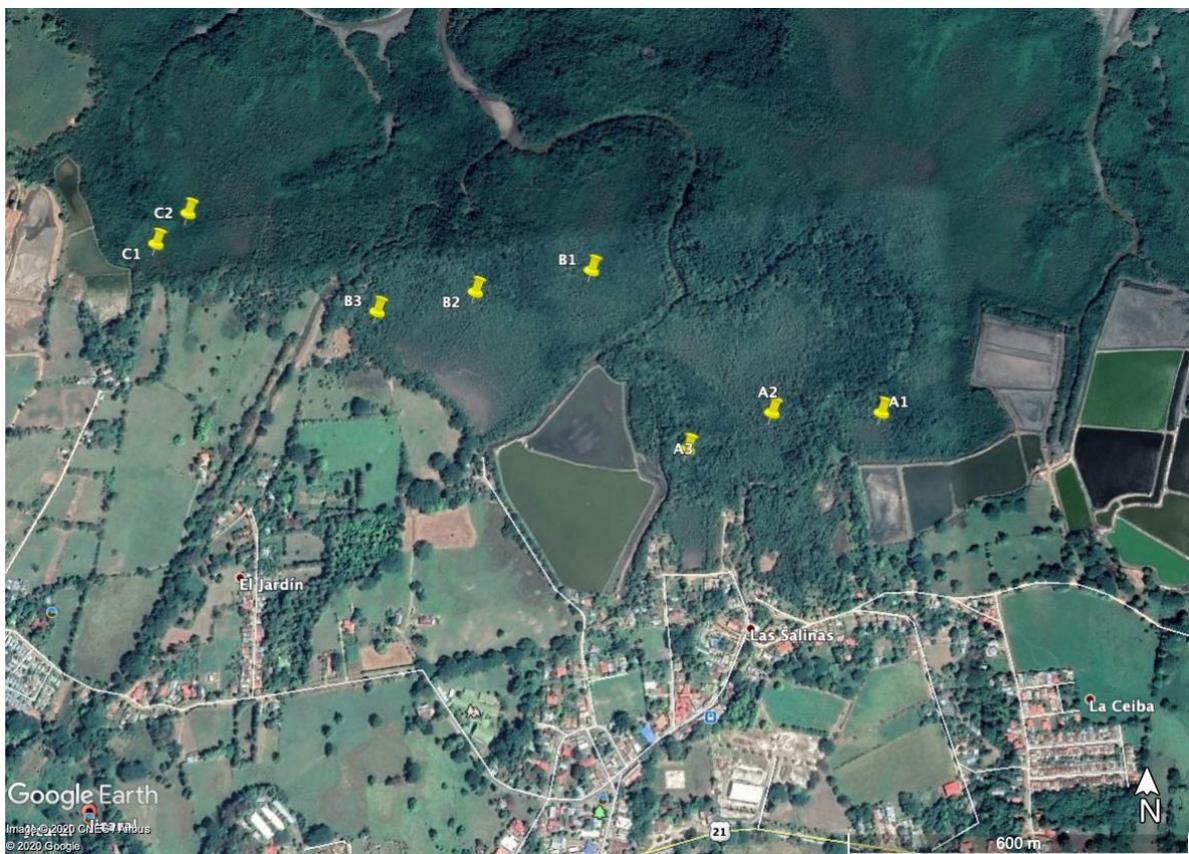
Se eligieron estas zonas debido a la presión a la que han sido sometidas estas áreas como resultado de la actividad humana, específicamente la producción de sal en años anteriores, la extracción de productos como madera, moluscos, e inclusive como espacio para la eliminación de desechos domésticos, por parte de las comunidades aledañas; condiciones que a la vez motivaron las iniciativas de regeneración que se describen posteriormente.

Se considerada una zona de transición climática, con una época seca poco pronunciada y con un promedio de precipitación entre 2500-3000 mm por año, temperatura promedio anual de 26.5°C y humedad relativa de un 74% (Silva-Benavidez, 2004).

En relación con el grado de alteración ambiental que se perciben en el sitio, sin duda refleja parte de los procesos ocurridos a lo largo de la costa pacífica del país entre los años de 1960 y 1980, cuando se generaron grandes pérdidas de áreas de manglar debido a los usos substitutivos que se practicaron durante esta época. Uno de estos usos, fue la producción de sal, considerando que ciertas condiciones naturales como baja precipitación y prolongada estación seca favorecen la práctica de dicha actividad, por lo que se considera una de las principales responsables de la eliminación del ecosistema, en tanto se practicó en diferentes zonas del Golfo de Nicoya. Para la producción de sal es necesario que se dé la tala de mangle previo a la construcción de estanques de almacenamiento de agua, sometidos a evaporación para la cristalización de la sal, así

como para el uso de leña para el calentamiento del agua y aceleración del proceso de cristalización (Pizarro et al., 2004).

Aunado a esto, la actividad ganadera y agrícola también contribuyó con la disminución de manglares en el litoral Pacífico. Estas actividades, si bien son legales, se realizan en la periferia de la parte interna de los manglares, pero ocasiona de manera paulatina la corta de árboles para la ampliación del terreno, lo que sugiere un impacto acumulativo que a lo largo del tiempo transforma hectáreas de mangle en pastizales o campos agrícolas (Pizarro et al., 2004). Ambas condiciones son especialmente evidentes en la zona de Jicaral y específicamente en el área de estudio.



**Figura 1.** Área de estudio dentro del manglar de Jicaral, Puntarenas, Costa Rica.  
Distribución de parcelas en las zonas A, B y C. (Fuente: Google Earth)

## **2.2. Análisis Estructural**

El evaluar estructuralmente el ecosistema de manglar, permite generar valoraciones iniciales y descriptivas acerca de la condición ecosistémica del manglar, particularmente cuando, por limitaciones propias del sitios, acceso, condición y extensión entre otros, se dispone de un espacio muestral limitado y sometido a tensores ambientales en los que la generación de información de línea base, permite ubicar y llevar a cabo valoraciones dentro de la asociación ecosistémica; así como también comprender la constitución espacial y la condición de las especies vegetales en términos de su estructura vertical y horizontal (Alvis, 2009). En este caso, la caracterización estructural constituye un elemento básico pero fundamental para la interpretación y evaluación futura del ecosistema, particularmente cuando es sometido a procesos de manejo, recuperación y restauración, (Gómez, 2013); iniciativas a las que se espera se les dé continuidad y seguimiento según las acciones que ya se llevan a cabo en la zona de Jicaral, por parte de diferentes entidades.

Lo anterior se establece como premisa para el análisis de la vegetación nuclear, para lo cual se delimitaron ocho parcelas (Fig. 1) de muestreo de 10 m x 10 m, distribuidas estratégicamente en el total del área a muestrear. En cada parcela, se determinó el número de árboles por especie y se midió el diámetro de estos a una altura de 1.30 metros (DAP), en el caso de los individuos con presencia de raíces aéreas la medición se realizó arriba de la raíz más alta.

Además, se determinó la altura de cada árbol desde la base del suelo hasta la yema terminal, esto mediante el uso de un clinómetro SUUNTO.

## **2.3. Análisis de Datos**

Para cada una de las parcelas demarcadas, se calculó, con ayuda de Microsoft Excel 2016, la densidad, abundancia y frecuencia para determinar el Índice de Complejidad y el Valor de Importancia. Así también, se estimó el Área Basal (g) para cada sitio de muestreo mediante la siguiente fórmula,

### Área Basal

$$\text{Área Basal (g)}(\text{m}^2) = 0.00007854(\text{DAP cm por individuo})^2$$

Donde AB es el Área Basal, DAP es el Diámetro a la Altura de Pecho y 0.00007854 es una constante generada a partir del supuesto de que el Área Basal del árbol se asume como un círculo expresado en m<sup>2</sup>.

El Índice de Complejidad (IC) representa una descripción cuantitativa de la complejidad de la vegetación y permite realizar comparaciones entre comunidades ubicadas en diferentes puntos geográficos, por esto siguiendo la fórmula recomendada en González (2002), se calculó de la siguiente manera:

$$\text{IC} = \frac{A \times \text{AB} \times \text{SP} \times D}{1000}$$

Donde IC= Índice de Complejidad, A = altura, AB = área basal, SP = número de especies y D = densidad

Una de las maneras más usadas para caracterizar el valor del ecosistema es la aplicación del Índice de Valor de Importancia (IVI), el cual se basa en la abundancia, frecuencia y dominancia relativa de las especies que se encuentran en él, reflejando así cuales son las especies que dominan en cobertura y contribuyen mayoritariamente al manglar (Carrillo-Bastos *et al.*, 2008). Por lo que el Índice de Valor de Importancia (IVI) se calculó de acuerdo con la fórmula utilizada por Villavicencio-Enríquez y Valdez-Hernández (2003)

$$\text{IVI} = \text{Dr} + \text{Domr} + \text{Fr}$$

Donde:

IVI representa el Índice de Valor de Importancia (%)

Dr es la densidad relativa (%)

$$\text{Densidad Relativa} = \frac{\# \text{ individuos sp}}{\# \text{ total de individuos}} \times 100$$

Domr es igual a la dominancia relativa (%)

$$\text{Dominancia Relativa} = \frac{\text{dominancia de una sp}}{\text{dominancia total de las sps}} \times 100$$

Fr corresponde a la Frecuencia relativa (%).

$$\text{Frecuencia Relativa} = \frac{\text{Frecuencia sp}}{\Sigma \text{ Frecuencia total sp}} \times 100$$

## **2.4. Análisis de sustratos y agua intersticial**

Como información complementaria, en cada parcela se midieron parámetros fisicoquímicos, con el fin de visualizar asociaciones entre componentes bióticos, incluyendo interdependencias entre estos y la distribución y estructura vegetal dentro del ecosistema, pero a la vez con los procesos de intervención o deterioro al que ha sido expuesto el sitio, como información adicional para sustentar acciones de manejo posteriores.

### **2.4.1. Análisis de sustrato (granulometría)**

En cada parcela, se tomaron 5 muestras de sedimento, una por cada rango de profundidad, 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm, 60-80 cm y 80-100 cm, para obtener un perfil completo de la composición del suelo. Cada muestra se colocó en bolsas plásticas, además se marcó con el número de parcela y la profundidad correspondiente y fecha de colecta. Posteriormente, éstas fueron llevadas al laboratorio de Química Marina, de la Escuela de Química de la Universidad Nacional, en la cual se realizó el proceso de secado durante 24 horas a una temperatura de 105°C y seguidamente fueron tamizadas para obtener las fracciones de las partículas según el tamaño de las mismas utilizando tamices de diferente tamaño de abertura (4000 µm, 2000 µm, 500 µm, 250 µm, 125 µm y 65 µm), luego de esto cada porción de cada tamiz fue pesada, con el fin de conocer el porcentaje de cada una de ellas y así determinar la composición del suelo, en términos de grava, grava fina, arena gruesa, arena media, arena fina y la fracción de limos y arcillas.

### **2.4.2. Análisis de agua: nutrientes y parámetros fisicoquímicos**

Se colocaron en cada parcela tubos de PVC de 1.20 m de longitud, con perforaciones en los primeros 15 cm y forradas con cedazo para permitir el libre flujo de agua intersticial. Estos fueron enterrados en promedio hasta un metro de profundidad y pasado un mes, luego de su colocación, se tomaron las muestras de agua para el análisis químico. Las muestras de agua fueron transportadas en frío al laboratorio de Control de Calidad de la Estación de Biología Marina Juan Bertoglia Richards de la Universidad Nacional, donde se llevó a cabo determinaciones de nutrientes a saber: amonio, nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos, mediante métodos espectrofotométricos de acuerdo con Strickland y Parson (1972), cada análisis se realizó por triplicado. Los parámetros fisicoquímicos que fueron medidos in situ fueron temperatura, pH, potencial REDOX, salinidad y oxígeno disuelto esto con la ayuda de un multiparámetros YSI 556.

### **2.5. Flora y fauna asociada**

Se utilizó como base un levantamiento taxonómico de especies vegetales y animales con información previamente recopilada en la misma zona de estudio de Jicaral de Puntarenas realizado por Valle, (2013). En dicho estudio se establecieron transectos y se llevaron a cabo recorridos con reconocimiento de las especies más conspicuas de vegetación marginal y fauna asociadas al sitio, que resultaron coincidentes con el área seleccionada en este estudio.

### **2.6. Análisis estadístico**

Para los análisis estadísticos se utilizó el programa PAST (Hammer et al., 2001). El conjunto de datos fue transformado logarítmicamente al no cumplirse los supuestos de normalidad, de tal manera que las varianzas, entre estaciones por parámetro, fueron analizadas mediante la prueba de Kruskal-Walis. Además, se realizó una correlación no paramétrica de Spearman, entre los valores promedio.

## **2.7. Interacciones y dependencias sociales**

Para analizar las condiciones y estado del manglar, es necesario conocer diferentes aspectos relacionados con los usos, explotación, presiones y amenazas al que ha sido sometido el ecosistema, a lo que se agrega los distintos grados de dependencia que actualmente tienen los usuarios de sus recursos. Con este fin, y bajo criterios eminentemente cualitativos se recurrió a la aplicación de dos diferentes instrumentos para la obtención de información socioambiental, incluyendo una entrevista semi-estructurada para los líderes locales y población de piangueros/pescadores (Anexo 1) y otra entrevista abierta para los funcionarios institucionales (Anexo 2). Se abarcaron temas relacionados con aspectos históricos, usos anteriores y actuales, interacciones y dependencias con los manglares, percepciones sobre la importancia del manglar, estado de conservación y manejo de desechos.

El análisis de la información recopilada requirió la integración de criterios desde un análisis cualitativo, por lo que se procedió de acuerdo con los postulados establecidos por Hernández-Sampieri et al., (2006), y Villalobos y González (2000), que proponen la aplicación de procedimientos convencionales pero flexibles, utilizando para ello técnicas de análisis y representación de la información, en concordancia con los objetivos y alcances del estudio. De esta manera, es posible integrar los aspectos medulares que describen el estado actual del manglar, con la revisión documental y la información recogida mediante la aplicación de los instrumentos de consulta.

## **2.8. Evaluación de las técnicas de regeneración implementadas en el manglar de Jicaral**

Se llevó a cabo un análisis cualitativo de los programas de regeneración de manglar que la Fundación para el equilibrio entre la Conservación y el Desarrollo (FUNDECODES) ha implementado en Jicaral de Puntarenas enfocados en la recuperación del ecosistema.

El programa creado por FUNDECODES incluye la aplicación de técnicas de regeneración de manglar en las áreas más afectadas por los efectos secundarios de las

antiguas salinas. Este proyecto tiene como fin ayudar a la recuperación del ecosistema, incluyendo en primera instancia el favorecimiento de condiciones que propicien la regeneración natural mediante la reapertura de canales que en algún momento fueron obstruidos.

Además, FUNDECODES consideró como segunda opción la siembra directa de propágulos en aquellas zonas que reunieran las condiciones propicias y que fueran compatibles con los objetivos del proyecto. FUNDECODES estableció parcelas en los sitios donde no había presencia de individuos (claros) para la siembra de propágulos. Al ser un trabajo en conjunto con el SINAC, se tomó en cuenta la disponibilidad de propágulos como requisito para el cumplimiento de la técnica de siembra directa, así mismo se incluyeron los grupos locales para realizar la siembra.

## **2.9. Interpretación de imágenes espaciales de manglar**

El ecosistema de manglar presente en Jicaral de Puntarenas fue objeto en el pasado de actividades dedicadas a la extracción de sal, lo que conllevó a la degradación de ciertas áreas de este. Sin embargo, en la actualidad estos sitios están en un proceso de recuperación, por lo que hacer una reconstrucción de la zona a partir de imágenes satelitales es fundamental para determinar los cambios sufridos en el ecosistema. La recopilación de fotografías se realizó mediante el uso de imágenes satelitales obtenidas del sensor de LANDSAT de los últimos 30 años. Las imágenes fueron procesadas mediante el software QGIS 3.12 Bucarest, con el complemento Semi automatic classification plugging (Congedo, 2016). Es importante destacar que la fotointerpretación se hizo a manera de referencia y no de una forma exhaustiva.

### 3. Resultados

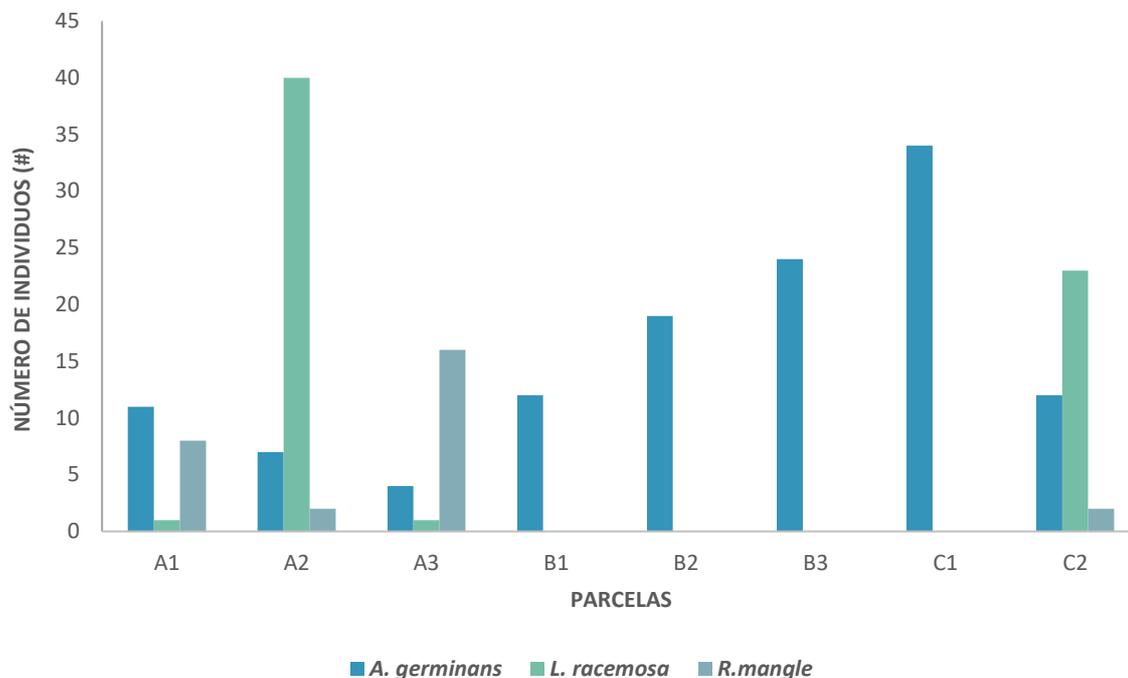
#### 3.1. Estructura y composición vegetal

En el área de estudio del manglar de Jicaral, se encontraron solamente tres especies de vegetación nuclear de las siete especies de mangle que se encuentra en el país (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Familias de especies nucleares de manglar presentes en Jicaral de Puntarenas

<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>
Acanthaceae	<i>Avicennia germinans</i>	Mangle salado
Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i>	Mangle mariquita
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle gateador

En la parcela A1 se encontraron mayor cantidad de individuos de *A. germinans* (11), seguido de *R. mangle* con 8 individuos y en último lugar *L. racemosa* con 1 individuo. En la parcela A2, *L. racemosa* fue quien tuvo mayor presencia (40 individuos), mientras que *R. mangle* solamente tuvo 8 individuos. La mayor presencia de *R. mangle* se obtuvo en A3 con 16 individuos, seguido de *A. germinans* con 4 y únicamente 1 representante de *L. racemosa*. En las parcelas B1, B2, B3 y C1 solo hubo presencia de *A. germinans* con 12, 19, 24 y 34 individuos respectivamente. Al igual que en A2, la parcela C2 tuvo mayor presencia de *L. racemosa* con 23 individuos (Fig. 2).



**Figura 2.** Cantidad de individuos por especie en las diferentes parcelas del manglar de Jicaral de Puntarenas

En cuanto a los valores de DAP encontrados para estas parcelas se obtuvo que en general el diámetro de los individuos fue bajo (promedio 5.45 cm), sin embargo, se da una diferencia marcada en los valores entre cada zona, la cual se comprobó con el análisis estadístico, que demostró una diferencia significativa ( $p > 0.05$ ). El mayor valor se encontró en la zona A con un promedio de 7.19 cm y el valor más bajo en la zona C con un valor de 4.35 cm (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Valores de DAP (cm) encontrados en las diferentes zonas del manglar de Jicaral de Puntarenas

	<b>DAP (cm)</b>		
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Promedio	7.19	5.87	4.35
(±DE)	(±4.40)	(±1.57)	(±2.33)
Máximo	25	19	12.8
Mínimo	2.4	2.5	2.3

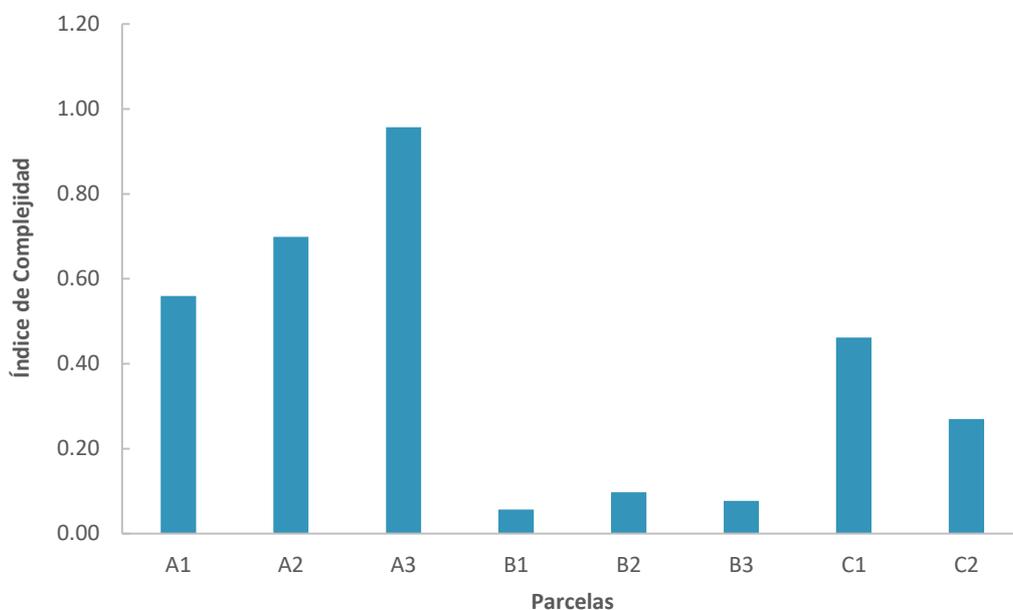
Se encontró que la mayor densidad de individuos fueron árboles pequeños con DAP <10, los valores más altos se encontraron en las parcelas A2 (490 ind/0.1 ha), B3 y C1 con 400 ind/0.1 ha cada una. Para los individuos con DAP ≥10 las densidades más altas se encontraron en las parcelas A3 y A1, con 90 ind/0.1 ha y 80 ind/0.1 ha, respectivamente. Es importante mencionar que en las parcelas A2 y C2 no se encontraron individuos con DAP ≥10. En cuanto al área basal los valores fueron muy bajos en todas las parcelas, los más bajos fueron individuos de DAP <10 con 0.0011 m<sup>2</sup> en la parcela C2, mientras que el más alto fue de 0.0196 m<sup>2</sup> en la parcela A3 para individuos de DAP ≥10 (Cuadro 3).

La altura promedio fue muy similar en todas las parcelas, sin embargo, la parcela A3 presenta los valores más altos de 9.89 m para individuos con DAP ≥10 y de 6.15 m para individuos con DAP <10 (Cuadro 3). A nivel más general de parcelas A, B y C los datos muestran que las alturas presentan una diferencia significativa entre la parcela C con la A y B (p<0,05) no así entre la parcela A y B.

**Cuadro 3.** Valores de altura promedio (m), área basal (m<sup>2</sup>), número de especies presentes y densidad (ind/ 0.1 Ha) para arboles con DAP <10 y DAP ≥10 de cada parcela en el manglar de Jicaral de Puntarenas

Parcelas	Altura Promedio (m)			Área Basal (m <sup>2</sup> )		Número de especies		Densidad (ind/0.1 Ha)	
	<10	≥10	+DE	<10	≥10	<10	≥10	<10	≥10
Parcela A1	5.11	9.36	2.33	0.0017	0.0170	2	2	140	80
Parcela A2	5.24	0.00	1.12	0.0017	0.000	3	0	490	0
Parcela A3	6.15	9.89	2.38	0.016	0.0196	3	2	130	90
Parcela B1	3.33	6.10	1.86	0.0030	0.0194	1	1	190	50
Parcela B2	3.97	5.08	1.61	0.0056	0.0048	1	1	160	60
Parcela B3	3.91	5.00	0.72	0.0018	0.0082	1	1	400	10
Parcela C1	4.06	6.00	1.33	0.0021	0.0120	1	1	400	20
Parcela C2	4.76	0.00	0.88	0.0011	0.0000	3	0	140	0

En cuanto el Índice de Complejidad se encontró que, el IC para toda el área de estudio fue de 0.35. Para las parcelas se puede observar que la parcela A3 obtuvo el valor más alto IC= 0.96, seguida por la parcela A2 con un índice de complejidad de 0.70. Los valores más bajos se encontraron en las parcelas B, siendo la menor la parcela B1 con un índice de 0.06, cabe resaltar que en esta parcela solo se encontró la presencia de *A. germinans* (Fig. 3). También es importante observar que las variaciones entre los índices de complejidad para cada parcela van a estar en dependencia del área basal, densidad, número de especies y de la altura promedio.



**Figura 3.** Índice de complejidad para cada parcela dentro del manglar de Jicaral de Puntarenas

El Índice de Valor de Importancia reveló que *A. germinans* es la especie más importante en general. Para las parcelas B1, B2, B3 y C1 se encontró el valor máximo (300%) ya que fue la única especie en cada zona. En la parcela A1 esta misma especie fue la de mayor valor con un 181%, mientras que *L. racemosa* fue la más baja con un 43%. Para la parcela A2 contrario a la parcela A1 *L. racemosa* fue quien sobresalió con 197% de IVI, seguido de *A. germinans* (68%) y por último *R. mangle* (35%). En la parcela A3 el primer lugar le corresponde a *R. mangle* con un 197%, el segundo a *A. germinans* con 100% y *L. racemosa* con 33%. Por último, la parcela C3 *A. germinans* y *L. racemosa* tuvieron porcentajes cercanos, 135% y 130% respectivamente, la diferencia fue marcada por *R. mangle* con el porcentaje más bajo 35% (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Valor de importancia de las especies de árboles de manglar encontradas dentro de las diferentes parcelas en el manglar de Jicaral de Puntarenas

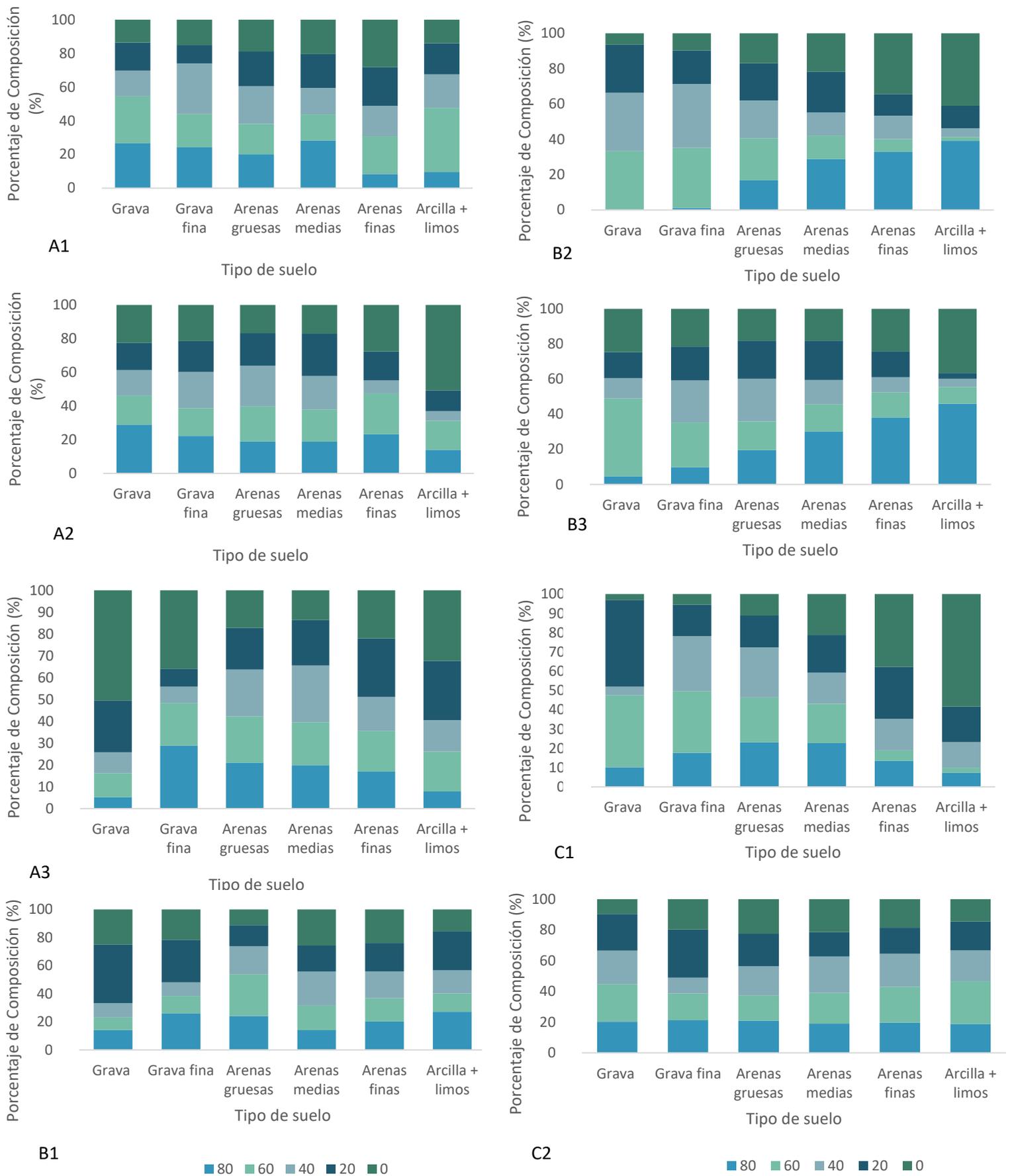
Especie	Parcela A1	Parcela A2	Parcela A3	Parcela B1	Parcela B2	Parcela B3	Parcela C1	Parcela C2
<i>Avicennia germinans</i>	181	68	100	300	300	300	300	135
<i>Laguncularia racemosa</i>	43	197	33	0	0	0	0	130
<i>Rhizophora mangle</i>	76	35	166	0	0	0	0	35

### 3.2. Análisis de sustratos y agua intersticial

#### 3.2.1. Análisis de suelo (granulometría)

Los análisis de suelo permitieron determinar que, a nivel de grava y gravas finas, no se presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las parcelas, aunque en la parcela A3 y C1 las gravas son dominantes superando el 60%, entre 0 cm y 60 cm de profundidad, esto muestra que los cerros aledaños continúan aportando materiales. En la parcela B3 se muestra un porcentaje importante de gravas a 60 cm.

Las arenas gruesas y medias están presentes en porcentajes similares según profundidad y no presentan diferencias significativas entre las parcelas A, B, y C; aunque en la parcela B si hay diferencias significativas entre las subparcelas 1, 2 y 3. La fracción más fina, limos y arcillas, es importante porque es la que le confiere la característica típica de un suelo de manglar, en este estudio se encontró que esta fracción tiene altos porcentaje en la superficie de las parcelas A2, B3, B2, y C. (Fig. 4).



**Figura 4.** Porcentaje de composición de suelo por parcela del manglar de Jicaral de Puntarenas

### 3.2.2. Análisis de agua

Es importante aclarar que de la zona B solo se pudo realizar las pruebas de nutrientes a las parcelas B1 y B3 ya que la parcela B2 fue objeto de vandalismo. Al llegar al lugar el tubo de PVC colocado para la recolecta del agua intersticial no estaba, por lo que no se pudo coleccionar la muestra.

#### 3.2.2.1. Nutrientes

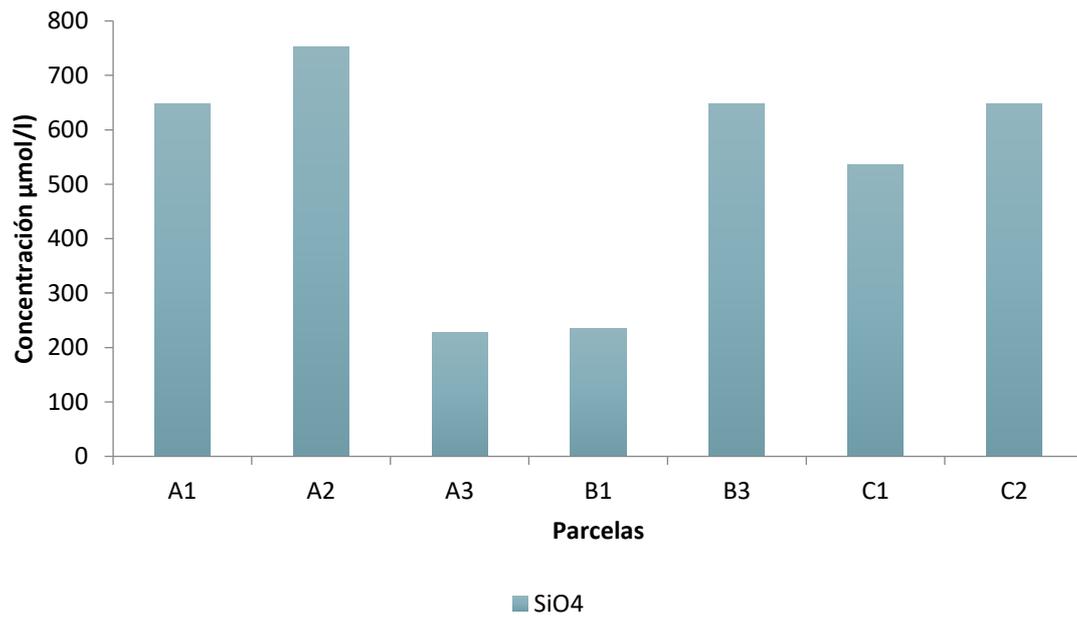
Se encontró que los silicatos ( $\text{SiO}_2$ ) corresponden al nutriente con concentraciones más altas en todas las parcelas. El análisis estadístico demostró que existen diferencias significativas entre las concentraciones de este en los sitios de muestreo ( $p < 0.05$ ). La mayor concentración se encontró en la parcela A2 con  $753 \mu\text{mol/l}$ , mientras que el valor más bajo se dio en la parcela A3 con  $227 \mu\text{mol/l}$  (Fig. 5). Estas diferencias se atribuyen a la composición del suelo dado que este nutriente forma parte de los feldespatos presentes en el suelo.

Para los fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) se encontró que la zona A fue el sitio de más alta concentración con un valor promedio de  $28 \mu\text{mol/l}$ , específicamente en la parcela A1 que tuvo niveles de  $38 \mu\text{mol/l}$ , los valores más bajos se obtuvieron en la zona B con un promedio de  $16 \mu\text{mol/l}$ , en especial la parcela B1 que tuvo una concentración de  $6 \mu\text{mol/l}$  (Fig. 6).

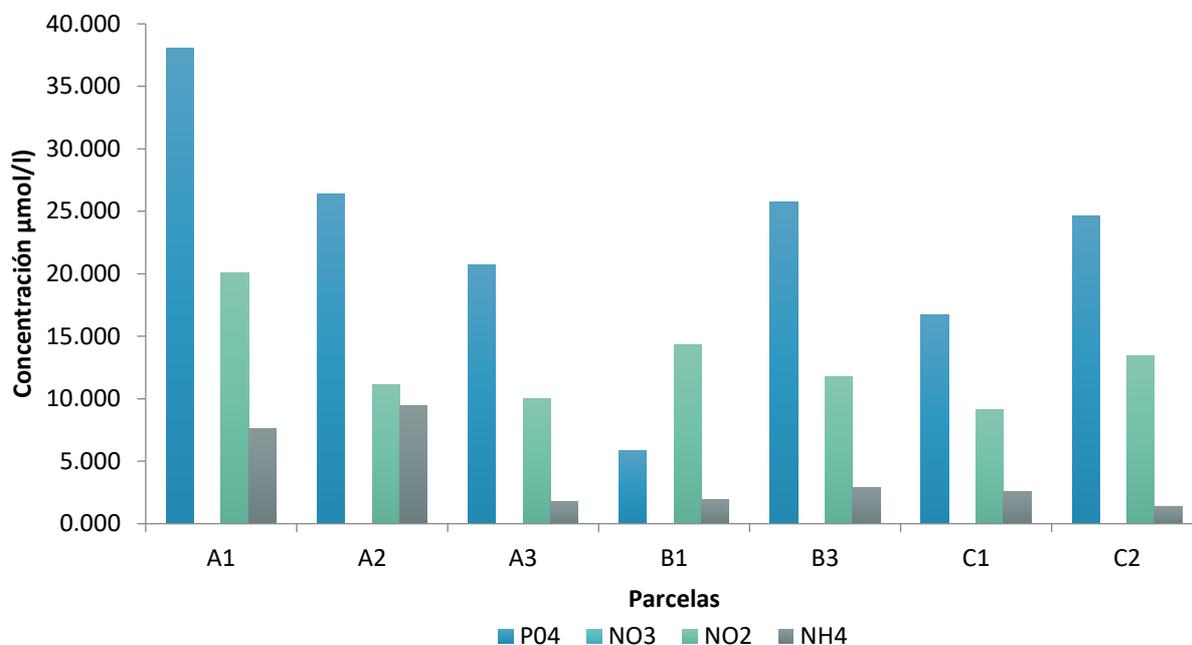
Los valores en promedio de  $\text{NH}_4^+$  presentaron bajas concentraciones en cada una de las parcelas, la zona A fue la que presentó el mayor valor con un  $7 \mu\text{mol/l}$ , mientras que las zonas B y C tuvieron valores muy similares  $2.4 \mu\text{mol/l}$  y  $1.9 \mu\text{mol/l}$  respectivamente, en cuanto a las parcelas de la zona A, A2 fue la que registró la concentración más alta con  $9.5 \mu\text{mol/l}$  y la parcela C2 reportó el valor más bajo con  $1.35 \mu\text{mol/l}$  (Fig. 6).

De los componentes nitrogenados presentes en el agua intersticial, hay que resaltar que los nitratos no fueron detectados. Los valores de nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) fueron muy variantes entre todas las parcelas, siendo la parcela A1 con en el nivel de concentración más alta, de  $20.1 \mu\text{mol/l}$  y el valor más bajo lo obtuvo la parcela C1 con un  $9.11 \mu\text{mol/l}$ . Los análisis estadísticos para cada uno de estos nutrientes arrojaron que existen

diferencias significativas entre la concentración presente en cada una de las parcelas ( $p < 0.05$ ) (Fig. 6).



**Figura 5.** Concentraciones de Silicatos ( $\text{SiO}_4$ ) en las parcelas del manglar de Jicaral, Puntarenas



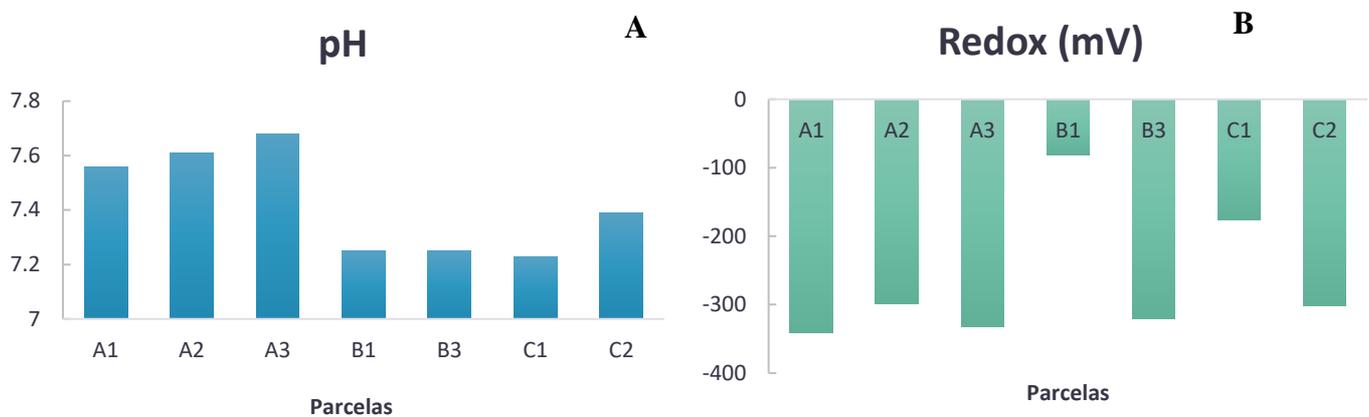
**Figura 6.** Concentraciones de Fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) y Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en las parcelas del manglar de Jicaral, Puntarenas

### 3.2.2.2. Parámetros fisicoquímicos

La prueba Kruskal-Wallis determinó que no hay diferencias significativas en los valores de salinidad, potencial redox, oxígeno disuelto, pH y temperatura entre cada una de las parcelas ( $p < 0.05$ ).

Los valores de pH y potencial redox para el agua intersticial de las parcelas presentaron pocas variaciones entre ellas. El valor promedio de pH encontrado fue de 7.39, donde el mayor valor lo reportó la parcela A3 con 7.68, mientras que el valor más bajo lo obtuvieron las parcelas B1 y B3 con 7.25 (Fig. 7A).

En cuanto al potencial redox este fue negativo para todas las parcelas y con valores muy similares entre sí. La parcela B1 fue el sitio con el valor más alto (-81.4mV) y las parcelas que obtuvieron los valores más bajos fueron la A1 con -340.7mV y -332 mV para la parcela A3 (Fig. 7B).



**Figura 7.** Parámetros químicos pH (A) y redox (B) para las siete parcelas del manglar de Jicaral de Puntarenas

La temperatura no presentó variaciones significativas entre las parcelas, ( $p < 0.05$ ), el promedio de temperatura encontrado fue de  $27^{\circ}\text{C}$ , la parcela C2 fue donde se registró la temperatura más alta ( $27.72^{\circ}\text{C}$ ) (Cuadro 5).

Si bien la salinidad no mostró diferencias entre zonas (A, B y C) los valores registrados son bastante altos, sin embargo, hay dos valores que sobresalen, el valor más bajo que se dio fue de 29.45 en la parcela A3 y el valor más alto obtenido en la parcela B3 con un dato de 70.75, los demás valores no presentan una diferencia significativa. Por último, los valores encontrados para el oxígeno disuelto fueron en general muy bajos, a nivel de anoxia, siendo las parcelas A1 y B3 las más bajas con 0.01 mg/L y la parcela B1 la más alta con 0.36 mg/L (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Valores promedio de salinidad, oxígeno disuelto y temperatura encontrados para cada una de las parcelas del manglar de Jicaral de Puntarenas

<b>Parcelas</b>	<b>Salinidad</b>	<b>Oxígeno Disuelto (mg/L)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
<b>A1</b>	48.88	0.01	26.45
<b>A2</b>	43.43	0.02	26.58
<b>A3</b>	29.45	0.10	26.39
<b>B1</b>	59.32	0.36	27.17
<b>B3</b>	70.75	0.01	27.51
<b>C1</b>	59.90	0.05	27.21
<b>C2</b>	46.31	0.13	27.72

A la hora de integrar toda la información, la matriz de correlación por Rangos de Sperman (Anexo 3 y 4), muestra que la altura de la vegetación presenta una correlación negativa ( $r = -0.85$ ) y significativa con la salinidad ( $p < 0.05$ ). De forma, contraria los resultados del análisis correlación muestran que la altura está relacionada con valores altos de pH, superiores a 7.5 ( $p < 0.05$ ), esto demuestra la importancia del pH con la fisiología de desarrollo de la flora.

### **3.3. Flora y Fauna Asociada**

#### **3.3.1. Flora**

Según el estudio de Valle (2013), se identificaron veinticinco familias de vegetación asociada distribuidas en 58 especies. La familia Fabaceae fue la que tuvo mayor representación con once especies, seguida de Malvaceae con ocho, Mimosaceae con cinco, Arecaceae con cuatro y Poaceae con tres. Con dos representantes se encuentran las familias Agavaceae, Asteraceae, Bignoniaceae, Cactaceae, Combretaceae, Cyperaceae y Polygonaceae. Las restantes trece familias poseen una especie cada una (Anexo 5).

### **3.3.2. Fauna**

De acuerdo con lo reportado por Valle (2013) en el mismo sitio en que se ubicaron las parcelas se lograron identificar cinco grupos zoológicos, divididos en un total de 71 organismos de diferentes familias. El 74% del total corresponden a aves, en segundo lugar, están los grupos de mamíferos y reptiles con 7% cada uno y en último lugar con 6% se encuentran los crustáceos y los moluscos (Anexo 6).

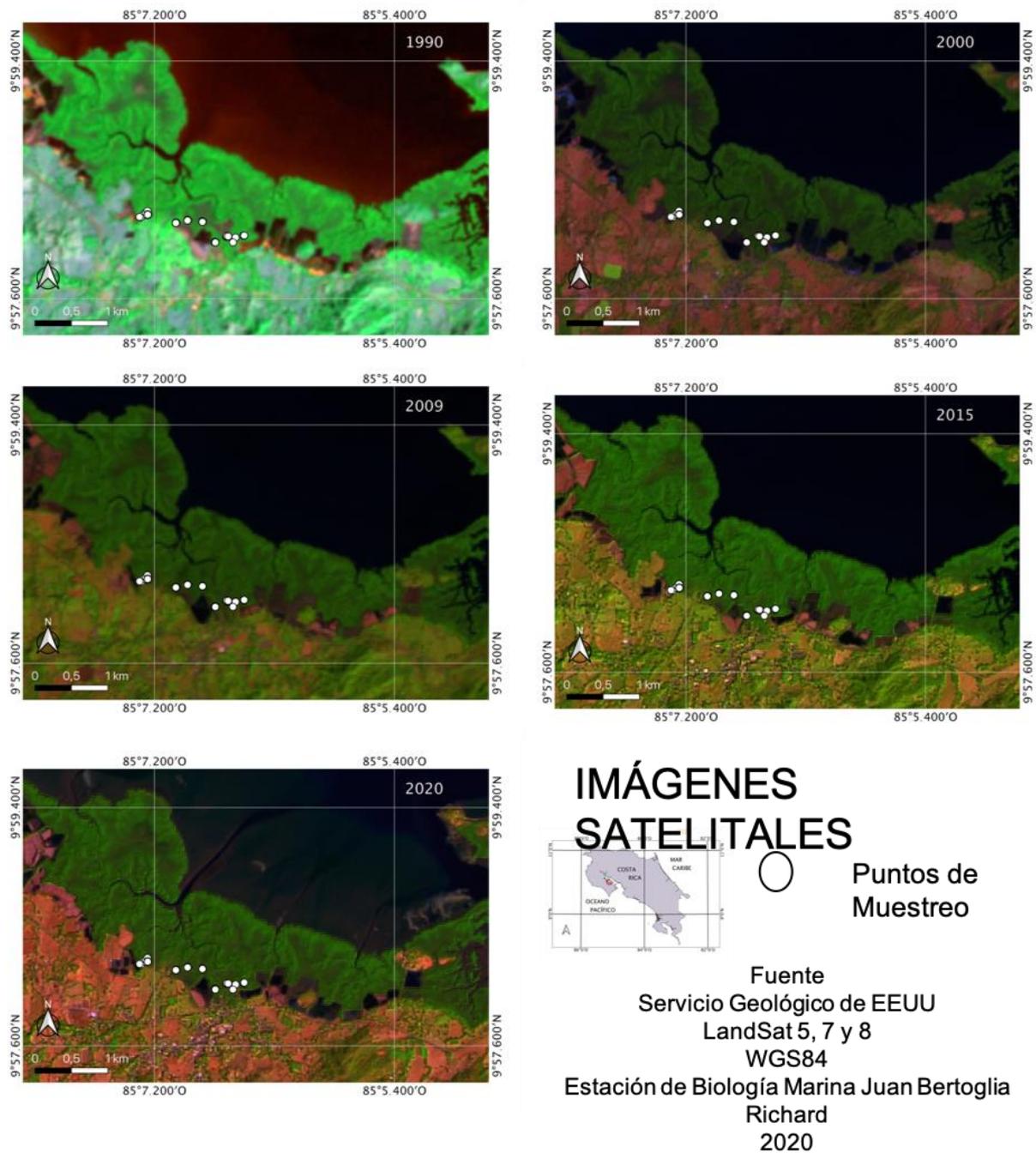
### **3.4. Interpretación de fotografías e imágenes espaciales del manglar**

Las imágenes satelitales muestran que las áreas que componen el manglar de Jicaral han experimentado un aumento en la cobertura. Es posible observar cómo se ha ido regenerando los parches más afectados en el pasado por las granjas camaroneras y la producción de sal (Fig. 8).

Lo encontrado en estas imágenes satelitales coincide con lo visto en el campo, donde se detectaron parches de regeneración en las cercanías de las parcelas B y C, donde se vio un estado de sucesión temprana de la especie *A. germinans*. Cabe resaltar que los parches de regeneración cercanos a las parcelas B pertenecen al proyecto de siembra de manglar que FUNDECODES tiene en el área (Fig. 9), mientras que los otros parches estaban cerca de canales que fueron reabiertos para proporcionar la irrigación natural que fue obstruida cuando se construyeron las salinas (Fig. 10).

Al hacer una comparación en campo entre los parches de regeneración del lugar, tomando en cuenta el crecimiento y estado de plántulas y arbustos, se pudo constatar que tuvieron mejores resultados aquellas zonas que se regeneraron de manera natural, solo con el aporte de agua, mientras que las zonas enfocadas a la siembra de propágulos presentaron un crecimiento y desarrollo de plántulas muy bajo. Este dato fue confirmado

posteriormente por Jorge Vásquez de FUNDECODES y coordinador del proyecto de regeneración.



**Figura 8.** Cambios sufridos en el ecosistema durante los últimos 30 años en el manglar de Jicaral de Puntarenas



**Figura 9.** Zonas de regeneración artificial asociadas al proyecto de siembra de propágulos (FUNDECODES) el manglar de Jicaral de Puntarenas



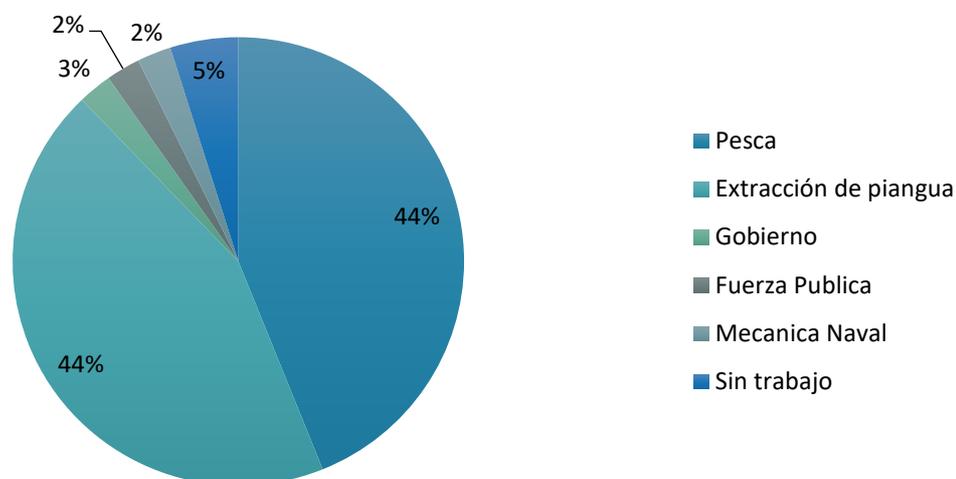
**Figura 10.** Zonas de regeneración natural asociadas a la reapertura de canales en el manglar de Jicaral de Puntarenas

### **3.5. Interacciones y dependencias sociales**

#### **3.5.1. Consideraciones socioambientales sobre el Manglar de Jicaral de Puntarenas**

El manglar de Jicaral se encuentra bordeado por una comunidad que tradicionalmente ha desarrollado actividades diversas, muchas de ellas asociadas con el mismo ecosistema y de condiciones sociales variadas. Puede afirmarse, en términos generales, que corresponde a grupos socialmente deprimidos y permanentemente dependientes de la ayuda institucional. Esta percepción se complementó a partir de la aplicación de 22 entrevistas a informantes claves, con el fin de interpretar, con mayor certeza su realidad, así como las formas de interacción con el manglar; las entrevistas se realizaron específicamente en los sitios conocidos como Barrio La Cruz y Las Playitas.

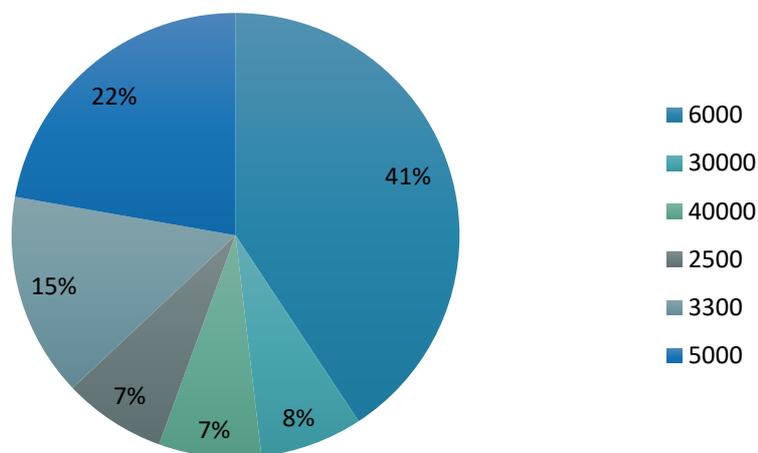
Las entrevistas revelaron que la mayoría de los habitantes viven en Jicaral desde su nacimiento, y los que provienen de otras provincias lo han hecho por motivos familiares, como el traslado de su núcleo familiar. La mayoría de los entrevistados se dedican de manera permanente a la pesca o a la extracción de piangua (Fig. 11), y ocasionalmente se dedican a lo que ellos comúnmente llaman chambitas, que son trabajos en construcción, corta de maleza y zacate, mecánica, arreglos de casas, entre otras. Existen algunas personas que también se dedican a empleos como mecánica naval o que trabajan en entidades locales del Gobierno, tal es el caso de la Fuerza Pública. Es importante destacar que un 5% de la población entrevistada no cuentan con trabajo.



**Figura 11.** Fuentes de empleo en Jicaral de Puntarenas

Los habitantes reportan que la situación económica que ellos viven es complicada, ya que los ingresos que obtienen producto de esas actividades, no les permite cubrir sus necesidades básicas. Los piangueros de la zona dependen de la actividad que puedan realizar regularmente y de cómo el producto sea vendido. En promedio, un 41% de los entrevistados menciona que el dinero que ingresa a sus hogares diariamente es de 6000 colones, mientras que un 22% no alcanza ni los 5 000 colones. Lo que significaría un ingreso mensual entre los 150.000 y 180.000 colones.

Un porcentaje minoritario (7%) dedicados principalmente a la pesca, reportan ingresos más altos, cercanos a los 40.000 colones y un 8% 30.000 colones, mencionando que pueden optar por ingresos mayores ya que el pescado es mejor pagado que la piangua (Fig. 12), lo que representa un ingreso mensual aproximadamente entre 120.000 y 160.000 colones. Para obtener estos ingresos, tanto los piangueros como los pescadores, salen todos los días hacia el manglar, sin excepción, por un periodo que va entre cuatro y cinco horas al día.



**Figura 12.** Ingresos diarios de los pescadores y piangueros de la zona de Jicaral de Puntarenas

Las personas entrevistadas concuerdan en que el manglar se utiliza únicamente para la extracción de piangua y que los usos de extracción de sal y madera han quedado en el pasado.

En relación con el valor que los habitantes locales dan al manglar y el trabajo que se realiza en él, comentan que saben de la importancia que tiene el manglar para realizar su trabajo diario, empero, los resultados de la entrevista reflejan una contradicción, considerando que el 83% mencionó que no obtienen ningún beneficio del manglar, más que los peces y las pianguas.

Un 9% resaltó que el manglar es importante como área de crianza y reproducción de peces y un 8% mencionan que el turismo es uno de los beneficios que se obtiene del manglar.

Pese al necesario y dependiente uso que los habitantes de Jicaral tienen del manglar, la realidad de lo que ocurre en esta zona es muy diferente, considerando en términos generales el grado de deterioro que se pudo observar, particularmente en cuanto a la cantidad de basura que se encuentra distribuida en todas las áreas aledañas (Fig. 13) y la corta visible de árboles con diferentes fines.

Al cuestionar sobre este daño evidente, los entrevistados achacan la responsabilidad a personas ajenas a la comunidad, quienes llegan a dejar los desechos en el manglar, ya que el servicio de recolección, principalmente en las zonas más alejadas, es muy deficiente por parte de la Municipalidad local. Sin embargo, de acuerdo con el tipo de basura observada, que incluye sillones, televisores, partes de electrodomésticos, partes de motocicletas, entre otros, es posible deducir que sean los mismos habitantes quienes se deshacen de todo esto en el manglar (Fig. 14).

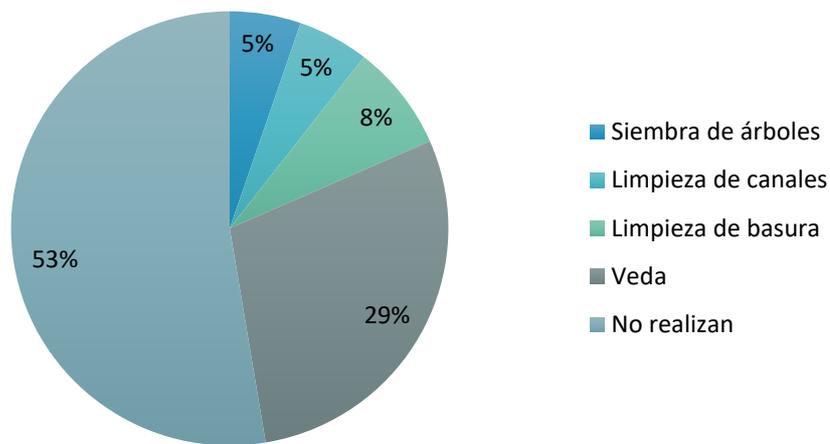
Lo anterior concuerda con los resultados de la consulta realizada acerca de las medidas o actividades que ellos, como habitantes y usuarios del manglar realizan para su protección y conservación, considerando que un 53% de los entrevistados manifestaron que no realizan ninguna actividad, mientras que un 29% solamente ayuda respetando el tiempo de veda. Únicamente un 10% de los habitantes colabora con otras actividades, un 5% con limpieza de canales y un 5% recolectando basura (Fig. 15).



**Figura 13.** Basura encontrada a lo largo del manglar de Jicaral de Puntarenas



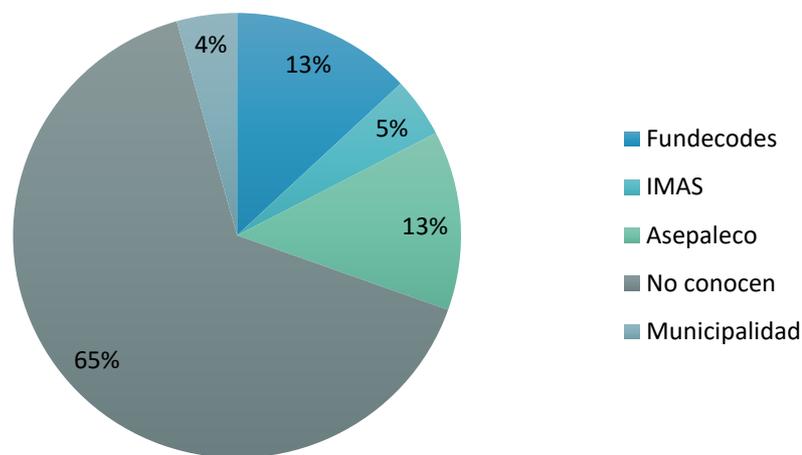
**Figura 14.** Basura no tradicional desechada por los habitantes en el manglar de Jicaral de Puntarenas



**Figura 15.** Actividades realizadas por los habitantes de Jicaral en pro de la conservación y protección del manglar

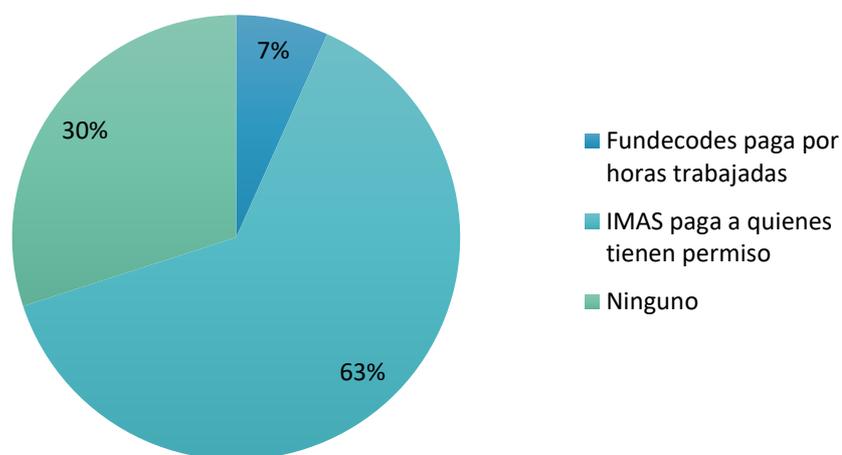
En relación con el trabajo que realizan diferentes instituciones en el manglar de Jicaral y con la comunidad, un 65% de los habitantes mencionan que no conocen ninguna organización que tenga proyectos en pro de cuidar o resguardar el manglar. Un 26% comentó que conocen de dos organizaciones, que tienen proyectos para mejorar el estado del manglar, un 13% mencionó a ASEPALECO y el otro 13% nombró a FUNDECODES. Por último, una minoría de la población indica que en ocasiones se ve a la Municipalidad (4%) y al Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS) (5%) realizar alguna actividad con la comunidad, principalmente con aquellos que están asociados al manglar de manera directa (Fig. 16).

Algo importante de resaltar es que los habitantes hablan de que el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) no es un organismo que se interese por preservar el recurso, inclusive el 100% de ellos respondieron que no tienen conocimiento alguno de si existe o se esté trabajando en un plan de manejo para este ecosistema en específico.



**Figura 16.** Instituciones que colaboran con la comunidad y el ecosistema de manglar de Jicaral de Puntarenas

Al cuestionar a esta comunidad de piangueros y pescadores sobre los beneficios que reciben por parte de las organizaciones mencionadas anteriormente, un 63% señaló que el IMAS es el único que les brinda apoyo, pero exclusivamente en tiempos de veda y que esta ayuda económica no sobrepasa los 150.000 colones al mes. Un 7% dijo que FUNDECODES ayuda en la parte laboral, que cuando existen proyectos de regeneración a realizar, ellos reciben un pago por las horas laboradas; cabe mencionar que este 7% está representado por dos familias de la zona quienes tienen contacto directo con esta organización. El 30% de la población restante comentó que no recibe ayuda alguna por parte de estos organismos (Fig. 17).



**Figura 17.** Apoyo que la comunidad de Jicaral recibe por parte de las organizaciones que están involucradas con el manglar

### **3.5.2. Aspectos institucionales asociados al manglar de Jicaral de Puntarenas**

Conocer la opinión y el posicionamiento que tienen los diferentes entes reguladores con respecto al manglar es fundamental para conocer el desarrollo del ecosistema, por lo que se entrevistó al personal de instituciones como la Oficina Regional del MINAE, FUNDECODES y el Ministerio de Salud. Las entrevistas a las personalidades asociadas a estas instituciones revelaron detalles muy importantes sobre el desenvolvimiento y el actuar de las mismas.

Se aplicó una entrevista al Jefe de la Oficina Regional del MINAE, adscrita al Área de Conservación Tempisque (ACT), quien en lo sustancial menciona que el manglar de Jicaral ha pasado por muchos procesos destructivos a lo largo de la historia, en la época de los años 70 el negocio de la sal comenzó a tomar auge por lo que en la zona se empezaron a crear las salinas, lo que conllevó a una tala desmedida de los árboles de mangle, clasificándola, así como la época de mayor destrucción.

Sin embargo, el proceso de globalización y apertura comercial de los años ochenta, promovió la camaronicultura intensiva, siendo Jicaral una zona especialmente importante para su fomento, lo cual se mantiene hasta el momento actual. El cultivo de

camarón vino a sustituir significativamente la producción de la sal en la comunidad, ya que generaba mayores ingresos económicos. Esto provocó que la tala de mangle se reactivara para la creación de las piscinas en las fincas camaroneras.

Posteriormente, el negocio del camarón vino a menos como resultado de la aparición de enfermedades virales que dañaron radicalmente las fincas camaroneras, manteniéndose con algunas excepciones, fundamentalmente como una actividad extensiva. Esto hizo que poco a poco las fincas camaroneras quedaran abandonadas o inactivas, de manera que, con los cambios en el uso del suelo, el ecosistema ha tenido un respiro y ha logrado ir revirtiendo poco a poco el daño sufrido. Por tal razón el ACT considera que el manglar actualmente se encuentra en un estado de recuperación.

Refiriéndose al tema de las amenazas actuales que hoy en día sufre este manglar, el ACT considera que la principal lo constituye el calentamiento global, debido a que los grandes temporales recientes han provocado que los ríos se desborden, se carguen de sedimentos, que luego llegan al manglar y lo van afectando paulatinamente. En segundo lugar, menciona las fincas ganaderas, las cuales no poseen cercas ocasionando que el ganado se salga y llegue al manglar donde se alimentan de las hojas de mangle, principalmente de *Avicennia* debido a su salinidad. En tercera instancia señala a los mismos jicaraleños, ya que a pesar de que para muchos de ellos el manglar sigue siendo la principal fuente de empleo, hay muchas áreas que las siguen destruyendo, principalmente en las zonas más cercanas a los pueblos en donde propician la construcción de viviendas y ampliaciones de estas. Es frecuente la destrucción de áreas aledañas, ya que conciben el manglar únicamente donde se encuentra la vegetación nuclear, pero no aquellas partes donde hay flora asociada. Tales afirmaciones fueron totalmente constatadas en el campo.

Al consultar sobre el evidente problema de basura que tiene el manglar de Jicaral y la posibilidad de que este se utiliza como vertedero a cielo abierto, se señaló que el inconveniente radica en que el sistema de recolección de basura en el Distrito de Lepanto, al cual pertenece la comunidad de Jicaral, debido a que no cuenta con las facilidades municipales de recolección de la basura no tradicional, como muebles, electrodomésticos, partes de automóviles, por lo que los habitantes lo desechan en el manglar, pero el resto de basura como botellas, bolsas plásticas, paquetes de comida, cajas, entre otras, provienen del Tempisque, de los desechos que llegan a través de la corriente.

De manera específica y ante la consulta sobre acciones concretas que lleva a cabo la Oficina Regional del MINAE en Jicaral para el cuidado y conservación del manglar, se señala que ésta no tiene ningún programa o proyecto concreto con este propósito, siendo la implementación de un Plan de Manejo y Extracción de pianguas la única iniciativa relacionada con el manglar, pero que además tiene básicamente como fin el cumplimiento de un requisito, dado que la Oficina no cuenta con recursos para hacer control y vigilancia de otros problemas asociados al manglar.

Con respecto a la regulación de las fincas ganaderas y la construcción por parte de los habitantes, se menciona que es muy complicado tratar con este tipo de personas y en el caso de las construcciones se deben realizar expropiaciones y eso es un trabajo muy complejo, por lo cual no se hace. Además, indica que, en muchas de las ocasiones, no se pueden hacer denuncias debido a que no cuentan con pruebas técnicas para demostrar que el área afectada es parte del manglar y mucho menos con el apoyo de testigos; a lo que se agregan las dificultades para hacer atención inmediata de estas, debido a las limitaciones de recursos, como se señaló antes.

En relación con la extracción de moluscos y a pesar de que previamente se señaló la existencia de un Plan de Manejo, la oficina regional del MINAE señala que es un tema que se maneja a la libre, que se tiene establecido el tamaño mínimo de piangua (correspondiente a 47 mm) lo mismo para mejillones; pero para otras especies no existe regulación. Reitera las dificultades para dar cumplimiento a estas normas como resultado de la falta de recursos.

En cuanto a la basura, señaló que anteriormente si se había tratado de tomar medidas por medio de la municipalidad local, pero que cuando se hacen este tipo de recolecciones no tradicionales, toma mucho tiempo para que los desechos salgan de la zona, ocasionando problemas de moscas y mosquitos, lo que genera molestia en los habitantes por lo que optan por no hacerlo. A ello agrega las dificultades para coordinar acciones con esa entidad.

Como encargado de la Oficina Regional del MINAE y en relación con la protección del manglar, el funcionario señala la necesidad de recursos humanos y materiales como condición indispensable para llevar a cabo un mejor control. En ese sentido, si se contara, con radios, pangas, cámaras, transporte, herramientas sería más fácil tener acceso al manglar, con el acompañamiento de más personal podrían hacerse

patrullajes más frecuentes y se podrían atender mejor las denuncias. Inclusive señala que con personal especializado se podrían desarrollar proyectos que atiendan específicamente cada una de las áreas que atiende el ACT, logrando un mejor control y favorecer así la conservación.

Al hablar de posibles alianzas con otras organizaciones o empresas, señalan que tienen proyectos en conjunto con una de las asociaciones locales, específicamente con la Asociación Ecologista Paquera, Lepanto y Cóbano (ASEPALECO) para un programa de reciclaje, donde se recoge cerca de una tonelada de basura, entre botellas plásticas, vidrio, aluminio, entre otras, cada vez que llevan a cabo una campaña. No obstante, no está de acuerdo en trabajar con ciertas organizaciones locales, porque lo único que buscan estas es recibir un aporte económico, por lo que están enfocados en prestar servicios solo si se recibe un beneficio monetario.

Respecto al aporte que otras organizaciones no gubernamentales u organizaciones privadas enfocadas en la conservación del ambiente hacen, comenta que, en general, no son buenos aliados ya que son organizaciones que solo fomentan proyectos específicos, así que cuando el proyecto termina se van sin generar un beneficio a largo plazo. Es por esto por lo que no se coordinan acciones con estas para la conservación y protección del manglar.

Cuando se habló específicamente de los proyectos de regeneración que se están implementando en la zona, comenta que él no los apoya, porque para regenerar el manglar solo hace falta quitar el factor que está impidiendo el desarrollo o bien está afectando de manera directa al ecosistema. Además de que la sobrevivencia de individuos es muy baja por lo que no vale la pena invertir esfuerzos en ello. Así también, señaló que la mayoría de las personas que participan en estos proyectos lo hacen con el fin de cobrar un salario y nada más, no están realmente interesados en que el manglar se recupere.

También, como actor estratégico clave por su injerencia directa con acciones concretas en el manglar de Jicaral, se entrevistó al director de la Fundación para el Equilibrio entre la Conservación y el Desarrollo (FUNDECODES), quien se encarga de coordinar y dirigir las acciones y proyectos que tiene esta organización. Al tener poco conocimiento de campo y científico, por su formación de Contador, siempre está en busca de apoyo profesional en el área de la biología que lo orienten en el manejo y desarrollo de proyectos.

En su opinión, él considera que el manglar está en estado de recuperación, porque a pesar de todo el daño que ha sufrido a través de los años, se han encontrado parches de mangle de *A. germinans* en crecimiento. Lo anterior es indicador de que el manglar se encuentra en buenas condiciones.

Bajo la perspectiva de FUNDECODES, la amenaza más directa que enfrenta el manglar es la contaminación ocasionada por los habitantes de la zona; incluso, han encontrado al hermano del Intendente de Jicaral botando los desechos en el lugar, esto ha ocasionado enfrentamientos debido a que han llegado a solicitar la multa correspondiente y el acatamiento a la ley a la municipalidad, pero el Intendente se ha negado y no se han tomado medidas al respecto. Así mismo, la poca participación e interés que tiene la oficina regional del MINAE, el ACT, es otro de los retos que afronta el manglar.

El director de FUNDECODES considera que la municipalidad y el MINAE han dejado en abandono el manglar, en tanto no han tomado las acciones necesarias para evitar los daños a los que se ve sometido. Inclusive, cuenta que ellos estuvieron cuidando un área de 300 metros de longitud de mangle de dos metros de altura en regeneración, lo demarcaron y rotularon; sin embargo, 22 días después encontraron el lugar sin rótulos y completamente chapeado. Se consultó al Intendente de Jicaral y al jefe de la Oficina Regional de MINAE, y la respuesta que obtuvieron fue que era necesario quitar el manglar porque estaba invadiendo el acceso de agua a la camaronera. Al intentar ahondar más en el tema, no dieron más explicaciones porque es un tema delicado.

Basados en estos retos, FUNDECODES inició su labor en el manglar de Jicaral en el año 2015, con un proyecto a diez años en su primera etapa y con posibilidad de ampliar por 10 años más, siempre y cuando se mantenga su zona núcleo en el bosque. Este proyecto tiene como objetivo principal regenerar 10 hectáreas de manglar, por medio de técnicas no invasivas y con poca intervención humana. Para lograr esto, han hecho apertura de canales de manera paulatina durante tres años, hasta el momento se ha abierto un total de 200 metros de canal al cual se le han hecho grietas con el fin de llevar un poco más de irrigación a ciertas partes específicas para desalinizar el territorio de manera más rápida.

Aunado a lo anterior, FUNDECODES también puso en práctica un proyecto de siembra de mangle, especialmente *A. germinans*. En el tiempo que se ha desarrollado el proyecto de siembra, se han plantado un total de 560 plántulas, pero les ha generado altas

tasas de mortalidad, un 35% en 2017 y un 60% en 2018; el director de FUNDECODES señala que esta mortalidad se debe a la época en la que las plántulas fueron sembradas. Durante el 2019 se sembraron 750 plántulas de *R. racemosa*, sin embargo, a la fecha del presente trabajo se desconocía la tasa de mortalidad para dichas plántulas.

Dentro de las acciones que FUNDECODES tiene dentro de sus proyectos de protección del manglar se encuentran las campañas de limpieza y recolección de basura. Estas campañas nacieron de la necesidad de involucrar organizaciones estudiantiles extranjeras que son patrocinadas por empresas que aportan fondos a FUNDECODES. Las campañas se realizan una vez al mes en la parte externa del manglar con la ayuda de grupos de jóvenes voluntarios, como resultado de estas se ha logrado eliminar hasta tres toneladas de basura por campaña.

Estos proyectos, según su director, han propiciado la incorporación de actores locales, mediante la participación de dos familias de la comunidad, encargados de las actividades de recolección de semillas y resiembra en el manglar. Ellos se ven beneficiados económicamente, ya que reciben una paga mensual por las horas laboradas en sus proyectos a lo largo del año. Hasta el momento solo se trabaja con estas dos familias debido a los alcances piloto del proyecto.

FUNDECODES apoya el trabajo en equipo junto a otras instituciones o empresas, un ejemplo de eso es la alianza que tiene con empresas privadas que se dedican a la producción de camarón orgánico, quienes en conjunto han logrado establecer proyectos para la conservación y protección del manglar, así como también el apoyo a la comunidad por medio de empleo. Uno de los planes a desarrollar que tienen en conjunto es la producción de miel de mangle para comida gourmet, esta propuesta inició en 2017 debido a la solicitud recibida por un chef de la cadena de hoteles Westland, ya que la miel de mangle es altamente cotizada en el mercado debido al sabor dulce-salino. Otra de las organizaciones con la que ha tenido relación es la Corporación Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ) con quienes han desarrollado el proyecto de regeneración, trabajando mano a mano en la apertura de canales. Para proyectos a futuro, se está negociando con Conservación Internacional (CI), con el fin de llegar a un acuerdo para la siembra de plántulas.

Adicionalmente, FUNDECODES tiene un convenio con el SINAC, el cual trata de ayudar a la oficina regional con recursos que le permitan poder cumplir a cabalidad

con sus obligaciones y le den al personal un ambiente laboral confortable. Este acuerdo trata de que el 85% de los fondos que ingresan a FUNDECODES deben ser devueltos o invertidos en materiales, artículos de oficina, recursos físicos, así como también, el pago de las cuentas de electricidad, telefonía, agua, compra de electrodomésticos, siendo la Oficina Regional de Jicaral la más beneficiada. Esto se convierte en un aporte anual entre los 350 a 400 millones de colones.

A pesar de este convenio, no se cuenta con el apoyo necesario cuando de trabajo de campo o proyectos se refiere. Ante esto, se han realizado gestiones antes las oficinas regionales de ACT para solicitar mayor participación y apoyo de parte de la Oficina local, sin embargo, las acciones han sido sumamente limitadas, sin lograr una plena incorporación de los funcionarios locales para apoyar este proyecto.

De parte de FUNDECODES se plantea y solicita el apoyo académico, es decir, el fortalecimiento del conocimiento técnico, profesional especializado y la incorporación de mayor conocimiento científico, que permita sustentar y mejorar las técnicas de reemplazamiento; así como fortalecer los proyectos de recuperación, protección y manejo del manglar y justificar el respaldo financiero de las empresas.

Por otra parte, considerando los altos grados de contaminación por basura que se evidencian en el manglar, se procedió a consultar al representante del Ministerio de Salud en su Oficina Regional también ubicada en Jicaral. Se entrevistaron a dos funcionarios, incluido un médico, quienes, en síntesis, señalan que su institución no hace visitas al manglar, ya que nunca ha sido considerado dentro de sus planes y el conocimiento acerca de la importancia, las amenazas y beneficios del manglar que ellos poseen es muy poco, casi nulo, por lo que no pueden referirse al estado actual de este.

Al comentarles sobre la cantidad de desechos encontrados en las zonas aledañas y dentro del manglar, concordaron en que es una situación grave y un potencial problema de salud que puede desencadenar en criaderos de dengue o chikungunya y afectar directamente la población. Mencionaron que al ser ellos los encargados de la salud de la comunidad tienen autoridad para obligar a la municipalidad a elaborar un plan de recolección de basura y eliminar esos desechos.

Como parte de las acciones tomadas, se interpuso una queja formal, conjuntamente con el Ministerio de Salud ante la Municipalidad por el tema de la basura.

Además, los funcionarios del Ministerio de Salud se comprometieron para realizar una investigación sobre los mayores efluentes y factores que provocan la contaminación, y al mismo tiempo, crear campañas de recolección con los habitantes de la zona, ya que los pescadores que reciben aporte del IMAS deben cumplir con horas de trabajo comunal durante el tiempo de veda. No obstante, cuando se quiso dar seguimiento de estas propuestas y de la denuncia no se obtuvo respuesta.

Finalmente, se realizaron gestiones con el fin de conocer la versión de la Municipalidad y de las acciones que ellos pudieran estar llevando a cabo, de manera directa o indirecta, respecto al estado actual del manglar de Jicaral. A pesar de la insistencia, no fue posible obtener atención de parte de algún funcionario de esta. De igual manera, no se pudo contactar con los representantes de ASEPALECO.

## 4. Discusión

### 4.1. Análisis Estructural

Los ecosistemas de manglar que se encuentran cerca de zonas urbanas se caracterizan por ser muy fragmentados y tener alto efecto de borde ya que están expuestos a la actividad antrópica, ganadera, además de los desechos domésticos y huellas de pisoteo humano (Blanco-Libreros et al. 2015).

La vegetación que se encuentra en estos ecosistemas tiene como particularidad una distribución en línea paralela a la costa, por lo que las especies no se presentarán igual en toda la extensión del manglar, si no que dependiendo de la topografía y de la frecuencia de inundación por marea se da una zonación en la composición de especies, basada en la cantidad de sal que se presente en el suelo (Barreto, 2001). Otra de las características más impresionantes que tienen las comunidades de manglar es su rango de desarrollo estructural, que se ha descrito como una plasticidad estructural que les permite establecerse y desarrollarse en rangos variantes de diferentes parámetros como salinidad o inundación (Lugo et al., 2014).

La estructura vegetal que se da en los ecosistemas de manglar usualmente está definida por los requerimientos ambientales y tolerancia a cierto grado de estrés ambiental y por supuesto, a la interrelación de variables como inundación, salinidad, fertilidad y la saturación de suelo. La respuesta que tengan las diferentes especies a estos factores es lo que permite establecer la zonación o estratificación en la distribución de los manglares (Romero-Berny et al., 2019).

Como se pudo observar la especie dominante en las parcelas muestreadas fue *A. germinans*, esto puede explicarse a que es bien conocida la capacidad de esta especie de prosperar en sitios que tienen condiciones de hipersalinidad, así mismo, en zonas donde se da una variación en microtopografía que permita una inundación somera con una amplitud de marea reducida. Las parcelas B se caracterizaron por presentar únicamente individuos de *A. germinans*, esto se podría relacionar con la adaptación intrínseca a las condiciones ambientales específicas que tiene esta especie por lo que es común que tienda a formar rodales monoespecíficos (Romero-Berny et al., 2019).

Así mismo, *A. germinans* sobresale por ser una especie dominante en los manglares de cuenca, lo que la lleva a estar más expuesta a los cambios en el uso del suelo, principalmente aquellos que han sido sometidos a la ganadería y agricultura (Blanco-Libreros et al., 2015). La dominante presencia de esta especie en el manglar de Jicaral puede ser justificada también por la capacidad que tienen de tolerar diferentes condiciones climáticas y edáficas que le permiten ser dominante en suelos que han estado expuestos a altas concentraciones de sal, esto coincide con lo encontrado por Cruz-Portorreal & Pérez-Montero (2017), en el manglar de Guamá en Cuba.

Otro dato que también se ha documentado es que en los manglares ubicados en zonas áridas, como lo es Jicaral, se da un conjunto de características que unidas aumentan la posibilidad de que *A. germinans* domine la zona. Estas características son una baja precipitación, un bajo nivel freático y una alta evaporación (Mira et al., 2019).

Las otras especies encontradas estuvieron en un bajo porcentaje, Cobián et al., (2013), reportan que especies como *R. mangle* y *L. racemosa* son altamente vulnerables a desastres naturales por lo cual pueden verse seriamente afectadas. No obstante, otros factores como la penetración del mar influyen en el desarrollo y supervivencia de estas especies, ya que el aumento en la salinidad hace que sufran considerables afectaciones. Las anteriores son fuertes razones que explican los claros encontrados en varios sitios del manglar donde se reflejaba en el suelo el exceso de sal, siendo esto un factor grave para el adecuado crecimiento de estas especies.

La poca presencia de *R. mangle* dentro del manglar puede ser explicada debido a que es una especie ampliamente explotada por los diferentes usos que tiene, como producción de carbón, extracción de varas y pilotes de construcción (Blanco-Libreros et al. 2015), como es el caso del manglar de Jicaral, donde los habitantes utilizan los troncos de manglar para la construcción. Así también, se ha registrado que la pérdida de *R. mangle* dentro un manglar está asociada en gran medida al incremento en los procesos erosivos que conducen a la pérdida de árboles y superficies de playa dificultando así la implantación de nuevos propágulos (Chacón et al., 2020).

Otra de las razones que también se puede relacionar con la poca presencia de *R. mangle* es la capacidad que tienen especies como *A. germinans* y *L. racemosa* para desplazar a *R. mangle*, principalmente en bosques que se caracterizan por ser secundarios (Agraz-Hernández et al., 2020).

Una especie que se ve afectada de manera colateral por la tala de *R. mangle*, es *L. racemosa*, que es la segunda opción para talar cuando la especie de *R. mangle* ha disminuido dentro del ecosistema, por lo que en sitios donde hay una disminución de *R. mangle* se da también una baja abundancia de *L. racemosa* con un DAP bajo, en promedio de 4.7 cm, similar a lo encontrado en Jicaral donde la presencia de ambas especie fue relativamente baja (Blanco-Libreros *et al.* 2015).

Está reportado que la tala de *R. mangle* provoca una degradación ecológica críptica, definiendo esto como arboles delgados, baja densidad de propágulos y la dominancia de *L. racemosa* siendo esta una especie oportunista (Rica *et al.*, 2016). Esto podría explicar la abundancia de *L. racemosa* en algunas de las parcelas y podría justificar la baja cantidad de individuos de *R. mangle* encontrados, ya que en Jicaral es común la práctica de la tala de mangle.

Además, *L. racemosa* es una especie que prefiere sitios abiertos donde pueda establecerse y donde la competencia sea baja; es común que se le asocie con procesos de sucesión posteriores a disturbios como la apertura de claros. *L. racemosa* fue encontrada, en mayor abundancia, en parcelas que encajan con esta descripción, lugares que estuvieron sometidos a disturbios como la tala, dejando grandes claros y espacio para su colonización (Romero-Berney *et al.*, 2019).

Una característica adicional que se presenta es que *L. racemosa*, es frecuente en manglares que han sido intervenidos y están cercanos a los caseríos y centros de poblados. Esto puede explicar el que esta especie haya sido la segunda especie con mayor cantidad de individuos encontrada en Jicaral (Mira *et al.*, 2019).

Otras de las condiciones que permite a *L. racemosa* establecerse como la segunda con mayor cantidad de individuos es que tiene una capacidad para crecer bajo una gran variedad de condiciones, por ejemplo, pueden desarrollarse desde suelos arenosos hasta aquellos que tienen depósitos arcillosos, así también, en franjas internas en las cuales el flujo de las mareas es limitado y además pueden tolerar un amplio ámbito de salinidad de 0 a 40. Así mismo, tiene la facilidad de crecer en asociación estrecha con otras especies convirtiéndose en especies dominantes en condiciones de baja salinidad, tal y como se presentó en las parcelas A2 y C2 donde sobresalió con mayor cantidad de individuos (Orjuela-Rojas *et al.*, 2011).

Existe una relación inversa entre *A. germinans* y *L. racemosa*, el desarrollo de esta última se ve favorecido en franjas a lo largo de canales o en las desembocaduras fluviales donde se da una baja salinidad y altos niveles de inundación, mientras que *A. germinans* prospera en sitios inversos, con bajos niveles de inundación y con salinidades mayores (Orjuela-Rojas et al., 2011).

Como se pudo observar, los árboles que se encontraron en este manglar son de una altura baja, no son especímenes de gran tamaño, esto puede ser en respuesta a la afección sufrida por la tala y extracción a la que se vio sometida el ecosistema en el pasado. No obstante, a lo largo del tiempo se ha asociado que la altura del mangle suele disminuir cuando la concentración de sal ha aumentado o la cantidad de nutrientes ha disminuido o bien una combinación de estos dos factores (Cruz Portorreal & Pérez Montero, 2017).

Otra de las razones que se asocia a los bajos promedios de altura es la condición en la que se encuentra el suelo, aquellos que son arenosos y que poseen una alta concentración de sal restringen el desarrollo estructural del bosque. Del mismo modo, se ha encontrado que esta condición de salinidad impide que otras especies, aparte de *A. germinans*, se establezcan exitosamente (Mira et al., 2019).

Mira, et al. (2019), explican que el comportamiento de aquellos bosques de manglar que han sido sometidos a la tala o extracción exhaustiva es presentar árboles con tallas pequeñas que se distribuyen diamétricamente en forma de jota invertida truncada, siendo un ejemplo de este comportamiento el manglar de Jicaral. La altura en los árboles encontrados refleja la afectación en la estructura del bosque y la fuerte reducción de individuos de mayor tamaño, esto debido a la tala y extracción de madera. Además, al estar el ecosistema sometido a estrés por el cambio y el daño recibido la respuesta de los individuos podría ser disminuir su altura (Costa-Acosta et al., 2014).

La gran cantidad de árboles jóvenes (DAP <10) que se encontraron en este manglar puede deberse a la tala de individuos de tallas mayores (DAP ≥10) que se dio por parte de los habitantes para la construcción y ampliación de casas, como pilotes, uso de mangle como carbón, así como la reclamación para el establecimiento de potreros (Carrillo-Bastos et al., 2008).

Carrillo-Bastos et al. (2008), mencionan que hay una relación directa entre el DAP y el grosor de los árboles, en el que en especímenes jóvenes tienen un patrón de crecimiento máximo, donde aumentan el grosor del tronco y su altura hasta cierto diámetro, cuando este es alcanzado el crecimiento se vuelve simétrico, por lo que conforme los árboles se hacen viejos el incremento en altura se ralentiza. Esto puede explicar porque la mayoría de los árboles presentan una altura similar con un DAP entre 4cm y 7cm.

Se ha documentado que los ejemplares con mayor DAP tienen como influencia un ambiente donde hay un gran aporte de agua dulce y una baja salinidad ya que estos factores provocan una reducción en el estrés osmótico favoreciendo el crecimiento (Blanco-Libreros *et al.* 2015). Contrario a lo que experimenta el manglar de Jicaral, donde el daño del que ha sido sujeto a través de los años solo hicieron que reuniera características poco favorables para el crecimiento adecuado del mangle.

Se ha visto una fuerte relación entre la extracción de madera, el diámetro promedio de los árboles y la distancia de los poblados, entre más cerca esté el pueblo mayor extracción de individuos y por ende permanencia de árboles con menor diámetro (Mira et al., 2019). Blanco-Libreros *et al.* (2015), consideran que un manglar se encuentra en buen estado estructural cuando hay individuos que tienen un DAP > 7cm, principalmente de especies como *R. mangle* y *L. racemosa*. Basado en esto no se puede afirmar que Jicaral sea un manglar en buen estado, su promedio de DAP de 5cm, con especímenes jóvenes, pero sí se podría sugerir que se encamina a esto y que se está recuperando.

Al igual que con la altura, los bajos valores de diámetro solo reafirman el daño y la alteración que sufrió este ecosistema, la sobreexplotación de las especies para la extracción de madera, así como la influencia negativa proveniente de la construcción de carreteras y desarrollo de la comunidad que interfieren en los regímenes hidrológicos y en la compactación del suelo (Costa-Acosta et al., 2014).

La altura y el área basal tienen una relación inversa con la salinidad y la disponibilidad de nutrientes, estos factores disminuyen cuando la salinidad aumenta y la cantidad de nutrientes disponibles se reducen, tal y como se encontró en este estudio, donde los valores de altura y área basal fueron bajos. Cuando el aporte de agua dulce es bajo, la cantidad de nutrientes que llega al manglar es poca y se da una acumulación de sales en el sedimento afectando la estructura de las comunidades es por esto que se da

una variación en la composición y la altura, aquellos individuos que se encuentran en zonas con menor aporte de escorrentía tienen un menor desarrollo estructural mientras que en sitios donde el aporte de lluvia es mayor y la cantidad de ríos que drenan hacia la costa es más grande y tienen un mayor desarrollo (López et al., 2011; Romero-Berny et al., 2019).

Formaciones de manglar que poseen altas densidades y bajas áreas basales son clasificadas como bosques poco desarrollados, ya que presentan características como ausencia de propágulos y escasa regeneración natural, las cuales son productos de las desfavorables condiciones del suelo, ocasionado por la compactación debido a la exposición directa al sol, escasa vegetación por la tala excesiva y el déficit hídrico, lo que dificulta el desarrollo de un sistema radicular complejo (Orjuela-Rojas et al., 2011).

Otra de las relaciones importantes dentro de la estructura vegetal es la que tienen el área basal y la densidad, estos dos son importantes indicadores del desarrollo y la estabilidad del manglar ya que conforme el rodal envejece los árboles obtienen un área basal mayor y menor cantidad de árboles (Tellez-García & Valdez-Hernández, 2012). En Jicaral se encontró todo lo contrario, altas densidades con áreas basales pequeñas, lo que permite afirmar que en efecto este manglar se encuentra en un estado de regeneración.

El índice de complejidad (IC) es una medida que integra las características de composición o estructura y cuantifica el grado de desarrollo del bosque, los valores bajos de este parámetro están relacionados con la cantidad de especies que estén en el bosque, a menor cantidad de especies menor valor (Tovilla-Hernández et al., 2009). Es un índice sensible a la densidad, el área basal y a la altura, individuos con grandes alturas harán que el índice sea mayor (Velázquez-Pérez et al., 2019). En Jicaral se encontraron tanto valores bajos de altura como baja cantidad de especies, por lo que es normal que el IC sea bastante bajo, ya que demuestra que el bosque de manglar es pobre en cuanto a diversidad y estabilidad.

Un índice de complejidad con valores de uno o menos, es reflejo de una mayor densidad de individuos jóvenes y muy pocos o nulos individuos viejos, lo que podría indicar que el manglar se encuentra en regeneración como producto de los disturbios en pequeña escala que a su vez permiten el establecimiento, reclutamiento y crecimiento del manglar por medio de las aperturas del dosel (Sherman et al., 2000).

En cuanto al índice de valor de importancia, este representa la importancia relativa de cada una de las especies. En este manglar el mayor IVI lo obtuvo *A. germinans*, debido a que fue la especie que se encontró en cada una de las parcelas. Como ya hemos comentado, esta especie prospera en depresiones propensas a la hipersalinidad, ya que tiene la habilidad de encontrar un óptimo desarrollo en estos ambientes. Torres et al., (2017), también encontraron el mismo resultado en el manglar de la Laguna Mecoacán, ellos afirman que esta especie es capaz de desarrollarse en sitios donde hay sedimentos reducidos, pero bajo la condición de que las vías para la aireación de las raíces de cada individuo sean funcionales.

Otro de los motivos que podría explicar porqué *A. germinans* es la especie de mayor importancia dentro del manglar, es que esta puede retoñar incluso después de un impacto fuerte como un huracán, debido a que se adapta de muy buena manera a las condiciones del ecosistema, lo que la convierte en una especie ideal en cuanto a la capacidad de resiliencia y regeneración natural que tienen estos ecosistemas (Ward et al., 2016).

## **4.2. Análisis del suelo y agua intersticial**

### **4.2.1. Granulometría**

En un bosque de mangle la distribución, composición y cantidad de sedimentos es determinante, ya que las raíces y los neumatóforos constituyen eficientes trampas de sedimento que pueden afectar el desarrollo del ecosistema (Benavides et al., 2015).

El sedimento de manglar se distingue porque es predominantemente orgánico hasta alrededor de un metro de profundidad, pero, por debajo de este lo que se encuentra es tierra de textura arcillosa (Barboza et al., 2006). No obstante, en las zonas más someras o estancas el sedimento es más arenoso ya que la deposición de sedimentos está determinada por las condiciones energéticas de un ecosistema y es en esta zona en específico que existe una menor capacidad de transporte por la corriente (Tenorio & Timaná, 2017).

Es decir, los suelos de manglar se caracterizan por tener un alto contenido de agua, de sal, un contenido de oxígeno bajo y un alto nivel de materia orgánica. Los terrenos fangosos y aluviales, que se forman principalmente por la sedimentación de las partículas del suelo que son transportadas por el agua, son sitios típicos en los que se desarrollan los manglares (Olguín et al., 2007).

También se ha descrito que los suelos de los manglares tienden a ser arenolimosos, ya que estos son suelos óptimos para el buen desarrollo del mangle debido a que están compuestos principalmente por fracciones finas (limo + arcilla), aunque se ha visto que en algunos casos las fracciones arenosas también están presentes principalmente cuando estos están cerca de esteros próximos a barreras arenosas (Agraz-Hernández, 1999).

La variedad en el tamaño de las partículas de sedimento que se observó en este estudio puede relacionarse con la acción de las olas con el sedimento, el fuerte oleaje conlleva a la presencia de partículas más grandes pero no indica que esta dinámica mareal o corrientes sea constantes ya que hay presencia de partículas finas. Por ello, la diversidad en la composición de partículas que definen los parámetros granulométricos se puede explicar por los niveles de energía bajos, dado que las corrientes atenúan sus velocidades por la amplitud del cauce del estero, siendo la deposición de materiales finos la que determina asimetrías positivas y selecciones pobres (Bejarano et al., 1993).

En algunas de las parcelas se observa un mayor porcentaje en las partículas con mayor tamaño, esto puede deberse a que Puntarenas posee una barra arenosa con una dirección que va de este a oeste, una longitud de 7 km, y una altura de 3 m y es parte del sistema estuarino del Golfo de Nicoya, la cual aporta sedimentos grandes por medio del transporte por el oleaje y corriente de mareas (Denyer et al., 2004). Otra posible explicación de la presencia de partículas grandes podría ser la ocurrencia de algún fenómeno meteorológico durante la formación del suelo de manglar.

Y es que las corrientes marinas, las mareas y el oleaje provocan una redistribución litoral de los sedimentos lo que favorece una composición mayor de arenas o partículas gruesas. Sin embargo, la acumulación de sedimentos arenosos puede obstruir las lenticelas e impedir el intercambio de oxígeno entre el aire y las estructuras internas del árbol. Así también, la arena en grandes cantidades provoca una pérdida del bosque de manglar ya que la baja cohesión de esta ante el impacto de las olas afecta la capacidad de

capturar, retener y almacenar sedimentos por parte de los árboles ocasionando un retroceso de la línea de la costa (Benavides et al., 2015).

Por otro lado, los sedimentos con textura del tipo arenoso, suelos donde predomina el porcentaje de arena, se distinguen porque las partículas arenosas aumentan el tamaño de los espacios porosos, lo cual facilita el drenaje de agua en el suelo (rapidez de infiltración del suelo) así como el arrastre de nutrientes por la circulación del agua. De igual manera, facilita la escorrentía, aumenta el tamaño de los espacios de los poros entre las partículas, lo que favorece el lavado de nutrientes del suelo, así que lo poco de ellos que quedan retenidos son aprovechados por los manglares por su capacidad de plasticidad y de ser oportunistas de nutrientes (Ongay, 2016).

Ahora bien, no solo se encontraron partículas gruesas, sino que también presencia de partículas finas como lo es la arcilla y los limos. Los suelos con textura más fina tienen del 40 al 60% de espacio poroso, es la porción de suelo que no está ocupada por partículas sólidas, sino por agua y aire (Ongay, 2016).

Los suelos que cuentan con arcilla dentro de su composición se ven favorecidos, debido a que esta ayuda al buen drenaje, así como un aumento de la penetración de las raíces para tener una mejor asimilación de nutrientes, favoreciendo al desarrollo y mayor productividad primaria. Así mismo, se sabe que terrenos donde hay presencia de partículas finas como limos se caracterizan por sentirse suaves al tacto semejantes a polvo, además de que tienen gran capacidad de retener agua, tienen poca tendencia a reunirse o adherirse a otras partículas, permitiendo el flujo del agua (Ongay, 2016).

#### **4.2.2. Nutrientes**

El manglar se describe como una asociación vegetal costera característica de los trópicos y subtrópicos que tienen ciertas propiedades morfológicas y fisiológicas comunes, como por ejemplo, adaptación a sustratos inestables, tolerancia al agua salada, adaptación para el intercambio de gases en sustrato de bajas concentraciones de oxígeno y reproducción de plántulas capaces de flotar al ser transportadas por el agua (Cantera, 1997).

Los manglares se caracterizan por su ocurrencia a lo largo de gradientes ambientales, por ejemplo, ellos responden a los gradientes latitudinales de temperatura y salinidad del suelo. Es por esto que, entender las respuestas de estos ante los gradientes y cambios ambientales es fundamental para comprender la presencia de especies en una zona, así como el éxito que tengan los programas de restauración y reforestación (Lugo et al., 2014).

En el trópico, los manglares se caracterizan porque pueden prosperar en sitios donde hay condiciones de estrés, siendo una salinidad variable, un porcentaje de oxígeno disuelto oscilante debido al cambio en el periodo y duración de las inundaciones y las condiciones de radiación algunas de ellas. Pero, principalmente la disponibilidad de nutrientes que limita la capacidad competitiva y productiva que tienen estos ecosistemas (Lugo et al., 2014).

Los perfiles de nutrientes en un ecosistema de manglar están determinados por la influencia de dos factores principales, la degradación de los ecosistemas por la actividad humana y la influencia hidrológica del sistema (Tripathy et al., 2005). Por otro lado, los procesos microbianos anaeróbicos y aeróbicos son fundamentales para el reciclaje de nutrientes dentro del ecosistema, debido a que estos favorecen la degradación de la materia orgánica generando un aumento en la energía, nitrógeno, proteínas y sustancias húmicas muy recalcitrantes, descomponiendo la materia orgánica compleja y liberando materia inorgánica simple (Holguin et al., 1992).

Los altos valores de silicatos presentes en las muestras pueden estar relacionados con la intrusión de agua del tipo costero, ya que es en este tipo de aguas donde se da la disolución de diatomeas, dejando libre el sílice del cual se componen, por lo que al llegar este tipo de aguas al manglar se da el aporte de este. Además, Tenorio y Timaná, (2017), en su estudio reportan de igual manera altos valores de silicatos en los manglares de Perú, esto debido a que las aguas tropicales (aguas dulces) normalmente se componen en gran parte por sílice debido a que son pobres en electrolitos por lo que el aporte de estas aguas al manglar hace que los valores de este nutriente se eleven. Así mismo, la muerte de organismos y la descomposición de materia orgánica favorece que el sílice se encuentre en el agua intersticial.

Los fosfatos también se encontraron en gran cantidad, esto está relacionado con la presencia de bacterias y hongos en el ecosistema, ya que estos solubilizan los

compuestos complejos de fósforo, haciendo que estos estén disponibles para las plantas (Sosa-Rodríguez et al., 2009). Así mismo, se ha comprobado que procesos de mineralización de la materia orgánica que se encuentra en el manglar y la disolución de las fases sólidas del fósforo hacen que se encuentre disponible en el agua intersticial (Ramanathan et al., 2008).

Las altas concentraciones de fósforo en el manglar pueden estar relacionadas con el efecto concentrador de la transpiración del manglar y a la retención de cationes (Barboza et al., 2006). Aunque tampoco se puede dejar de lado la influencia que tienen las actividades antrópicas en la concentración de fosfatos, ya que indirectamente los residuos de detergentes y fertilizantes, así como el uso de abonos agrícolas con fósforo aumentan la concentración de este nutriente en el ecosistema (Tenorio & Timaná, 2017), lo cual también coincide con la actividad agrícola relativamente intensa que se practica en las zonas aledañas a Jicaral, particularmente en la microcuenca del Río San Pedro, que drena directamente en la zona de estudio.

Los niveles de  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$  que se pueden encontrar en un manglar están relacionados con procesos como la difusión, oxidación y reducción del sistema dependiendo de su localización, principalmente por la producción y consumo de oxígeno en el sedimento (Meyer et al., 2005). En los manglares la respiración bacteriana toma lugar en las zonas anaeróbicas, utilizando grandes cantidades de  $\text{NO}_3^-$  como aceptores finales de electrones, sin embargo, cuando el suelo no tiene una buena oxigenación, el nitrato es tomado del agua reduciendo así su presencia en el agua intersticial (Olguín et al., 2007). Así mismo, los extremadamente bajos niveles de oxígeno y el potencial redox muy negativo afectan directamente el ciclo del nitrógeno provocando que el nitrito no pase a nitrato, lo cual podría ser otra razón que explique lo encontrado para el nitrato.

Los resultados obtenidos muestran que el nivel de nitratos puede estar relacionado con la presencia de comunidades reductoras, este nutriente presenta respuesta a las condiciones ambientales divergentes por las que el ecosistema atravesó en el pasado y aún atraviesa (Balk et al., 2015).

La ruta del nitrato se reduce a productos finales gaseosos o a la producción de amonio y este depende del suministro de nitrito, mostrando una relación de nitrato presente en el tiempo de generación microbiana. En condiciones donde la cantidad de nitrato es mayor que la de nitrito en un tiempo de generación relativamente alto, se ha

visto que prevalece la amonificación de nitrato, lo que hace pensar que esta es una fuente escondida de la producción de nitritos (Balk et al., 2015).

Otra razón probable es que ocurra producción de amonio y nitrito de manera simultánea durante el crecimiento anaeróbico en nitrato, es decir que, en un entorno limitado por nitratos, como los suelos de los manglares, una producción concomitante de nitrito y amonio por las células permanecerá oculta, ya que el nitrato se utilizará inmediatamente como un receptor de electrones alternativo para la oxidación del carbono (Balk et al., 2015).

El predominio de  $\text{NH}_4^+$  en el manglar puede deberse a las altas tasas de amonificación en relación con otros procesos de transformación de nitrógeno. Otra posible explicación radica en la tasa de descomposición de materia orgánica, que al haber una falta de oxígeno disuelto esta tiende a ser baja, provocando que los niveles de  $\text{NH}_4^+$  suban (Arias, 2018). Adicionalmente, el amonio es la principal manera de excreción por parte de los animales por lo que los valores encontrados también pueden deberse a los microhábitats asociados a las raíces o a la capa oxigenada del suelo poroso que permite la oxidación del nitrógeno, otra posibilidad se relaciona con la mineralización que sufre el amonio (Tam & Wong, 1998).

Así también, se ha asociado el aumento de este nutriente a la fuente y origen de las aguas propiamente, ya que en las zonas costeras, factores como las aguas residuales domésticas e industriales, la escorrentía de los suelos agrícolas y las descargas superficiales de los ríos en conjunto con la precipitación atmosférica provocan un incremento considerable en la concentración del amonio (Gómez, 2013).

### **4.2.3. Parámetros Físicoquímicos**

Los parámetros físicoquímicos, como lo son el  $\text{O}_2$  disuelto y el pH, son indicadores claves en un cuerpo de agua para determinar si este está enriquecido orgánicamente, ya que la cantidad de materia orgánica presente juega un papel importante en la actividad biogeoquímica y el tiempo de residencia de los cuerpos de agua. También, la disponibilidad de los nutrientes está afectada por factores como la salinidad y el pH. El gradiente de oxígeno que presentan las aguas estuarinas, como lo son las de los manglares,

está definido por la estratificación, que a su vez está definida por los vientos, la marea y la carga de materia orgánica (Collin, 2018).

Normalmente en los bosques de manglar el pH suele ser básico y puede sufrir afectaciones cuando hay una sustitución o cambio en el uso del suelo por actividades agrícolas. En este estudio se encontraron valores neutros ligeramente básicos, que podría indicar que las aguas están libres de contaminantes y son estables para la continuación de procesos biológicos pese a la influencia de la comunidad cercana y sus actividades (Díaz López, 2018) . Estos valores de pH se ven favorecidos por la circulación subsuperficial de la marea.

Un pH ligeramente básico se debe en gran medida a las condiciones del suelo, por ejemplo, sedimentos con poco drenaje y una alta tendencia a la acumulación de arcillas suelen presentar valores de pH de 7.2 en el agua intersticial (Agraz-Hernández, 1999). Este nivel de pH favorece la asimilación de nutrientes para el crecimiento, desarrollo y gran productividad primaria de los manglares (Ongay, 2016).

Estudios recientes afirman que el potencial redox puede no ser un factor determinante con la zonación de manglar. Esto concuerda con lo encontrado en este sitio, donde el potencial redox pese a sus valores negativos no condicionó la presencia de las especies, además al no haber diferencias significativas entre las parcelas, se reafirma que no hay una relación entre las especies y este parámetro. Un caso parecido a esto se encontró en el estudio de Carrillo-Bastos et al. (2008), donde descubrieron que no hay una conexión entre la dominancia de especies y el potencial redox, sin embargo, ellos mencionan que factores como alteraciones en el sedimento y el intercambio por arrastre de estos sí que pueden estar íntimamente relacionados con los valores del potencial redox. Lo anterior podría explicar los valores encontrados, ya que estos cambios provocarían que el agua contenida en los intersticios del suelo actúe como reductor.

La temperatura registrada es considerada como cálida, esto se podría deber a que las aguas que provienen de canales secundarios suelen permanecer un mayor tiempo dentro de estos, lo que las hace conservar su temperatura por más tiempo provocando así que los valores se mantengan (Collin, 2018).

Así mismo, la temperatura entre las parcelas no presentó diferencias significativas, esto se puede deber probablemente a que esta variable está relacionada con

otros agentes modulares como lo son la irradiación solar, la luz y el movimiento de agua, por lo que el valor encontrado puede estar relacionado con la influencia de estos factores (Echeverría-Ávila et al., 2019).

La concentración de sal en un ecosistema de manglar está condicionada por varios factores como la estacionalidad, el aporte de agua continental, la amplitud de la marea y la altura. Ya que el aumento en el flujo de agua en los manglares, proveniente de las variaciones estacionales que aportan los ríos, canales y escurrimientos de tierras arriba, pueden ser la diferencia entre un ecosistema estructuralmente desarrollado y uno hipersalino achaparrado. Un ejemplo de esto se pudo observar en este estudio donde la salinidad fue alta y las alturas de los arbustos fueron bajas, principalmente de *A. germinans*, lo que permite afirmar que la salinidad tiene influencia directa sobre la altura de cada especie (Olguín et al., 2007; Díaz López, 2018).

En este estudio se encontraron altas concentraciones de sal que se pueden relacionar con áreas que sean topográficamente más elevadas, que pueden condicionar mayor estrés de sequía durante el año, debido a que los aportes de agua dulce por escorrentía terrestre es bajo (Barboza et al., 2006).

De igual manera, la alta concentración de sal encontrada también se explica con la alta evaporación que se da y la poca afluencia de agua, esto porque, cuando la marea sube, el agua se queda empozada en el manglar, pero esta se va evaporando conforme va pasando el día dejando la sal en el mangle sin ningún otro aporte de agua que genere dilución, por lo que al volver a subir la marea aporta gran cantidad de sal y durante el día el agua se va evaporando dejando la sal dentro del manglar, al subir nuevamente la marea este mismo proceso se repite, aportando nuevamente gran cantidad de sal (Tenorio & Timaná, 2017). Además, si a esto se le suma que esta área aún puede presentar efectos secundarios como acumulación de sal en el suelo debido al uso de salina del cual fue objeto por un largo período de tiempo dará como resultado las altas concentraciones encontradas.

Se ha visto que las áreas de manglar que reportan mayor salinidad son aquellas asociadas a canales, principalmente secundarios, cercanos a la boca del estuario que favorecen la intrusión del agua salada desde el mar. Sin embargo, estos canales al ser secundarios también presentan una tasa de evaporación más alta debido al tiempo de

residencia de las aguas, provocando que la sal permanezca en el ecosistema (Collin, 2018).

Los manglares son considerados verdaderas especies halófitas por lo que las concentraciones de salinidad altas no son problema para su establecimiento y desarrollo, ellas pueden completar su ciclo biológico bajo condiciones de salinidad que pueden ir desde el agua casi dulce hasta tres veces la concentración del agua de mar (Collin, 2018).

Los niveles de oxígeno podrían relacionarse con la cantidad de materia orgánica que haya en la columna de agua y en los sedimentos. Cuando se dan bajas concentraciones de oxígeno disuelto se asocia con altas demandas de este debido a los procesos respiratorios aeróbicos de la materia orgánica, así mismo, estas zonas presentan una menor probabilidad de ventilación y recirculación de agua. Al mismo tiempo, los gradientes significativos de oxígeno están controlados en gran parte por la estratificación, en función de la mezcla de la marea, vientos y la carga orgánica (Collin, 2018).

Esta reportado que cuando es época de lluvias o temporada húmeda las concentraciones de oxígeno suelen ser altas debido al flujo y reflujo que se provoca en las aguas. Sin embargo, las concentraciones de oxígeno encontradas en este estudio fueron sumamente bajas, lo que más bien puede estar asociado a que existe poca circulación debido a las escasas corrientes y la baja ventilación del agua (Collin, 2018).

Los valores bajos de oxígeno coinciden con los encontrados por Díaz (2018), donde reportó valores por debajo de 1 mg/L. Esto puede estar relacionado probablemente con la presencia de fósforo en el agua, ya que este elemento es considerado como un factor limitante para la proliferación y subsistencia de la vida acuática sobre todo con los fosfatos, se ha visto que el aumento de este nutriente conlleva a una disminución del oxígeno disuelto debido al incremento en las tasas metabólicas creando una posible eutrofización del manglar.

## **4.3.Flora y Fauna Asociada**

### **4.3.1. Flora**

La diversidad florística marginal que caracteriza al ecosistema de manglar responde a características como la topografía, hidrología y geomorfología que existan en cada manglar. Las especies vegetales que logran establecerse, a pesar de estas circunstancias, son aquellas con la capacidad de adaptarse exitosamente a las condiciones de este tipo de hábitat. Empero, la mayor incidencia de esta vegetación se da en los límites del manglar, fundamentalmente en aquellas zonas donde existe la tala de mangle o bien, registran algún tipo de perturbación humana (Costa-Acosta et al., 2014).

Como ya es conocido, los manglares se desarrollan en ambientes donde las condiciones ecológicas son especiales y a partir de las cuales las diferencias fisionómicas de las especies y las interacciones con otros ecosistemas cercanos crean la oportunidad perfecta para que se den las asociaciones entre comunidades vegetales. Las especies arbóreas que están relacionadas con los manglares provienen de arbustos xerófilos y tiene comportamientos facultativos que promueven la asociación con el mangle (Guzmán et al., 2006; Cumana et al., 2010).

La vegetación marginal o asociada al manglar sean estos, árboles, arbustos, lianas, hierbas, entre otros, comparte los mismos elementos a lo largo de América Latina y el Caribe. Las hierbas, por ejemplo, utilizan el mismo espacio que el manglar gracias a que estas pueden desarrollarse en sitios tanto psamófilos como halófitos, típicos del litoral, sin embargo, es más común verlos en lugares un poco más despejados, lejos de la sombra y en niveles más elevados de gradientes donde sea menos afectados por las mareas (Guzmán et al., 2006; Cumana et al. 2010).

Es importante resaltar que un bosque de manglar sin vegetación asociada no sería un ecosistema como el que conocemos hoy en día. La vegetación asociada aporta riqueza, biodiversidad de manera integral, además de un funcionamiento más exitoso del ecosistema. Ayuda a contrarrestar el daño provocado por los impactos que llegan desde la tierra, mejora su valor biológico, económico y social, propicia la diversificación de nichos y amplitud de hábitat; consecuentemente una alimentación más diversificada, que promueve la llegada de mucha más fauna (Guzmán et al., 2006).

En ese sentido, no es posible obviar el impacto que ha sufrido el ecosistema, la alteración en el contorno por acciones antrópicas como tala, construcción de viviendas, trillos y caminos que son bastante visibles. Arbustos secos, troncos muertos, árboles cortados, favorecen la presencia de otras especies que han propiciado el deterioro de la composición florística de la zona y la fragmentación del hábitat.

Sobre esta base, continuar con el monitoreo y realizar muestreos más exhaustivos de la vegetación asociada es fundamental para puntualizar medidas pertinentes para su recuperación, proteger y conservar su funcionalidad ecosistémica, a partir del seguimiento a las variaciones en la biodiversidad y considerando indicadores específicos, acorde con las condiciones y características del sitio.

#### **4.3.2. Fauna**

Normalmente, la distribución y abundancia de los organismos está dado fundamentalmente por variables como la calidad del agua, el sustrato y sus variaciones estacionales; así como la variabilidad en los factores fisiográficos determinan la disponibilidad de alimento y hábitat (Huaylinos et al., 2002).

La abundancia relativa de nutrientes en los ecosistemas es una de las características mejor aprovechadas por diversos organismos, ya sean, mamíferos, aves, peces, moluscos o reptiles. Empero, cuando estos se ven alterados por la deforestación y la contaminación, se reduce la posibilidad de crear microhábitats para la fauna bentónica que modifiquen las características físico-químicas y que permita la vida en el ecosistema (Blanco & Castaño, 2012; Cedeño et al., 2010).

Uno de los grupos de animales que se encuentran en mayor cantidad en los manglares son las aves, esto es gracias a que estos ecosistemas son empleados como sitios de tránsito durante las migraciones estacionales ya que tienen una disponibilidad de hábitats y nichos que sirven como sitios de descanso y punto de alimentación (Urueta et al., 2010).

Un ejemplo de este comportamiento migracional, son las gaviotas, correlimos y aves playeras, que suelen llegar a las camaroneras o estanques en busca de presas fáciles de las cuales alimentarse, debido a que los sitios donde usualmente ellas consiguen su

comida, bancos lodosos en ríos y esteros, están fuertemente contaminados, disminuyendo la cantidad de alimento disponible, convirtiendo a las camaroneras en puntos accesibles para encontrar comida y así subsistir (Sandoval, 2013; Stiles & Skutch, 2007).

La presencia de aves cumple un papel trófico elemental dentro de los ecosistemas de manglar, esto gracias a los diferentes hábitos alimenticios y tipos de dieta. El alimento va desde invertebrados, vertebrados pequeños, peces, semillas como *Zenaidura macroura* hasta las que son carroñeras como por ejemplo *Coragyps atratus* y *Cathartes aura* (Jiménez, 1994), que la alimentación sea tan variada permite un reciclaje continuo de nutrientes en el ecosistema.

Las aves son indicadores de la salud de un lugar, por lo que encontrar ejemplares característicos que sean habituales o temporales, como *Setophaga peregrina*, *Amazilia manglerae*, entre otras, solo refleja la riqueza del ecosistema, ya que muestra la diversidad y disponibilidad de alimento y refugios para la anidación, como en *Amazilia boucardi* (Stiles & Skutch, 2007).

Además de las aves, los manglares son parte fundamental en el ciclo de vida de otros grupos faunísticos como los peces, moluscos y los crustáceos, ya que brindan alimento y protección en sus diferentes etapas de vida. En peces está documentado que las larvas y los juveniles emplean los manglares como guarderías antes de iniciar sus migraciones ontogénicas hacia otros de sus hábitats, así también, sirven como sitios de desove y crianza para pargos y roncós, convirtiendo estos ecosistemas en lugares elementales para su desarrollo de vida (Berkström et al., 2013).

La presencia de grupos específicos dentro de los manglares está determinada por diferentes factores, por ejemplo, los crustáceos y moluscos, quienes son de los grupos comunes, dependen de la temperatura, salinidad, pH, y el potencial redox. Sin embargo, los posibles disturbios antropogénicos han sido de las razones principales de su disminución en estos ecosistemas (Márquez & Jiménez, 2002; Willis & Cortés, 2001).

En este estudio se encontraron varias especies de moluscos, esto se puede explicar debido a que estos cuentan con un amplio rango de nichos ecológicos, muchos de ellos se encuentran en los árboles, principalmente troncos y raíces, que son utilizados como sistema de defensa contra depredadores, pero también muchos de ellos prefieren el suelo, por ser un sustrato lodoso. Familias como Littorinidae son comúnmente encontradas en

el mangle, siendo este uno de los grupos dominantes, su distribución está relacionada con la exposición mareal, la luz, y el tipo de sustrato. Se ha documentado también que en géneros como *Littoraria* y *Cerithidae* el tamaño de la población se regula por las especies de manglar presentes, ellas prefieren especies como *R. mangle* o *A. germinans*, las dos especies más encontradas en las parcelas de Jicaral (Sanpanich et al., 2004; Nagelkerken et al., 2008).

Otro de los grupos frecuentes son los crustáceos, estos se destacan porque no tienen un ciclo de vida completo en el manglar si no que, están de manera transitoria, son organismos oportunistas que se establecen cuando las condiciones de alimento y ambientales son las óptimas. Romero-Murillo & Polanía (2008), han documentado que muchos de los crustáceos que están en los manglares, son perforadores, es decir, son organismos que se establecen en las raíces y abren huecos en ellas para encontrar ahí el sustento, el cual puede ser la raíz misma, el sedimento que se adhiere a ellas o bien algún organismo que llegue a la raíz.

La presencia de crustáceos es un buen indicador del estado del manglar, ya que, si el sustrato no contara con los nutrientes necesarios, estos organismos no estarían presentes. Además estos ayudan a mejorar la aireación del suelo al realizar las excavaciones, así mismo, ayudan a la circulación de nutrientes ya que al macerar la hojarasca favorecen el ataque microbiano, otro papel importante son sus heces que funcionan como sustrato para la microbiota (Holguin et al., 1992; Smith et al., 1991).

Los mamíferos observados fueron mapaches, ardillas y armadillos principalmente. Los mapaches son individuos que se adaptan a cualquier ambiente, su variada dieta que incluye ranas, reptiles, peces, crustáceos, insectos, entre otros, le permite adaptarse a cualquier ambiente, por eso no es raro verlos dentro del manglar (Lotor et al., 2000). Otro de los animales que también se adecúan fácilmente a cualquier ambiente son las ardillas, su presencia en el manglar también está relacionada con su adaptabilidad y alimentación, las ardillas en especial se alimentan de la vegetación asociada al manglar utilizando este como una vía para llegar a los cultivos o plantaciones de banano, coco, mango y papaya (Monge & Hilje, 2006). El armadillo también es una de las especies importantes dentro del manglar su alimentación se basa en reptiles, hormigas, gusanos e insectos, por lo que desempeña una función trófica fundamental (Zamorano & Scillato-Yané, 2008).

Pese a los datos encontrados, es necesario establecer estudios y monitoreos constantes que permitan identificar las variaciones en la biodiversidad que sirvan como indicadores del estado y salud del ecosistema, así como también, el papel que este juega en el desarrollo y éxito de los procesos de regeneración.

#### **4.4. Recuperación y regeneración natural del ecosistema**

La pérdida de áreas de manglar en su mayoría está asociadas a la fuerte presión antropogénica que recibe el ecosistema. Se ha observado que en zonas donde las áreas urbanas circundan el manglar, la tasa de deforestación es más alta, lo que ha sido evidenciado en estudios de Estrada-Urrea 2014, Ruiz-Duque 2013, FAO 2008, Fries 2013 e Hiraes-Cota *et al.* 2014 citados en Blanco-Libreros *et al.*, (2015). Esto se puede comprobar gracias a las comparaciones de fotografías satelitales que reflejan como las áreas boscosas de mangle han sido taladas para establecer asentamientos urbanos, cultivos o caminos, tal como aconteció en el pasado con el manglar de Jicaral, pero imágenes recientes reflejan cómo, paulatinamente muchas áreas del manglar se han recuperado.

La regeneración de manglar es considerada una de las estrategias claves para la conservación de estos ecosistemas y la recuperación de los servicios que estos brindan a la comunidad. Esta no solo está condicionada por factores como la disponibilidad de nutrientes, salinidad, períodos de inundación, sino que también está fuertemente influenciada por la cantidad de luz que penetra el sotobosque, que a su vez depende de la cobertura relativa del dosel, la caída de árboles muertos y la extracción selectiva (Sánchez-Moreno *et al.*, 2019).

Los parches de regeneración que se observaron estaban constituidos por *A. germinans*, esto puede estar relacionado con la disponibilidad de semillas y el éxito en la germinación de las mismas según las condiciones del sustrato, adaptabilidad a la disponibilidad de nutrientes, salinidad, compactación del suelo (Cruz Portorreal & Pérez Montero, 2017). En un estudio realizado por Romero-Bermy *et al.* (2019), se encontró que la especie *A. germinans* presenta un mayor crecimiento de plántulas y un mejor desarrollo cuando el dosel es cerrado mientras que *L. racemosa* presenta tasas más altas de germinación y sobrevivencia bajo condiciones de luz altas.

Se ha demostrado que los propágulos de *A. germinans* tienen la capacidad de establecerse en áreas abiertas o ligeramente sombreadas por mangles adultos que tengan sedimentos húmedos con una concentración de sal variable en el agua intersticial (Lugo et al., 2014). Esto podría explicar el porqué del área escogida para desarrollar la técnica de siembra de propágulos, ya que se observaron ciertos arbustos de *A. germinans* en claros amplios y con alta exposición a la luz.

Pese a esto, el proyecto de restauración por medio de la siembra de propágulos, liderado por FUNDECODES en Jicaral de Puntarenas no ha tenido gran éxito, la mortalidad que experimentan año con año es mayor, y es que no solo se realizó siembra de *A. germinans* sino que también se experimentó con especímenes de *R. mangle*. En este caso se ha reportado que esta especie no es capaz de establecerse en sitios donde las condiciones no son las ideales para su desarrollo (Sánchez-Moreno et al., 2019). Esto explica el fracaso en el proyecto, ya que los sitios escogidos dentro del manglar de Jicaral no reúnen características favorables para esta especie, debido al cambio en el uso del suelo que ha sufrido durante años.

Así mismo, aunque no se dispuso de datos específicos la evidente baja sobrevivencia y el limitado crecimiento de las plántulas sembradas son el resultado del estrés salino al que están sometidas en el área. Cuando la zona no posee aportes de aguas continentales y depende solo del agua de lluvia para diluir el terreno, esto se vuelve insuficiente ante una exposición a altos niveles de salinidad como principal limitante para el asentamiento, afianzamiento y desarrollo de las plántulas (Valle et al., 2011).

La siembra directa con propágulos, en zonas de manglar que han sido perturbadas anteriormente solo funcionará cuando las condiciones ambientales originales no han sido modificadas. Cuando se desea poner en marcha un proyecto de restauración se recomienda la siembra de plántulas, ya que tiene mayor probabilidad de sobrevivencia, esto debido a que estuvieron en un vivero con anterioridad y han pasado por un tiempo de preadaptación a condiciones similares al sitio donde se piensa hacer la siembra. El porcentaje de sobrevivencia de plántulas silvestres es de un 20% a 25% en *Rizophora* y un 30% a 40% en *Avicennia*, mientras que las plántulas de vivero tienen de 75% a 80% para *R. mangle* y 80% a 90% para *A. germinans* (Flores-Verdugo et al., 2005).

En contraposición, la técnica de apertura de canales ha resultado más favorable, teniendo como premisa el determinar el curso hidrológico natural, que permitirá

restablecer los flujos de agua mediante canales que puedan ser reabiertos y realimentar los flujos de agua, de manera que el manglar por si solo comience a restaurarse. Sánchez et al. (2019), mencionan que el analizar las causas del deterioro del ecosistema junto con las variables físicas y ecológicas, permitirán la planificación de intervenciones dirigidas a devolver las condiciones originales y fomentar el crecimiento natural de los árboles.

La regeneración natural a partir de la apertura de canales o bien la reconexión hidrológica provoca un aumento en la dispersión e incorporación de especies de manglar en las zonas degradadas ya que ayuda a que los propágulos más pequeños puedan dispersarse a mayor distancia de los árboles madre. Está reportado que *A. germinans* es la especie con mejor dispersión debido al tamaño de sus propágulos que le permite moverse en toda el área (Echeverría-Ávila et al., 2019).

Otros de los beneficios que trae la restauración hidrológica para el manglar es que cambia de manera positiva las condiciones fisicoquímicas del suelo, esto debido al ingreso y salida frecuente de agua a la zona de restauración por medio de los canales de marea rehabilitados. Este tránsito de agua hace que las variables ambientales del sitio vuelvan a tener valores cercanos a los originales (Echeverría-Ávila et al., 2019). La construcción de canales de pequeñas dimensiones hace que se retome el caudal de las venas de las mareas, reflejando así que la reconexión hidrológica es la mejor opción si de recuperar áreas de manglar se trata (Flores-Verdugo et al., 2017).

No se puede pensar en un proyecto de regeneración o restauración de manglar sin tener un conocimiento básico del funcionamiento hidrológico, ya que la restauración implica la recuperación de las entradas y salidas de agua que aporten los nutrientes necesarios para el correcto desarrollo del ecosistema.

El hecho de que FUNDECODES no cuente con una propuesta estructurada en su proyecto de regeneración natural, impidió poder medir el éxito de este de una manera cuantitativa. Sin embargo, los resultados tan altos de mortalidad observados evidencian que un proyecto de este tipo no puede tener un desarrollo constante, progresivo y exitoso si no hay una investigación y una planificación previa que permita tener una visión certera acerca de los procedimientos que deben seguirse. Esto porque, el nulo conocimiento y seguimiento de criterios técnico-científicos, como mediciones sistemáticas de la vegetación, las condiciones del suelo, la calidad del agua intersticial, los parámetros fisicoquímicos, la hidrografía del sitio, entre otros, que son fundamentales para el

desarrollo del manglar, solo puede generar una limitada viabilidad y/o efectividad debido a las inexistentes condiciones adecuadas para el crecimiento (Flores-Verdugo et al., 2017).

Adicionalmente, el conocimiento de la hidrología del lugar es fundamental en los bosques de manglar, ya que una alteración en el curso natural del agua puede llegar a provocar hasta la muerte de un gran número de árboles e incluso la incapacidad de regeneración (Sánchez-Moreno et al., 2019). Esto demuestra, que es primordial realizar estudios que indiquen cual es el patrón correcto por donde se deben abrir los canales que lleven el agua a las zonas requeridas, ya que, al hacerlo de manera empírica se puede obtener un efecto contrario al esperado.

A partir de las consideraciones anteriores, es posible afirmar el poco éxito alcanzado con el proyecto de restauración de manglar por siembra de propágulos en Jicaral de Puntarenas está relacionado con factores tanto ecológicos como antrópicos. Algunos de los más importantes son: el poco conocimiento e investigación previa y de seguimiento acerca de las técnicas y los parámetros físico-químicos y ecológicos del lugar, la siembra de plántulas sin la investigación adecuada, la poca investigación sobre las características del manglar, la falta de interés por parte de las instituciones gubernamentales, el no cumplimiento de las normativas ambientales o la mala aplicación de las mismas y por último el no involucramiento de la comunidad en los planes de restauración (Flores-Verdugo et al., 2017; Sánchez-Moreno et al., 2019).

Los proyectos de regeneración y restauración son fundamentales como medida de recuperación de aquellas zonas donde se dio un fuerte impacto. Esto implica no solo la recuperación de la estructura y la composición de la vegetación si no también el reciclaje de materia orgánica dentro de la cadena trófica del detritus, así como la disponibilidad de peces y camarones (Agraz-Hernández & Flores-Verdugo, 2005).

Un ejemplo de que no es tarde para tomar acción y de que se puede revertir el daño por el que ha pasado un manglar sucedió en Puerto Rico, donde se pusieron en práctica las políticas ya existentes en conjunto con los proyectos de restauración y un fortalecimiento del apoyo interinstitucional que dejó como resultado una regeneración continúa de las áreas de manglar (Lugo et al., 2014).

Por lo tanto, leyes mejoradas y respaldadas con acciones efectivas para una mejor protección y conservación, junto con programas de restauración y rehabilitación que involucre una activa participación por parte de autoridades, comunidad, e instituciones, generarán sin duda en un adecuado manejo del ecosistema y propiciará su recuperación. La gestión integrada de todos los actores y un seguimiento constante, se constituyen en condición y garantía para el bienestar de la comunidad y la preservación del ecosistema.

#### **4.5. Interacciones y dependencias sociales**

Con el paso de los años, los análisis del paisaje costero han revelado como la agricultura extensiva y los patrones de poblamiento y desarrollo urbano han modificado el territorio de manglar de una manera drástica. Así mismo, los asentamientos humanos que circundan los ecosistemas de manglar se han convertido en barreras debido a su constante expansión disminuyendo así la oportunidad de migración y ampliación que podrían tener estos ecosistemas para aumentar su territorio (Ward et al., 2016).

El desarrollo mundial es una de las amenazas más evidentes y fuertes que sufre el medio ambiente en general, esto afecta de forma diferente ciertas regiones y ecosistemas (Rica et al., 2016). El crecimiento poblacional, la urbanización y la creciente demanda de productos pesqueros, han ocasionado una subvaloración de estos ecosistemas y en la mayoría de los casos ha llevado a que estos terrenos se conviertan en granjas camarónicas o salinas, como es el caso del manglar de Jicaral, donde el desarrollo de la comunidad provocó que el manglar pasara a un segundo plano para priorizar la economía de la zona (Beitl, 2014).

Así mismo, la facilidad de acceso a los manglares alrededor del mundo ha provocado que estos sean foco de impactos antrópicos importantes, esto se hace evidente en Jicaral a partir de las huellas, e inclusive la presencia de trillos para el ingreso de personas con el fin de extraer madera, transporte de animales domésticos, excavaciones para drenaje del suelo y conversión del suelo en potreros o viviendas. Esto acontece desde tiempos antiguos ya que los manglares han sido una de las principales fuentes económicas

de las regiones costeras, por lo que era necesario aprovechar los recursos que estos daban para la subsistencia de las familias (Rica et al., 2016).

Se puede decir que a los parches fragmentados de manglar que se encontraron en la zona estudiada, están asociados a la alta tasa de deforestación y los cambios en la composición del suelo y vegetación al que se vio sometido en el pasado. Empero, la ausencia de figuras de protección y autoridad hacen que hoy en día la actividad ilegal y extractiva siga ejecutándose, provocando una pérdida paulatina pero significativa de áreas de manglar, poniendo a este dentro de un alto grado de amenaza, tal y como lo comentan Blanco-Libreros *et al.* (2015), quienes encontraron una afectación similar en los manglares del golfo Urabá, en el caribe colombiano.

Los usos que se le da a la madera de mangle están condicionados según la especie, por ejemplo, *L. racemosa* es muy utilizada como leña y material para construcción al igual que *R. mangle* quien además fue sumamente aprovechado para la obtención de taninos en décadas anteriores; mientras que *A. germinans* es utilizado para construcciones e incluso para la producción de té (Blanco-Libreros et al., 2015). Esto coincide con lo encontrado en Jicaral, donde los habitantes han utilizado el mangle para este tipo de actividades, y según lo confirma el director de la Oficina Regional del MINAE.

Es importante recordar que el deterioro de los manglares no solo tiene efectos ambientales, sino que también trasciende a las comunidades, especialmente aquellas que dependen de los recursos de estos ecosistemas para su subsistencia. Los efectos en términos sociales y económicos que se derivarían de la pérdida total del manglar serían devastadores para las comunidades, no solo para los usuarios directos, sino para aquellos que, como la pesca comercial, aprovechan especies cuyo hábitat lo constituyen los manglares.

En muchos sitios la degradación de área de manglar está asociado directamente con una agricultura intensiva y una urbanización acelerada. Un ejemplo de esto sucedió en Colombia que, pese haber establecido leyes que regulan el uso de los ecosistemas de manglar, el poco esfuerzo y el incremento en la presión por convertir la tierra en zona para acuacultura, agricultura y desarrollo urbano han derivado en una significativa reducción del área de manglar (Gómez Aguirre & Turbay, 2016; Lugo et al., 2014).

En Jicaral, por su condición de comunidad costera, muchas de las actividades económicas que realizan sus habitantes, están limitadas o relacionadas directamente con mar, los manglares o los ecosistemas marinos y las ganancias que obtienen de estas actividades constituyen su principal fuente de ingresos. Por esta razón, cuando se promovió la conversión de zonas de mangle en áreas de producción de sal primero y en los años subsiguientes para el cultivo de camarón, se entendió que tales iniciativas constituían una alternativa importante para los pobladores locales y un alivio a la pobreza, aún en detrimento de la estabilidad ecosistémica de estas áreas.

Las salinas fueron las pioneras en cuanto a la tala de mangle para la conversión del manglar en estanques de producción de sal. Esta actividad data de tiempos prehispánicos, constituyendo un elemento clave en la economía de muchos de los países hasta finales del siglo XIX, por lo que era común la excavación de pozos en sitios específicos donde el agua salada pudiera llegar, las cosechas eran por temporadas y terminaban justo cuando las primeras lluvias empezaban a aparecer (Torres & Quintanilla-Montoya, 2014). El auge que tomó la producción de sal significó una mayor tala de mangle, pero este no solo se cortaba para dar espacio a la construcción de estanques si no que se convirtió en la madera favorita por el personal para la fabricación de estacas que sujetaban las membranas plásticas (Chicas Batres et al., 2016; Rodríguez & Ramírez, 2018).

En el año 2014, para el área de Puntarenas, se realizó un estudio donde se determinó que la conversión de manglares a salineras provocó pérdidas considerables de las existencias originales. Hoy en día la mayoría de estas zonas se encuentran en abandono, significando una reducción de la superficie de manglar de 340 ha de las 12015 ha que se contabilizaron entre 1985 y 2014 (Cifuentes-Jara et al., 2014).

Igual que ocurrió con la producción salinera, la maricultura se incentivó a partir de los años ochenta, en principio con fines extensivos, pero que se incrementó con fines comerciales la producción a mayor escala, con el objetivo de exportación, con lo cual los problemas de estabilidad en los manglares aledaños comenzaron a acentuarse. Se ha reportado que el cultivo de camarón ha sido el responsable de la pérdida de un 52% del área de manglar a nivel mundial, evidenciando así que es una de las mayores amenazas que sufren estos ecosistemas (Valiela et al., 2001).

Ningún país con presencia de manglar escapa a esta cruda realidad, en la década de los noventa las granjas camaroneras tuvieron un auge importante, el crecimiento en la producción de camarón en granjas pasó de un 3% en 1981 a un 30% en 1995. Esto provocó que se diera un aumento significativo en la creación de piscinas para el cultivo resultando en una tala excesiva de mangle para la construcción de estas (Valiela et al., 2001).

La idea generalizada en décadas anteriores de que el manglar no tiene valor alguno no solo ha provocado la pérdida de este ecosistema a partir de su conversión para el cultivo de camarón, sino que los efectos indirectos que esto ha tenido son igualmente graves. Y es que el cultivo de camarón exige también el uso intensivo de otros recursos, como la comida para camarón, repercutiendo de esta forma en otras áreas del manglar, ya que las tasas de flujo y las concentraciones de nutrientes que salen de los estanques son muy altos, provocando eutrofización en los bosques de manglar (Valiela et al., 2001).

Una de las mayores consecuencias que traen las granjas de camarón, es la corta vida útil que tienen los estanques de cultivo. Los problemas de eutrofización, acumulación de toxinas, acidificación del suelo relacionada con el sulfuro y las enfermedades de los cultivos como bacterias, limitan el tiempo de uso entre 5 y 10 años máximo, luego de este tiempo se mueven a otra área de manglar dejando a su paso solo daño y acelerando la tasa de desaparición de manglar debido a que la tasa de recuperación de estanques a bosque de manglar es mucho más lenta que la tasa de pérdida de hábitat (Valiela et al., 2001).

Este tipo de transformaciones del ecosistema fueron vistas y aún, en la actualidad, se ven como una necesidad para el progreso de la región. Sin embargo, no se toma en cuenta y no se cuestiona el impacto negativo que efectúan sobre el manglar y demás ecosistemas costeros, así como también, los efectos secundarios que sobre caen de manera indirecta sobre la misma comunidad (Gómez Aguirre & Turbay, 2016). La estabilidad y la calidad ecológica del ecosistema cada año va en disminución ocasionado por estos cambios que provocan las actividades humanas que transforman el hábitat y amenaza las poblaciones de mangle (Rica et al., 2016).

Otra de las actividades por las cuales el ecosistema se ha visto afectado es la ganadería. La presencia de ganado en los alrededores ha provocado que este se vaya apoderando del espacio de manglar, dado que la mayoría de los terrenos aledaños no

tienen cercas que limiten el acceso al ganado, convirtiendo lentamente la tierra de manglar en potreros. Los efectos que tienen estos son evidentes en muchos niveles, siendo la deforestación la más clara, pero también tiene otros como la reducción en la oferta de posibles microhábitats para la fauna béntica y la alteración de las características fisicoquímicas y sedimentológicas de los suelos superficiales (Blanco & Castaño, 2012).

Además de los efectos anteriormente descritos, en el caso del manglar de Jicaral tiene especial relevancia la problemática de basura. Esta situación es el reflejo del poco conocimiento y conciencia que un sector de los habitantes tiene acerca de la importancia del manglar, en tanto está claro que la fuente principal de estos residuos son los ciudadanos quienes tiran los desechos directamente en el manglar o en sus contornos, sin obviar que parte de estos pueden ser llevados hasta ahí por aporte de ríos que llegan desde la gran área metropolitana a través de las corrientes. Las consecuencias van más allá de lo estético, ya que este ecosistema tiende a retener residuos plásticos durante largos periodos de tiempo, impidiendo el adecuado desarrollo de los neumatóforos y las plántulas lo que conlleva a la pérdida de la capacidad de autoregeneración del ecosistema (Sánchez-Moreno et al. 2019).

Mendoza Pérez et al., (2019), en su estudio, también encontraron gran cantidad de basura dentro de las zonas de muestreo; esta se componía en su mayoría de desechos plásticos como botellas, muebles, cojines contenedores de combustible y juguetes, similar al tipo de basura encontrada en el manglar de Jicaral. Ellos resaltan que este es un factor ocasionado mayoritariamente por los pobladores y que puede influir en el desarrollo normal y la distribución de las especies del bosque de manglar debido a que puede inducir la ausencia de ciertas especies como consecuencia de los cambios que la basura provoca en el suelo.

A todas estas presiones concentradas en un amplio sector del ecosistema, se deben agregar el uso inadecuado del recurso por parte de los habitantes que utilizan el manglar para la extracción de piangua. En este caso los extractores de moluscos saben que existen tamaños y tiempos de veda que deben respetar, pero están conscientes que la mayoría de ellos no cumplen estos parámetros para la extracción. La mayoría explica que la necesidad de llevar alimento a sus hogares es la responsable de esta situación ya que sin importar el tamaño de la concha siempre logran vender las pianguas, aún por debajo de las tallas permitidas, en tanto siempre hay alguien que las compran por cantidad y no por tamaño.

Esto sucede en la mayoría de países, donde los comerciantes negocian el precio por el número o peso de la captura (Beitl, 2014).

El aprovechamiento del recurso piangua durante los tiempos de veda es bastante particular, considerando que, aunque ellos saben que es época de no sacar producto del manglar, la idea que se genera en la población es de desaprovechamiento, o como lo menciona Gómez Aguirre & Turbay, (2016), de “recursos perdidos”, esto genera una atmosfera de competencia entre todos los piangueros porque es sabido que, si ellos no cosechan, el producto va a quedar a disposición de otros y pueden sacar una ventaja económica y es ahí donde inicia la cadena de la extracción ilegal en tiempos de veda, de paso con una ausencia total de control institucional.

Cuando se confronta a los habitantes locales acerca de las causas que han llevado al estado actual del deterioro del manglar, ellos no consideran su responsabilidad frente a los problemas ambientales, asumiendo que no depende de su comportamiento y sus acciones si no que son resultados de los procesos naturales del sistema (Gómez Aguirre & Turbay, 2016).

Al cuestionarlos sobre propuestas laborales o de desarrollo que permitan aliviar el deterioro del manglar, ellos comentan que es imposible porque en el lugar no hay más trabajo que el manglar. La misma situación se reporta en Colombia, donde el desempleo es la principal causa de la disminución del mangle, ya que los habitantes no consiguen otra clase de trabajo, sino que es la única manera que tienen de sobrevivir. La falta de ocupaciones alternativas y la pobreza en la que viven, obligan a los habitantes a permanecer en la ocupación y practicarla aún durante los períodos de veda, pese a su declive y baja rentabilidad (Gómez Aguirre & Turbay, 2016).

Lugo et al. (2014), mencionan que hay manglares que pueden describirse como bosques de papel, esto debido a que suelen ser el resultado de una limitada capacidad y uso de los recursos para hacer cumplir las normativas y reglamentaciones, así como una escasa colaboración y coordinación institucional.

Y es que la regulación, protección y conservación del manglar de Jicaral de Puntarenas está a cargo tanto de la municipalidad como de la oficina regional del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), a su vez bajo la jurisdicción del Área de Conservación Tempisque (ACT) específicamente, sin embargo, la debilidad,

descoordinación y lentitud institucional, han promovido las invasiones a las tierras y en general el deterioro que ha sufrido el ecosistema.

Los jefes de la municipalidad mantienen la creencia de que al ser un recurso natural la responsabilidad del manejo y cuidado recae únicamente en los departamentos gubernamentales dedicados a la naturaleza, como lo es el MINAE, específicamente el ACT. Esto solo deja al descubierto el desinterés y la falta de integración resultando en una inadecuada administración del ecosistema (Cruz Portorreal & Pérez Montero, 2017).

Por parte del ACT, la principal razón que dan para justificar su inoperancia es que no hay recursos, no tiene personal suficiente ni materiales que les permitan actuar. Lugo et al., (2014), menciona en su estudio esta realidad, señalando que el incumplimiento de estas responsabilidades se debe a los limitados recursos disponibles que impiden reforzar y hacer cumplir la ley por parte de las instituciones y los funcionarios.

Lo anterior también deja así una ventana abierta a los lugareños, a partir de la cual pueden tomar provecho ya que los piangueros conocen las medidas establecidas para la extracción de piangua en el plan regulador, sin embargo, deciden ignorarlos y continuar con la actividad porque están conscientes que ninguna autoridad hará cumplir la ley sobre ellos.

Es evidente que se necesita educar y formar a la población con el fin de tener un mejor manejo del recurso y que este se mantenga a lo largo de los años, empero, las instituciones encargadas de dar este tipo de servicio simplemente no están interesada en hacerlo. Algo similar reporta Gómez-Aguirre & Turbay, (2016), quienes revelaron que en Colombia las entidades ambientales no tienen planteada la opción de brindar una capacitación sobre el aprovechamiento de los recursos a la población costera.

Estas comunidades no solo enfrentan el problema de ver reducido el recurso y la fuerte amenaza de quedarse sin él, si no que tienen que enfrentarse a la incompreensión por parte de las autoridades, no solo ambientales, si no también gubernamentales, quienes les excluyen de la toma de decisiones y de la generación de alternativas laborales afectando gravemente su supervivencia, en condiciones de pobreza y gran desigualdad social (Lugo et al., 2014).

El ánimo que reina entre los pescadores y piangueros es de desesperanza y desconfianza; considerando que el accionar de las instituciones gubernamentales y las

ONG ha ocasionado que no exista un espíritu de lucha y acción colectiva por el buen y justo manejo del manglar y los recursos que de este obtienen. El desinterés de las autoridades hacia la comunidad puede desencadenar el mismo sentimiento, pero en este caso, de la comunidad hacia el ecosistema, debido a que se crea una atmósfera de resentimiento, en la que las personas no sienten que tienen que corresponder a la ley, que no deben cuidar el manglar, así como no los cuidan a ellos o no se preocupan por ellos.

Uno de los beneficios que se conocen sobre las asociaciones y cooperativas es que mediante ellas se da un mayor acceso a organizaciones gubernamentales y no gubernamentales con el fin de obtener asistencia financiera y técnica (Beitl, 2014). Empero, en Jicaral esto no sucede así, es evidente que algunas organizaciones priorizan objetivos particulares con el fin de captar recursos financieros en detrimento de los habitantes, a quienes no les llegan los recursos, y no de una verdadera intencionalidad por el resguardo del manglar. Algunos habitantes mencionan que estas organizaciones son una farsa y solo realizan labores de “conveniencia”, piden colaboración de la comunidad, pero en la práctica no retribuyen esos esfuerzos, lo cual también se refleja en el poco conocimiento que tienen los ciudadanos del trabajo que otras instituciones realizan en el manglar y la comunidad.

Beitl (2014), describe que en Ecuador ciertas organizaciones, principalmente las relacionadas con el cultivo de camarón, están tomando medidas como el patrocinio de proyectos de restauración de manglar, donde los plantadores de mangle reciben una compensación financiera por su participación. Condición similar ocurre en Jicaral, donde se otorga una remuneración económica por la siembra de plántulas de mangle en zonas específicas, pero este proyecto no está dirigido a toda la comunidad, sino que únicamente se toma en cuenta a dos familias de la zona.

En ese sentido FUNDECODES dice que al ser un plan piloto se quiere probar la eficiencia de la siembra de mangle, sin embargo, es un proyecto que lleva años y del cual la comunidad no es participe, por lo que se cuestiona su verdadero propósito.

Lo anterior refuerza la percepción local en el sentido de que, a menudo, las organizaciones están beneficiándose de los pobres, utilizándolos con el único objetivo de promover sus propios intereses y considerando que a partir de estas acciones perciben apoyo financiero internacional, pero que en lo sustancial no se incorpora en los beneficios

locales, cuyos actores por lo general quedan abandonados, una vez alcanzados los objetivos particulares de estas entidades.

En muchas de las comunidades existe un resentimiento por parte de las personas, principalmente las de mayor pobreza, quienes afirman que las asociaciones son corruptas e intrigantes, ya que cuando hay proyectos o patrocinadores no mencionan nada o bien ya tienen a sus elegidos que usualmente son familiares o conocidos, atesorando el dinero para ellos mismos (Beitl, 2014).

Los habitantes juegan un papel importante en cuanto a la conservación del ecosistema, ya que ellos pueden asumir una posición activa y protagónica en defensa de los recursos (Beitl, 2014). No obstante, en Jicaral la realidad es opuesta a lo anterior, los habitantes no tienen la costumbre de manifestarse en relación con el papel que deberían jugar antes instituciones como el Consejo Municipal, el MINAE u otras entidades en pro de la conservación del manglar. Por el contrario, en muchas ocasiones son los mismos habitantes quienes influyen a las autoridades municipales a otorgar permisos y desarrollar proyectos dentro del manglar o en sus áreas aledañas, bajo el supuesto de generar empleo y sacar a la comunidad de la pobreza.

Lo anterior evidencia la urgencia de modificar los patrones tradicionales en la gestión institucional y sus formas de interacción con los actores locales. Si se pretende un cambio positivo y tangible en el ecosistema y en el mejoramiento de la calidad de vida de las personas, es necesario buscar métodos que involucren a la comunidad y se generen beneficios comunes para todos. En otros países los habitantes reportan que el reconocimiento de los servicios ambientales lo han obtenido a partir de mayores grados de apertura por parte de las entidades encargadas de la conservación. Los cambios en el modo de actuar de cada uno de los lugareños empezaron cuando por fin comprendieron la importancia del manglar como hábitat de especies y la función amortiguadora contra el fuerte oleaje y vientos que tiene (Gómez Aguirre & Turbay, 2016).

Ecuador ha registrado un cambio positivo en los usos del manglar demostrando así que cuando la comunidad se siente incluida e importante se puede generar un cambio para bien, Lugo et al., (2014), describen textualmente *“El aumento en la participación ha llevado al debate y la acción sobre problemas largamente descuidados, con resultados sociales y ecológicos positivos, sobre todo en las concesiones de manglares”* afirmando que la comunidad ha jugado y jugará siempre un papel protagónico no solo en

conservación sino en el incremento de la productividad, porque potencializan sus servicios de manera controlada.

Todo esto deriva en la importancia de la conservación del ecosistema y el alcance que puedan llegar a tener los programas si se unen todos los factores, la comunidad, las instituciones gubernamentales y las organizaciones no gubernamentales y comunales. Al respecto existen al menos tres acuerdos internacionales particularmente importantes para la protección de los manglares: la Convención de Humedales de Importancia Internacional (Ramsar Convention), el Programa sobre el Hombre y la Biosfera de la UNESCO y la Convención del Patrimonio Mundial, estos acuerdos en conjunto con otros programas promueven una mejor protección de los manglares, incrementan la conciencia y realzan la importancia de los manglares pero sobre todo refuerzan la colaboración comunitaria en pro del ecosistema (Lugo et al., 2014).

Los programas de conservación tradicionalmente fueron dirigidos a ecosistemas que sean mucho más “llamativos”, por ejemplo, bosques, selvas, arrecifes de coral entre otros, en tanto los manglares fueron excluidos por ser considerados no valiosos para el mercado moderno. Sin embargo, estudios recientes han logrado relevar la importancia de los manglares a partir de su aporte en la fijación de carbono, funcionalidad para la reversión del cambio climático y en la mitigación de riesgo ante desastres, además de su inconmensurable valor en términos de funcionalidad ecológica, por lo que atraer recursos mediante la divulgación de estos valores, se ha venido construyendo en un opción estratégica para la captación de fondos financieros que podrían mejorar en gran medida la conservación de los manglares (Lugo et al., 2014).

A pesar de esto, la efectiva implementación y aplicación de estos programas continúa siendo un desafío, especialmente en aquellos lugares donde la capacidad y los recursos son limitados y la presión existente por la conversión y el uso de la tierra es alta, ya que pone en jaque la corrupción existente en las organizaciones y las autoridades correspondientes (Lugo et al., 2014).

## 5. Conclusiones

Durante muchos años el manglar de Jicaral ha sufrido serias afectaciones por los efectos del desarrollo económico de la comunidad, siendo principalmente las salinas y granjas camaroneras las de mayor influencia en su deterioro.

En cuanto a estructura vegetal, es un bosque constituido en su mayoría por individuos pequeños, sin embargo, no se puede asegurar que sea por el proceso de recuperación si no que puede estar asociado a una adaptación de supervivencia debido a los procesos destructivos a los que fue y sigue siendo sometido.

Es posible concluir que la estructura vegetal y la composición de especies del manglar de Jicaral están estrechamente relacionados con factores ambientales, siendo la salinidad el principal de ellos, ya que genera condiciones físicas restrictivas para el crecimiento y desarrollo de la vegetación.

Según lo obtenido en las áreas estudiadas, el manglar de Jicaral tiene cierta tendencia a la homogeneidad como consecuencia de la intervención humana y la facilidad de *A. germinans* de colonizar sitios con altos grados de alteración.

Así también, la dominancia de *A. germinans* en las parcelas, pero sobretodo en los parches de regeneración muestra claramente la importancia y representatividad de esta especie dentro del manglar de Jicaral de Puntarenas.

El manglar de Jicaral se evidencia como uno de los más expuestos a efectos antropogénicos, ya que está sujeto a impactos como la contaminación de residuos sólidos, la ganadería, deforestación, construcción de vías de comunicación y viviendas entre otros, que provocan la fragmentación del ecosistema y que es generado principalmente por los habitantes de la zona.

Si bien es cierto se puede considerar que el manglar de Jicaral se encuentra en un estado de recuperación por regeneración natural, este no deja de estar en peligro de desaparición por el impacto que recibe de las acciones económicas de la comunidad y la poca atención de las autoridades ambientales y locales.

El éxito de los proyectos de regeneración dependen del estudio previo de las condiciones del sitio, por lo que crear un proyecto sin bases científicas ni conocimiento técnico no garantiza la recuperación del ecosistema, tal y como es el caso de Jicaral de Puntarenas.

Pese a la existencia de leyes que protegen los ecosistemas de manglar, la falta de un plan de gestión y regulación específico para el manglar de Jicaral de Puntarenas ha provocado la determinante degradación del ecosistema.

La falta de material y recursos que sufre la oficina regional del ACT es uno de los factores que impiden el buen cumplimiento de la normativa, sin embargo, la ausente disposición para completar las tareas y llevar a cabo el trabajo por parte de sus funcionarios son, sin lugar a duda, la principal barrera para la protección del manglar. Además, el hecho de que la oficina regional del ACT no cumpla a cabalidad con las leyes de protección al ecosistema de manglar ha propiciado que la comunidad tenga libre decisión sobre lo que pueden o no hacer con el ecosistema y sus recursos.

Es evidente que la comunidad de Jicaral no tiene plena conciencia acerca de la importancia y los beneficios del ecosistema. La falta de atención y las nulas acciones de conservación y protección por parte de los habitantes son reflejo de la desinformación que existe, que a su vez es producto del poco trabajo informativo que realizan las autoridades pertinentes.

La difícil situación socioeconómica que vive Jicaral ha ocasionado que los ciudadanos utilicen el recurso de manera intensiva pero a la vez se generan inversiones que no necesariamente benefician a la recuperación del ecosistema ni la comunidad.

No es posible atribuir el problema de deterioro del manglar de Jicaral a una sola causa, sino que es consecuencia de una cadena de malas acciones que van desde la poca participación ciudadana hasta la falta de iniciativa para trabajar por parte de las entidades directamente responsables del manejo del ecosistema.

## 6. Recomendaciones

Establecer monitoreos integrales por medio de parcelas de muestreo permanentes que permitan observar si la comunidad toma conciencia, tiene la capacidad de reacción y se genera un cambio en la condición del ecosistema.

Realizar estudios complementarios de parámetros fisicoquímicos, como salinidad, agua intersticial, nutrientes así como materia orgánica, que generen información clave sobre las condiciones del sitio con el fin de tener una definición más amplia sobre el desarrollo del ecosistema.

Definir un proyecto de regeneración natural, cuidadosamente estructurado y basado en criterios técnico-científicos, con el cual se puedan establecer parámetros de medición continuos que permitan observar una recuperación del ecosistema de manera gradual, así como un cambio en la cobertura del sitio.

Es necesario mantener y rehabilitar los canales de marea que reestablezcan la comunicación hídrica entre las zonas de manglar sanas y las zonas degradadas para facilitar el establecimiento de las diferentes especies de manglar, pero tomando en cuenta todos los factores que permitan instaurar las características originales del ecosistema.

Desarrollar estudios más exhaustivos que permitan determinar variaciones en la biodiversidad como indicadores en la variación de la salud del ecosistema y en el éxito de los procesos de regeneración.

Es fundamental, la articulación de un Plan de Manejo, donde se establezca una zonificación apropiada del área protegida, pero que sobretodo fortalezca una gestión integrada de los recursos y promueva medidas de mitigación de impactos.

Integrar de manera activa a los actores principales (comunidad-instituciones), para diseñar proyectos eficientes que lleven a un desarrollo sostenible priorizando los problemas de mayor importancia de la comunidad, sin dejar de lado las posibles afectaciones que pueda tener el manglar.

Impulsar programas que involucren un trabajo en conjunto de las autoridades municipales y ambientales que permitan identificar y proponer estrategias de manejo y métodos que propicien la utilización sustentable y el manejo razonable de los bosques de manglar para la conservación del ecosistema.

Crear espacios que permitan la difusión del conocimiento científico a los pobladores de la comunidad de Jicaral y sitios aledaños, con el objetivo de fortalecer mecanismos de conservación y restauración.

Fortalecer y promover la elaboración de proyectos preventivos en conjunto con la comunidad, con el fin de evitar cualquier alteración o conversión del ecosistema y como parte de una propuesta integrada de educación ambiental que venga a fortalecer la conciencia local, en relación con la importancia de este ecosistema sin dejar de lado el desarrollo económico de la comunidad.

Si bien, uno de los objetivos de las organizaciones que actúan en Jicaral es ayudar al desarrollo económico de la comunidad por medio de proyectos que favorecen al mismo tiempo la protección del ecosistema de manglar, estos deben ser dirigidos a la mayoría de la población si lo que se quiere es obtener resultados positivos que permanezcan a lo largo del tiempo y no solo a un par de familias que buscan compensación económica.

Formular una propuesta integral de recuperación sustentado en la implementación del protocolo de monitoreo ecológico de manglares de Costa Rica que considere los resultados de este trabajo como línea base y que integre a las instituciones pertinentes, organizaciones locales y los usuarios para su ejecución.

## 7. Bibliografía

- Aburto-Oropeza, O., Ezcurra, E., Danemann, G., Valdez, V., Murray, J., & Sala, E. (2008). Mangroves in the Gulf of California increase fishery yields. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 105(30), 10456-10459. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.04.020>
- Acuña, G., Meléndez, L., Vargas, M., Marín, A., Solano, E., Rosales, J., & Salas, E. (2009). Conservación y Recuperación del Manglar en Isla Palo Seco, Parrita, Puntarenas. Municipalidad de Parrita.
- Agraz-Hernández, C. M., Chan-Keb, C. A., Chávez-Barrera, J., Osti-Sáenz, J., Expósito-Díaz, G., Alonso-Campos, V. A., Muñiz-Salazar, R., Ruiz-Fernández, A. C., Pérez-Bernal, L. H., Sánchez-Cabeza, J. A., & Rivera-Arriaga, E. (2020). Reserva de carbón en un ecosistema de manglar al norte de México: cambios ambientales durante 35 años. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91(0), 1-19. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.2910>
- Agraz-Hernández, Claudia, & Flores-Verdugo, F. (2005). Diagnóstico del Impacto y Lineamientos Básicos para los Programas de Mitigación y Manejo de Humedales. In A. V. Botello, J. Rendón-Von Osten, C. Agraz-Hernández, & G. Gold-Bouchot (Eds.), *Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias 2nd ed.* (pp. 597-608). Centro de POMEX. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2567.9206>
- Agraz-Hernández, CM. (1999). Reforestación experimental de manglares en ecosistemas lagunares estuarinos de la costa noroccidental de México. *Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey*, 154. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Reforestación+experimental+de+manglares+en+ecosistemas+lagueares+estuarinos+de+la+costa+noroccidental+de+México#0>
- Álvarez-León, R. (2003). Los manglares de Colombia y la recuperación de sus áreas degradadas: revisión bibliográfica y nuevas experiencias. *Madera y Bosques*, 9(1), 3-25. <https://doi.org/10.21829/myb.2003.911286>
- Alvis, J. (2009). Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de Popayán. *Bioteconología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 7(1), 115-122.
- Balk, M., Laverman, A. M., Keuskamp, J. A., & Laanbroek, H. J. (2015). Nitrate ammonification in mangrove soils: A hidden source of nitrite? *Frontiers in Microbiology*, 6(MAR), 1-10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00166>
- Barboza, F., Barreto, M. B., Figueroa, V., Francisco, M., & González, A. (2006). Desarrollo estructural y relaciones nutricionales de un manglar ribereño bajo clima semi-árido. *Ecotrópicos*, 19(1), 13-29.
- Beitl, C. M. (2014). Adding Environment to the Collective Action Problem: Individuals, Civil Society, and the Mangrove-Fishery Commons in Ecuador. *World*

*Development*, 56, 93-107. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2013.10.026>

- Bejarano M, A., Satizabal C, A., & Zapata, F. A. (1993). Estructura del bosque y granulometría del suelo en un manglar de ribera de la costa Pacífica colombiana. *Boletín Científico CCCP*, 4, 37-45. [https://doi.org/10.26640/01213423.4.37\\_45](https://doi.org/10.26640/01213423.4.37_45)
- Benavides, A. M. S., Barboza, J. P., Rodríguez, F. M., & Gairaud, C. G. (2015). Implicaciones sedimentológicas sobre el cambio en la cobertura del bosque de manglar en Boca Zacate, Humedal Nacional Terraba-Sierpe, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 63(3), 591-601. <https://doi.org/10.15517/rbt.v63i3.16173>
- Berkström, C., Jörgensen, T. L., & Hellström, M. (2013). Ecological connectivity and niche differentiation between two closely related fish species in the mangrove-seagrass-coral reef continuum. *Marine Ecology Progress Series*, 477, 201-215. <https://doi.org/10.3354/meps10171>
- BIOMARCC-FUNCECODES-GIZ. (2015). Plan Maestro: *Créditos por biodiversidad para la conservación de bosques y su zona de amortiguamiento en el Área de Conservación Tempisque*.
- Blanco-Libreros, J. F., Ortiz-Acevedo, L. F., & Urrego, L. E. (2015). Reservorios de biomasa aérea y de carbono en los manglares del golfo de Urabá (Caribe colombiano). *Actualidades Biológicas*, 37(103), 131-141. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v37n103a02>
- Blanco, J. F., & Castaño, M. C. (2012). Efecto de la conversión del manglar a potrero sobre la densidad y tallas de dos gasterópodos en el delta del río turbo (golfo de Urabá, Caribe Colombiano). *Revista de Biología Tropical*, 60(4), 1707-1719. <https://doi.org/10.15517/rbt.v60i4.2172>
- Calderón, C., Aburto, O., & Ezcurra, E. (2009). El valor de los manglares. *Biodiversitas*, 82, 1-6.
- Cantera K., J. R. (1997). Los manglares del Pacífico Colombiano. *Colombia Ciencia y Tecnología*, 15(1), 20-26.
- Capote-Fuente, R. T., Menéndez, L., Garcell, G., Macías, D. & Roig, E. Y. (2006). Regeneración de la vegetación como parte de la resiliencia del manglar. *Ecosistema de manglar en el archipiélago cubano*.
- Carbonell, F., Gómez, E. & Torrealba, I. (2003). *Situación de los manglares: Una síntesis sobre el caso de Costa Rica*. Documento borrador resumen a diciembre 2002. Investigación sobre los manglares en el Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica. ONG Mervalvis. Heredia, Costa Rica.
- Carrillo-Bastos, A., Elizalde-Rendón, E., Torrescano, N., & Flores, G. (2008). Adaptación ante disturbios naturales, manglar de Puerto Morelos, Quitana Roo, Mexico. *Foresta Veracruzana*, 10(1), 31-38.
- Castaño, A., Urrego, L., & Bernal, G. (2010). Dinámica del manglar en el complejo lagunar de Cispatá (Caribe colombiano) en los últimos 900 años. *Revista de Biología Tropical*, 58(4), 1347-1366. <https://doi.org/10.15517/rbt.v58i4.5417>

- Cedeño, J., Prieto, M. J., Pereda, L., & Allen, T. (2010). Abundancia y riqueza de moluscos y crustáceos asociados a las raíces sumergidas del mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en la laguna de Bocaripo, Sucre, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 58(SUPPL. 3), 213-226.
- Chacón, S., Serrano, M. C., Bolívar-Anillo, H., Villate, D. A., Sánchez, H., & Anfuso, G. (2020). Bosques de manglar del Caribe Norte Colombiano : Análisis , evolución y herramientas de gestión. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 16(1), 31-54.
- Chicas Batres, F. A., Gonzales Leiva, J. A., & Sayes, J. A. (2016). *Composición florística y estructura del manglar de la Bahía de La Unión , El Salvador*. 2, 52-64.
- Cifuentes-Jara, M., Brenes, C., Manrow, M., & Torres, D. (2014). Dinámica de uso de la tierra y potencial de mitigación de los manglares del Golfo de Nicoya. In *Informe Técnico*. [http://reddcr.go.cr/sites/default/files/centro-de-documentacion/cifuentes\\_et\\_al.\\_2014\\_-\\_din\\_mica\\_de\\_uso\\_de\\_la\\_tierra\\_y\\_potencial\\_de\\_mitigaci\\_n\\_de\\_los\\_manglares\\_de\\_l\\_golfo\\_de\\_nicoya.pdf](http://reddcr.go.cr/sites/default/files/centro-de-documentacion/cifuentes_et_al._2014_-_din_mica_de_uso_de_la_tierra_y_potencial_de_mitigaci_n_de_los_manglares_de_l_golfo_de_nicoya.pdf)
- Cobián, D., Perera, S., Pérez, A., Aguilar, S., Álvarez, A., Hernández, Z., Espinosa, L., Cobián, D., Perera, S., Pérez, A., Aguilar, S., Álvarez, A., Hernández, Z., Espinosa, L., Salvat, H., Alcalá, A., Ezquivel, M., & Hernández, L. (2013). Área Protegida de Recursos Manejados Península de Guanahacabibes , Cuba Characterization of coastal ecosystems north of the managed resource protected area at the Guanahacabibes Peninsula , Cuba. *Revista de Ciencias Marinas y Costeras*, 5, 37-55. <https://doi.org/10.15359/revmar.5.3>
- Collin, I. (2018). *Caracterización sedimentológica de los canales estuarinos de los manglares de tumbes durante el niño 2015 – 2016* [tesis de maestro en ciencias del mar, Universidad Peruana]. [http://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/upch/3631/Caracterizacion\\_GuevaraIzquierdo\\_Ivan.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/upch/3631/Caracterizacion_GuevaraIzquierdo_Ivan.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Congedo, L. (2016). Semi-Automatic Classification Plugin Documentation. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/>
- Conservación Internacional. (2016). Las mujeres, el manglar y la isla. Recuperado el 17 de mayo del 2016. <http://cicostarica.org/es/las-mujeres-el-manglar-y-la-isla/#more-302>
- Corrales, L. (2015). La Última Frontera de los Ecosistemas de Manglar de Costa Rica. Recuperado el 20 de junio del 2015. <http://lenincorrales.com/2014/07/26/la-ultima-frontera-de-los-ecosistemas-de-manglar-de-costa-rica/>.
- Costa-Acosta, J., Castell-Puchades, M. Á., González-Oliva, R., Reyes-Domínguez, O. J., & Quintana-Álvarez, L. O. (2014). Caracterización y Salud del Manglar En El Refugio De Fauna El Macío, Granma, Cuba. *Ciencia En Su PC*, 4, 1-18.
- Cruz Portorreal, Y., & Pérez Montero, O. (2017). Evaluación de impactos a la salud del manglar en el municipio Guamá, Santiago de Cuba, Cuba. *Madera Bosques*, 23(1), 23-37. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311517>

- Cumana C., L., Sanabria Ch., M., Leopardi V., C., & Guevara de Franco, Y. (2010). Plantas Vasculares de los Manglares del Estado Sucre, Venezuela/ Vascular plants of the mangroves of Sucre State, Venezuela. *Acta Botánica Venezolánica*, 33(2), 273-298. <http://www.jstor.org/stable/44512811>
- Denyer, P., Cárdenes, G., Kruse, S., Geología, E. C. De, Rica, U. D. C., Ucr, A., José, S., Rica, C., & Sca, E. F. A. (2004). *DE Puntarenas, Golfo de Nicoya, Costa Rica 2 Department of Geology, University of South Florida - Tampa*. 45-59.
- Díaz López, A. M. (2018). *Evaluación de la estructura y perturbación del manglar en el sistema lagunar Mar Muerto, Chiapas, México*.
- Echeverría-Ávila, S., Pérez-Ceballos, R., Zaldívar-Jiménez, A., Canales-Delgadillo, J., Brito-Pérez, R., Merino-Ibarra, M., & Vovides, A. (2019). Natural regeneration of degraded mangrove sites in response to hydrological restoration. *Madera y Bosques*, 25(1), 1-14. <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2511754>
- Flores-Verdugo, F., Agraz-Hernández, C., & Benítez-Pardo, D. (2005). Creación y Restauración de Ecosistemas de Manglar: Principios Básicos. *Manejo Costero Integral: El Enfoque Municipal*, 1, 1266.
- Flores-Verdugo, F., Moreno-Casasola, P., Agraz-Hernández, C. M., López-Rosas, H., Benítez-Pardo, D., & Travieso-Bello, A. C. (2017). La topografía y el hidroperíodo: dos factores que condicionan la restauración de los humedales costeros. *Botanical Sciences*, 80(80S), 33. <https://doi.org/10.17129/botsci.1755>
- Gilman, E. L., Ellison, J., Duke, N. C., & Field, C. (2008). Threats to mangroves from climate change and adaptation options: A review. *Aquatic Botany*, 89(2), 237-250. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.12.009>
- Gómez Aguirre, A. M., & Turbay, S. (2016). Relación de una comunidad de pescadores del golfo de Urabá (Colombia) con los ecosistemas de manglar y su conservación. (Spanish). *Revista de Estudios Sociales*, 55, 104-119. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=zbh&AN=112933831&lang=es&site=eds-live%0A10.7440/res55.2016.07>
- Gómez, L. R. (2013). *Características estructurales de los bosques de manglar del Noroeste de México*. [https://www.uam.es/departamentos/ciencias/ecologia/Posgrado en Ecologia/Tesis Leidas/Tesis Maestria \(TFM\)/Leidas 2013/TFM Leon Rodrigo Gomez.pdf](https://www.uam.es/departamentos/ciencias/ecologia/Posgrado%20en%20Ecologia/Tesis%20Leidas/Tesis%20Maestria%20(TFM)/Leidas%202013/TFM%20Leon%20Rodrigo%20Gomez.pdf)
- Gómez, R. (2013). *Ecología del Sistema Lagunar Chantuto-Panzacola, Chiapas, basada en la aplicación e interpretación de algunos índices tróficos, parámetros físico-químicos y biológicos* [tesis de maestría, El colegio de la Frontera Sur]. 1-108. [https://www.researchgate.net/publication/235324289\\_Ecologia\\_del\\_Sistema\\_Lagunar\\_Chantuto-Panzacola\\_Chiapas\\_basada\\_en\\_la\\_aplicacion\\_e\\_interpretacion\\_de\\_algunos\\_indices\\_trofos\\_parametros\\_fisico-quimicos\\_y\\_biologicos](https://www.researchgate.net/publication/235324289_Ecologia_del_Sistema_Lagunar_Chantuto-Panzacola_Chiapas_basada_en_la_aplicacion_e_interpretacion_de_algunos_indices_trofos_parametros_fisico-quimicos_y_biologicos)
- González Z., P. (2002). Estructura y análisis espacial de la cobertura del manglar “El Conchalito”, B. C. S. Tesis de maestría no publicada. Instituto Politécnico

Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México.

- Guzmán, J. M., Roig, E. Y., Borroto-páez, R., González-ferrer, S., & Martínez-daranas, B. (2006). Ecosistema de manglar en el Archipiélago Cubano Estudios y experiencias enfocados a su gestión. In L. Menéndez Carrera & J. M. Guzmán (Eds.), *Flora. La Habana: Academia*
- Hammer, O; Harper, D y Ryan, P (2001). *PAST: Paquete de Programas de estadística paleontológica para enseñanza y análisis de datos*. [Documento en Línea]. Disponible: [https://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/past.pdf](https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf). [Consulta: 2020, julio, 15].
- Hernandez-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista, P. (2006). Metodología de la investigación. (4ª ed.). Iztapalapa. México. Mc Graw Hill.
- Holguin, G., Guzman, M. A., & Bashan, Y. (1992). Two new nitrogen-fixing bacteria from the rhizosphere of mangrove trees: Their isolation, identification and in vitro interaction with rhizosphere Staphylococcus sp. *FEMS Microbiology Letters*, 101(3), 207-216. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1992.tb05777.x>
- Hoyos, R., Urrego, L., & Lema, Á. (2013). Respuesta de la regeneración natural en manglares del golfo de urabá (Colombia) a la variabilidad ambiental y climática intra-anual. *Revista de Biología Tropical*, 61(3), 1445-1461. <https://doi.org/10.15517/rbt.v61i3.11971>
- Huaylinos, W., Quispitúpac, E., y Martínez, N. (2002). Variabilidad fisicoquímica y fisiográfica del ecosistema de manglar San Pedro-Vice (Piura-Perú). *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias*, 6 (11), 7-19.
- Lee, S. Y. (1995). Mangrove outwelling: a review. *Hydrobiologia*, 295(1-3), 203-212. <https://doi.org/10.1007/BF00029127>
- Lema-Vélez, L., & Polanía, J. (2005). Regeneración Natural Y Producción Del Manglar Del Delta Del Río Ranchería, Caribe Colombiano. *Actual Biol*, 27(82), 25-33.
- López, B., Barreto, M., & Conde, J. (2011). Caracterización de los manglares de zonas semiáridas en el noroccidente de Venezuela. *Interciencia*, 36(12), 888–893.
- Lotor, P., Wagler, H., La, E. N., Sur, C., Uerrero, S. G., Rosario, M., Andoval, S., & Alapa, S. S. Z. (2000). *Determinacion De La Dieta Del Mapache*. 221, 211-221.
- Lugo, A. E., Medina, E., & McGinley, K. (2014). Issues and challenges of mangrove conservation in the anthropocene. Desafíos de la conservación del mangle en el Antropoceno. *Madera y Bosques*, 20, 11-38.
- Mainardi, V. (1996). *El manglar de Terraba-Sierpe en Costa Rica*. CATIE. <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/1576>
- Manrow, M. (2012). Estructura, composición florística, biomasa y carbono arriba del suelo en los manglares laguna de Gandoca y estero moín, Limón - Costa Rica. In *INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA*.

<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18845/rfmk.v9i23.486>

- Marín, A. (2009). Plan de Proyecto para el Desarrollo de la Restauración del Manglar en Isla Palo Seco, Parrita Puntarenas. Tesis de maestría no publicada, Universidad para la Cooperación Internacional, San José, Costa Rica
- Márquez, B., & Jiménez, M. (2002). Moluscos asociados a las raíces sumergidas del mangle rojo *Rhizophora mangle*, en el Golfo de Santa Fe, Estado Sucre, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 50(3-4), 1101-1112.
- Mendoza Pérez, C., Vitola Quintero, M., López Osorio, L., & Ortiz Rodríguez, J. (2019). Caracterización de las especies de mangle ubicadas en inmediaciones de la escuela naval de cadetes “Almirante Padilla”. *Anfibios*, 2(1), 83-93.
- Meyer, R. L., Risgaard-Petersen, N., & Allen, D. E. (2005). Correlation between anammox activity and microscale distribution of nitrite in a subtropical mangrove sediment. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(10), 6142-6149. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.10.6142-6149.2005>
- Mira, J. D., Urrego, L. E., & Monsalve, K. (2019). Determinantes naturales y antrópicos de la distribución, estructura y composición florística de los manglares de la Reserva Natural Sanguaré, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 67(4), 810-824. <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i4.30833>
- Monge Monge, J. & Hilje, L. (2006). Hábitos alimenticios de la ardilla *Sciurus variegatoides* (Rodentia : Sciuridae) en la Península de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 54(2), 681-686.
- Nagelkerken, I., Blaber, S. J. M., Bouillon, S., Green, P., Haywood, M., Kirton, L. G., Meynecke, J. O., Pawlik, J., Penrose, H. M., Sasekumar, A., & Somerfield, P. J. (2008). The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A review. *Aquatic Botany*, 89(2), 155-185. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.12.007>
- Neotrópica. (2010). Mangle-Benín. Recuperado el 17 de mayo del 2016. <http://neotropica.org/es/lo-que-hacemos/proyectos/mangle-benin/>
- Olguín, E. J., Hernández, M. E., & Sánchez-Galván, G. (2007). Contaminación de manglares por hidrocarburos y estrategias de biorremediación, fitorremediación y restauración. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 23(3), 139-154.
- Ongay, C. (2016). *Suelos y Productividad Primaria en Manglares en el Sur de Quintana Roo* (Issue 1). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Orjuela-Rojas, A. M., Villamil, C. A. & Sanjuan-Muñoz, A. (2011). Cobertura y estructura de los bosques de mangle en la Baja Guajira, Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 40(2), 381-399.
- Pérez, R.A. (2011). *Estructura espacio temporal del bosque de manglar del Refugio Nacional de Vida Silvestre Playa Hermosa-Punta Mala, como base para la implementación de acciones de manejo y conservación*. Tesis de Maestría no publicada. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Pizarro, F., Piedra, L., Bravo, J., Asch, J., & Asch, C. (2004). *Manual de procedimientos*

- para el manejo de los manglares, Costa Rica* (1st ed.). Costa Rica, EFUNA.
- PNUMA. (2011). *Hacia una economía verde: Guía para el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza - Síntesis para los encargados de la formulación de políticas*. Organización de las Naciones Unidas, Nueva York, Estados Unidos.
- Quarto, A. (2010). *Restauración ecológica de los manglares: restableciendo un ecosistema con participación de la comunidad*. World Rainforest Movement, Boletín n° 156.
- Ramanathan, A. L., Singh, G., Majumdar, J., Samal, A. C., Chauhan, R., Ranjan, R. K., Rajkumar, K., & Santra, S. C. (2008). A study of microbial diversity and its interaction with nutrients in the sediments of Sundarban mangroves. *Indian Journal of Marine Sciences*, 37(2), 159-165.
- Reyes, M. A., & Tovilla, C. (2002). Restauración de áreas alteradas de manglar con *Rhizophora mangle* en la Costa de Chiapas. *Madera y Bosques*, 8, 103-114. <https://doi.org/10.21829/myb.2002.801294>
- Rica, U. D. C., Felipe, J., Andrés, E., Tropical, R. D. B., Rica, U. D. C., Pedro, S., Oca, D. M. De, Rica, C., Blanco-libreros, J. F., Estrada-urrea, E. A., Pérez-montalvo, R. J., Tabora-marín, A., & Álvarez-león, R. (2016). Influencia antrópica en el paisaje de las poblaciones de *Pelliciera rhizophorae* (Ericales: Tetrameristaceae) más sureñas del Caribe (Turbo, Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 64(1), 79-94.
- Rodríguez, C., & Ramírez, M. (2018). Dinámica de la cobertura de manglar y del carbono asociado en Sipacate-Naranjo, Guatemala. *Revista Mesoamericana de Biodiversidad y Cambio Climático*, 2(4), 17-26.
- Rodríguez, L., Menéndez, L., Guzmán, J. M., González, A. V. & Gómez, R. (2006). *Manglares del Archipiélago Cubano: estado de conservación actual*. Editorial Academia La Habana.
- Romero-Berny, E., Tovilla-Hernández, C., Torrescano-Valle, N., & Schmook, B. (2019). Heterogeneidad Estructural Del Manglar Como Respuesta a Factores Ambientales Y Antrópicos En El Soconusco, Chiapas, México. *Polibotánica*, 0(46), 39-58. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.47.4>
- Romero-Murillo, P. E., & Polanía, J. (2008). Sucesión temprana de la taxocenosis Mollusca-Annelida-Crustacea en raíces sumergidas de mangle rojo en San Andrés Isla, Caribe colombiano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 43(1), 63-74. <https://doi.org/10.4067/s0718-19572008000100007>
- Sánchez-Moreno, H., Bolívar-Anillo, H. J., Villate-Daza, D., Escobar-Olaya, G., & Anfuso, G. (2019). Influencia de los impactos antrópicos sobre la evolución del bosque de manglar en Puerto Colombia ( Mar Caribe colombiano ). *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 15(1), 1-16.
- Sandoval, L. (2013) *Guía de Correlimos de Costa Rica*. San José, Costa Rica, Unión de Ornitólogos de Costa Rica.
- Sanpanich, K., Wells, F. E., & Chitramvong, Y. (2004). Distribution of the family

- Littorinidae (Mollusca: Gastropoda) in Thailand. *Records of the Western Australian Museum*, 22, 241-151.
- Serrano-Díaz, L. A., Botero, L., Cardona, P., & Mancera-Pineda, J. E. (1995). Liz Adriana Serrano Díaz , Leonor Botero , Pablo Cardona y José Ernesto Mancera-Pineda. *An. Inst. Invest. Mar. Punta Bertín*, 24, 135-164.
- Sherman, R. E., Fahey, T. J., & Battles, J. J. (2000). Small-scale disturbance and regeneration dynamics in a neotropical mangrove forest. *Journal of Ecology*, 88(1), 165-178. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2000.00439.x>
- Silva-Benavidez, A. M. (2004). *Mangroves*. Wehrtmann, I.S. & Cortés, J. (eds.). Marine Biodiversity of Costa Rica, Central América.
- SINAC. (2019). *Estrategia Regional para el Manejo y Conservación de los Manglares en el Golfo de Nicoya-Costa Rica 2019-2030*. [https://labmeh.catie.ac.cr/wp-content/uploads/2019/02/EmanglaresVF\\_13022019.pdf](https://labmeh.catie.ac.cr/wp-content/uploads/2019/02/EmanglaresVF_13022019.pdf)
- Smith, T. J., Boto, K. G., Frusher, S. D., & Giddins, R. L. (1991). Keystone species and mangrove forest dynamics: the influence of burrowing by crabs on soil nutrient status and forest productivity. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 33(5), 419-432. [https://doi.org/10.1016/0272-7714\(91\)90081-L](https://doi.org/10.1016/0272-7714(91)90081-L)
- Sosa-Rodríguez, T., Sánchez-Nieves, J., & Melgarejo, L. (2009). Functional Roll of Fungi in Mangrove Ecosystems. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR*, 38(1), 39-57.
- Stiles, F. G., & Skutch, A. F. (2007). *Guía de aves de Costa Rica 4ed*. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica, Editorial INBio.
- Strickland, J.D.H., & Parsons, T.R. (1972). A practical handbook of seawater analysis. 2° ed. Bulletin, vol 167. Fisheries Research Board of Canada.
- Tam, N. F. Y., & Wong, Y. S. (1998). Variations of soil nutrient and organic matter content in a subtropical mangrove ecosystem. *Water, Air, and Soil Pollution*, 103(1-4), 245-261. <https://doi.org/10.1023/A:1004925700931>
- Tellez-Garcia, C. P., & Valdez-Hernandez, J. I. (2012). Caracterización estructural del manglar en el estero palo verde, laguna de cuyutlan, Colima. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 18(3), 395-408. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.11.101>
- Tenorio, E. del R., & Timaná, D. L. (2017). *Ecosistema Manglares de San Pedro, Vice-Piura: Variación Estacional en su Cobertura, Características Fisiográficas y Componentes Físicoquímicos. Noviembre 2014-Octubre 2015*. [tesis de licenciatura, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo"]. <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/1259/BC-TES-TMP-91.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Torres, J., & Quintanilla-Montoya, A. L. (2014). Alteraciones antrópicas: historia de la Laguna de Cuyutlán, Colima. *Investigación Ambiental, Ciencia y Política Pública*, 6(1), 29-42.

- Torres V, J. R., Infante-Mata, D., Sánchez, A. J., Espinoza-Tenorio, A., & Barba, E. (2017). Atributos estructurales, productividad (hojarasca) y fenología del manglar en la Laguna Mecoacán, Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 65(4), 1592-1608. <https://doi.org/10.15517/rbt.v65i4.26653>
- Tovilla-Hernandez, C., Orihuela-Belmonte, D. E., & Salas-Roblero, R. L. (2009). Estructura, composición, regeneración y extracción de madera de los bosques de manglar. In *El sistema ecológico de la Bahía de Chetumal / Corozal: Costa Occidental del mar Caribe*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Tovilla, C., Román, A., Simuta, G., & Linares, R. (2004). Recuperación del manglar en la Barra del Río Cahoacán, en la costa de Chiapas. *Madera y Bosques*, 2, 77-91. <https://doi.org/10.21829/myb.2004.1031268>
- Tripathy, S. C., Ray, A. K., Patra, S., & Sarma, V. V. (2005). Water quality assessment of Gautami-Godavari mangrove estuarine ecosystem of Andhra Pradesh, India during September 2001. *Journal of Earth System Science*, 114(2), 185-190. <https://doi.org/10.1007/BF02702020>
- URUETA S, J., GARAY S, C., ZAMORA G, A., GALVAN-GUEVARA, S., & DE LA OSSA V, J. (2010). Ciénaga de la caimanera: manglares y aves asociadas. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 2(2), 365. <https://doi.org/10.24188/recia.v2.n2.2010.317>
- VALIELA, I., BOWEN, J. L., & YORK, J. K. (2001). Mangrove Forests: One of the World's Threatened Major Tropical Environments. *BioScience*, 51(10), 807. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0807:mfootw\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0807:mfootw]2.0.co;2)
- Valle, A. G., Osorno-Arango, A. M., & Gil-Agudelo, D. L. (2011). Structure and regeneration of the mangrove forests of Ciénaga de Cholón, Isla Barú, National Natural Park Corales del Rosario y San Bernardo, Colombian Caribbean. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 40(1), 115-130.
- Valle, S. (2013). *Descripción de la vegetación nuclear y asociada del manglar de Jicaral de Puntarenas, en sitios con especial afectación antrópica*. [manuscrito no publicado] Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Costa Rica.
- Velázquez-Pérez, C., Tovilla-Hernández, C., Romero-Berny, E. I., & De Jesús-Navarrete, A. (2019). Mangrove structure and its influence on the carbon storage in La Encrucijada Reserve, Chiapas, Mexico. *Madera y Bosques*, 25(3), 1-14. <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2531885>
- Villalobos, L., & González, L. (2000). Algunas implicaciones de la tecnología pesquera en el medio natural de Barra del Colorado, Limón, Costa Rica. *Ciencias Sociales* 88(2): 145-155.
- Villavicencio-Enríquez, L & Valdez-Hernández, J. I. (2003). Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal rusticano de café en San Miguel, Veracruz, México. *Agrociencia*, 37(4): 413-423.
- Ward, R. D., Friess, D. A., Day, R. H., & Mackenzie, R. A. (2016). Impacts of climate change on mangrove ecosystems: a region by region overview. *Ecosystem Health*

*and Sustainability*, 2(4). 1-26. <https://doi.org/10.1002/ehs2.1211>

Willis, S., & Cortés, J. (2001). Mollusks of Manuel Antonio National Park, Pacific Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 49(SUPPL. 2), 25-36. <https://doi.org/10.15517/rbt.v49i2.26291>

Zamora, P. (2006). Manglares. En Nielsen-Muñoz, V & Quesada-Alpízar, M.A. (eds). *Ambientes Marino-Costeros de Costa Rica* (pp. 23-39). Conservación Internacional.

Zamora-Trejos, P., & Cortés, J. (2009). Costa Rica mangroves: The north Pacific | Los manglares de Costa Rica: El Pacífico norte. *Revista de Biología Tropical*, 57(3), 473-488.

Zamorano, M., & Scillato-Yané, G. J. (2008). Registro de *Dasypus (dasypus) novemcinctus* (mammalia, dasypodidae) en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *BioScriba*, 1(1), 17-26.

## 8. Anexos

**Anexo 1.** Guía de preguntas para aplicar a habitantes cercanos del manglar de Jicaral de Puntarenas

### **ENTREVISTA ABIERTA A LOS HABITANTES DE LA ZONA DE JICARAL DE PUNTARENAS CON EL FIN DE DETERMINAR SU SITUACIÓN ECONÓMICA/SOCIAL Y SU RELACIÓN CON EL MANGLAR**

1. Nombre \_\_\_\_\_ Edad aproximada \_\_\_\_\_
2. ¿Desde cuándo vive en Jicaral? Si es el caso, ¿Por qué se vino a vivir a este lugar?
3. ¿Con quién vive? (Caracterizar el núcleo familiar)
4. ¿Cuáles son las fuentes de trabajo que se dan en este sitio?
5. ¿Es permanente o tiene otros trabajos ocasionales? ¿Cuáles?
6. ¿Conoce de alguien que se dedica a la extracción de sal o madera?
7. ¿Cómo se realiza el trabajo? Caracterizar frecuencia, traslados, sitios de extracción, horas de trabajo
8. ¿Más o menos cuánto ganan? (Por semana, por mes)
9. ¿Qué otros beneficios obtienen del manglar) (pesca, moluscos, turismo)
10. ¿Conoce usted acerca de algún tipo de organización o institución que esté estudiando o trabajando con la comunidad y el ecosistema de manglar?
11. ¿Qué actividades realizan ustedes, u otras instituciones, organizaciones, grupos u otros grupos para proteger el manglar?
12. ¿Conoce si existe algún tipo de plan de manejo o alguna forma de protección del manglar?
13. ¿Qué tipo de limitaciones o prohibiciones tienen ustedes para realizar su trabajo?
14. ¿Qué tipo de apoyo, servicios u otros beneficios obtienen de las instituciones que les visitan?

**Anexo 2.** Guía de preguntas para aplicar a los funcionarios de las instituciones  
relacionadas con el manglar de Jicaral de Puntarenas

**ENTREVISTA ABIERTA A FUNCIONARIOS DE LAS INSTITUCIONES  
RELACIONADAS CON LA CONSERVACIÓN, PROTECCIÓN Y MANEJO  
DEL MANGLAR DE JICARAL**

Nombre \_\_\_\_\_ Edad aproximada \_\_\_\_\_

Institución/Organización \_\_\_\_\_

1. ¿Ha visitado recientemente el manglar? ¿Conoce la importancia de este ecosistema para su comunidad?
2. De acuerdo con su criterio, ¿Cuál es el estado actual del manglar de Jicaral?
3. ¿Cuáles considera que son las mayores amenazas que tiene este manglar?
4. ¿Qué acciones se implementan desde su institución/asociación para mejorar el estado actual del manglar?
5. ¿Coordinan acciones con otras instituciones/ asociaciones para la conservación y protección del manglar? ¿De qué tipo?
6. ¿Qué requeriría su institución/asociación si tuviera la oportunidad de participar en la implementación de técnicas para recuperar el manglar?
7. ¿Conoce alguna técnica para regenerar el manglar? ¿Cuál considera más apropiada de implementar en el manglar de Jicaral?
8. ¿Con cuáles otras instituciones/asociaciones/empresas considera que se pueda contar para implementar acciones para recuperar el manglar? (Financiamiento)
9. ¿Cómo considera que se debe de informar e involucrar a la comunidad en el cuidado y protección del manglar?

**Anexo 3. Matriz de correlación de rangos de Spearman entre nutrientes, parámetros fisicoquímicos y granulometría**

	PO4	NO2	NH4	SIO2	Temp	Sal	OD %	OD mg/l	pH	ORP	Grava	Grava fina	Arena Gruesa	Arenas Media	Arena fina	Arcilla +limo	DAP	Altura
<b>PO4</b>		0,444	0,110	0,034	0,713	0,713	0,041	0,041	0,290	0,088	0,906	0,595	0,139	0,236	0,444	0,783	0,713	0,267
<b>NO2</b>	0,321		0,840	0,444	0,906	0,783	0,988	0,988	0,951	0,595	0,783	0,396	0,444	0,840	0,267	0,110	0,906	0,713
<b>NH4</b>	0,643	0,071		0,110	0,498	0,713	0,051	0,051	0,889	0,783	1,000	0,840	0,167	0,595	0,167	0,595	0,906	0,840
<b>SIO2</b>	0,821	0,321	0,643		0,713	0,840	0,218	0,218	0,703	0,713	0,498	0,595	0,498	0,498	0,840	1,000	0,167	0,713
<b>Temp</b>	-0,179	0,036	-0,286	0,143		0,216	0,736	0,736	0,025	0,267	0,007	0,132	0,703	0,462	0,582	0,536	0,216	0,132
<b>Sal</b>	-0,179	0,107	0,179	-0,071	0,500		0,564	0,564	0,025	0,327	0,171	0,752	0,840	0,840	0,840	0,840	0,665	0,007
<b>OD %</b>	-0,793	-0,018	-0,775	-0,541	0,144	-0,240		0,000	0,877	0,209	0,736	0,629	0,077	0,397	0,118	0,397	1,000	0,672
<b>OD mg/l</b>	-0,793	-0,018	-0,775	-0,541	0,144	-0,240	1,000		0,877	0,209	0,736	0,629	0,077	0,397	0,118	0,397	1,000	0,672
<b>pH</b>	0,468	0,036	0,072	0,180	-0,790	-0,790	-0,066	-0,066		0,099	0,134	0,609	0,507	0,916	0,692	0,872	0,781	0,038
<b>ORP</b>	-0,679	-0,214	-0,107	-0,179	0,429	0,405	0,503	0,503	-0,635		0,582	1,000	0,216	0,389	0,582	1,000	0,462	0,058
<b>Grava</b>	0,036	-0,107	0,000	0,286	0,881	0,548	-0,144	-0,144	-0,587	0,214		0,058	0,703	0,267	0,840	0,216	0,058	0,171
<b>Grava fina</b>	0,214	-0,393	0,071	0,214	0,571	0,119	-0,204	-0,204	-0,216	0,000	0,714		0,069	0,007	0,171	0,002	0,267	0,665
<b>Arena Gruesa</b>	0,607	-0,321	0,571	0,286	-0,143	-0,095	-0,671	-0,671	0,275	-0,476	0,143	0,667		0,022	0,002	0,011	0,977	0,462
<b>Arenas Media</b>	-0,536	0,071	-0,250	-0,286	-0,286	0,071	0,347	0,347	-0,048	0,333	-0,429	-0,881	-0,810		0,132	0,022	0,752	0,840
<b>Arena fina</b>	-0,321	0,500	-0,571	-0,071	0,214	-0,095	0,611	0,611	-0,168	0,214	-0,095	-0,548	-0,905	0,571		0,011	1,000	0,840
<b>Arcilla +limo</b>	-0,107	0,643	-0,214	0,000	-0,262	-0,095	0,347	0,347	0,072	0,000	-0,476	-0,905	-0,833	0,810	0,833		0,462	0,840
<b>DAP</b>	-0,179	0,036	-0,036	-0,571	-0,500	-0,167	0,000	0,000	0,120	-0,286	-0,714	-0,429	0,024	0,119	0,000	0,286		0,389
<b>Altura</b>	0,500	-0,143	0,071	0,179	-0,571	-0,857	-0,180	-0,180	0,755	-0,714	-0,548	-0,167	0,286	-0,095	-0,071	0,095	0,357	

**Anexo 4.** Matriz de correlación de Shapiro-Wilk W entre nutrientes, parámetros fisicoquímicos y granulometría

	PO4	NO2	NH4	SIO2	Temp	Sal	OD %	OD mg/l	pH	ORP	Grava Grava	Grava fina	Arena Gruesa	Arenas Media	Arena fina	Arcilla+limo	DAP	ALTURA	
N	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Shapiro- Wilk W	0,9592	0,8839	0,7757	0,8143	0,9015	0,9788	0,767	0,7511	0,8979	0,7811	0,8481	0,8363	0,841	0,9325	0,9374	0,9617	0,9572	0,8903	
p(normal)	0,8121	0,2446	0,02338	0,05652	0,298	0,9569	0,01258	0,008401	0,2764	0,01791	0,09109	0,06901	0,07713	0,5396	0,5859	0,8259	0,7828	0,2356	

El set de datos no muestra una distribución normal

**Anexo 5.** Familias de especies vegetales asociadas al manglar de Jicaral de Puntarenas

<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>
Acanthaceae	<i>Blechum sp.</i>	
Agavaceae	<i>Furcraea sp</i>	Cabuya
	<i>Yucca guatemalensis</i>	Itabo
Aizoaceae	<i>Sesuvium portulacastrum</i>	Verdolaga de playa
Anacardiaceae	<i>Spondias purpuea</i>	Jocote
Araceae	<i>Monstera deliciosa</i>	Costilla de Adán
	<i>Attalea rostrata</i>	Palma real
Arecaceae	<i>Bactris major</i>	Viscoyol
	<i>Cocus nucifera</i>	Coco
	<i>Elaeis oleifera</i>	Palmiche
Asteraceae	<i>Eclipta prostrata</i>	Yerba de Tago
	<i>Pseudoconyza viscosa</i>	
Bignoniaceae	<i>Crescentia cujeta</i>	Jícaro
	<i>Tabebuia rosea</i>	Roble Sabana
Bromeliaceae	<i>Bromelia pinguin</i>	Piñuela
Cactaceae	<i>Acanthocereus tetragonus</i>	Cruceta
	<i>Nopalea cochenillifera</i>	Tuna
Combretaceae	<i>Conocarpus erectus</i>	Mangle botoncillo
	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro de playa
Costaceae	<i>Cheilocostus speciosus</i>	Caña agria
Cyperaceae	<i>Cyperus ligularis</i>	Navajuela
	<i>Fimbristylis spadicea</i>	Pelo de Chino
Fabaceae	<i>Acacia collinsii</i>	Cornizuelo
	<i>Albizia niopoides</i>	Guanacaste blanco
	<i>Albizia saman</i>	Cenízaro
	<i>Andira inermis</i>	Almendro de río
	<i>Canavalia maritima</i>	Frijol de playa
	<i>Cassia grandis</i>	Carao
	<i>Crotalaria retusa</i>	Cascabelito
	<i>Inga vera</i>	Guava
	<i>Pithecellobium unguis-cati</i>	Espino carbón
	<i>Senna reticulata</i>	Saragundi
	<i>Stryphnodendron microstachyum</i>	Vainillo
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba
	<i>Gossypium sp.</i>	Algodón
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guácimo
	<i>Malachra fasciata</i>	Malva peluda
	<i>Pachira quinata</i>	Pochote
	<i>Pseudobombax septenatum</i>	Ceino barrigón
Meliaceae	<i>Sida rhombifolia</i>	Escobilla
	<i>Talipariti tiliacerum</i>	Majagüillo de playa
	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro amargo
Mimosaceae	<i>Delonix regia</i>	Malinche
	<i>Desmanthus virgatus</i>	Guajillo
	<i>Mimosa pudica</i>	Dormilona
	<i>Mucuna pruriens</i>	Picapica

---

	<i>Tamarindus indica</i>	Tamarindo
Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i>	Moro
	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	Estrella africana
Poaceae	<i>Hyparrhenia rufa</i>	Jaragua
	<i>Pennisetum sp.</i>	Zacate Gigante
Polygonaceae	<i>Coccoloba caracasana</i>	Papaturro
	<i>Coccoloba sp.</i>	
Pteridaceae	<i>Acrostichum aureum</i>	Helecho de manglar
Rubiaceae	<i>Morinda citrifolia</i>	Noni
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum cainito</i>	Caimito
Solanaceae	<i>Solanum sp.</i>	Enredadera
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	Cinco negrito

---

## Anexo 6. Fauna asociada al manglar de Jicaral de Puntarenas

Grupo	Familia	Nombre científico	Nombre común	
Aves	Accipitridae	<i>Buteogallus anthracinus</i>	Gavilán cangrejero	
	Accipitridae	<i>Herpetotheres cachinnans</i>	Guaco	
		<i>Milvago chimachima</i>	Caracara cabezigualdo	
	Alcedinidae	<i>Chloroceryle amazona</i>	Martín pescador amazónico	
		<i>Chloroceryle americana</i>	Martín pescador verde	
	Ardeidae		<i>Ardea alba</i>	Garceta grande
			<i>Butorides virescens</i>	Garcilla verde
			<i>Egretta cerúlea</i>	Garzeta azul
			<i>Egretta thula</i>	Garceta nivosa
		Caprimulgidae	<i>Nyctidromus albicollis</i>	Tapacaminos común
		Ardeidae	<i>Nyctanassa violaceae</i>	Martinete cabecipinto
		Ardeidae	<i>Trigrisoma mexicanum</i>	Garza-tigre cuellinuda
	Cathartidae		<i>Cathartes aura</i>	Zopilote cabezirojo
			<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote negro
	Columbidae	<i>Columbina inca</i>	Tortolita colilarga	
	Columbidae	<i>Columbiana talpacoti</i>	Tortolita rojiza	
	Columbidae	<i>Zenaida asiática</i>	Paloma aliblanca	
	Columbidae	<i>Columba livia</i>	Paloma de castilla	
	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Tijo	
	Emberizidae		<i>Peucaea ruficauda</i>	Sabanero cabecilistado
			<i>Sporophila torqueola</i>	Espiguero collarejo
			<i>Volantinia jacarina</i>	Semillerito negro azulado
			<i>Sporophila corvina</i>	Semillero variable
	Fumariidae	<i>Lepidocolaptes souleyetti</i>	Trepador cabecirrayado	
	Fringilidae	<i>Euphonia affins</i>	Eufonia gargantinegra	
	Hirundinidae	<i>Tachycineta albilinea</i>	Golondrina lomiblanca	
	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate	
	Momotidae	<i>Eumomota superciliosa</i>	Momoto cejiceleste	
	Parulidae	<i>Setophaga perechia</i>	Reinita de manglar	
	Picidae		<i>Melanerpes hoffmannii</i>	Carpintero de hoffman
			<i>Dryocopus liniatus</i>	Carpintero lineado
	Psittacidae		<i>Brotogeris jugularis</i>	Periquito barbinarnaja
			<i>Eupsittula canicularis</i>	Periquito frentinaranja
			<i>Leucophaeus atricilla</i>	Gaviota reidora
	Scolopacidae	<i>Actitis macularia</i>	Alzacolitas	
	Tangara	<i>Thraupis episcopus</i>	Viudita	
	Threskiornithidae	<i>Eudocimus albus</i>	Ibis blanco	
	Trochilidae		<i>Amazilia rutila</i>	Amazilia canela
			<i>Amazilia boucardi</i>	Amazilia manglera
		<i>Amazilia tzacatl</i>	Amazilia rabirrufa	
		<i>Chlorostilbon canivetii</i>	Esmeralda rabihorcada	
	Troglodytidae		<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	Soterrey nuquirrufo
			<i>Thryophilus pleurostictus</i>	Soterrey de costado barreteado
	Trogonidae	<i>Trogon melanocephalus</i>	Trogón cabecinegro	
	Turdidae	<i>Turdus gradyi</i>	Yigüirro	
	Tyrannidae		<i>Myiarchus sp.</i>	Copetón
			<i>Myozetetes similis</i>	Mosquero cejiblanco
		<i>Sublegatum arenarum</i>	Mosquero matorralero norteño	
		<i>Myiodynastes melancholicus</i>	Mosquero ventriazufrado	
		<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bienteveo grande	
		<i>Todirostrum cinereum</i>	Espatulilla común	
		<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical	
Reptiles	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Garrobo	
	Teiidae	<i>Ameiva undulata</i>	Ameiva manchada	
	Crocodylidae	<i>Crocodylus acutus</i>	Cocodrilo	

	Corytophanidae	<i>Basiliscus basiliscus</i>	Basilisco común
	Iguanidae	<i>Iguana iguana</i>	Iguana
<b>Mamíferos</b>	Dasypodidae	<i>Dasypus novemcinctus</i>	Cusuco /Armadillo
	Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	Mapache
	Sciuridae	<i>Sciurus variegatoides</i>	Ardilla
	Atelidae	<i>Alouatta palliata</i>	Mono aullador
	Cebidae	<i>Cebus capucinus</i>	Mono carablanca
<b>Moluscos</b>	Littorinidae	<i>Littoraria zebra</i>	Litorina
		<i>Littoraria varia</i>	Litorina
		<i>Littoraria fasciata</i>	Litorina
	Potamididae	<i>Cerithidea mongtagnei</i>	Cuerno brillante
<b>Crustáceos</b>	Gecarnidae	<i>Gecarcinus quadratus</i>	Moro de manchas blancas
	Grapsidae	<i>Goniopsis pulchra</i>	Caraña de mangle
		<i>Sesarma sulcatum</i>	Abuete cajeta peluda
		<i>Pachygrapsus transversus</i>	Abuete