

## Estrategias de propagación del Mangle Piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*), sector Uleam, río Mache, Ecuador

Propagation strategies of the Piñuelo Mangrove (*Pelliciera rhizophorae*), Uleam sector, Mache River, Ecuador

Ever Morales Avendaño<sup>1\*</sup>, Luis Madrid Jiménez<sup>2</sup>, Villegas Rosado Joel<sup>3</sup>, Gema Navarrete Pinargote<sup>3</sup>, Mallerly Arroyo Ruiz<sup>3</sup> y Xavier Cornejo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Ecuador.

<sup>2</sup>Docente Carrera de Biología. Extensión Pedernales. ULEAM, Ecuador

<sup>3</sup>Estudiante de la Carrera de Biología. Extensión Pedernales. ULEAM, Ecuador

<sup>4</sup>Herbario GUAY, Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Av. Raúl Gómez Lince s.n. y Av. Juan Tanca Marengo (campus Mapasingue), Guayaquil, Ecuador.

Recibido 01 agosto 2023, aceptado 11 de noviembre 2023, en línea 14 de diciembre 2023.

### Resumen

Se presenta una estrategia de propagación de mangle piñuelo *Pelliciera rhizophorae* ensayada en el estuario del río Cojimíes, provincia de Manabí, costa de Ecuador. Se seleccionaron los sectores de Guillermina, Uleam y Siberia y se establecieron las densidades poblacionales. El sector Siberia y Guillermina fueron seleccionados para la colecta semillas maduras y germinadas; así como de lodos para propagación del mangle piñuelo en el sector Uleam. Se destaca el sector Siberia como un vivero natural, por la mayor población de mangle piñuelo adultos, plántulas y de semillas germinadas. De acuerdo al método de propagación mediante fase de vivero y de siembra directa, se refleja un crecimiento sostenible y supervivencia del 95% a una densidad de 0,32 plantas/m<sup>2</sup> en 407,7m<sup>2</sup>; también se observó que el crecimiento es favorecido en espacios sombreados con 39,93 ±17,99 cm; respecto a los expuestos al sol directamente con una altura promedio de 29,46 ±15,36cm. Entre otras estrategias aplicadas se incluyeron aplicación de lodos, poda controlada y sitio con acceso al régimen de mareas. Esta Modalidad de siembra es la primera que se realiza en Ecuador con *Pelliciera rhizophorae* y la segunda en el mismo sector como experiencias de reforestación de esta especie amenazada.

**Palabras clave:** Cojimíes, *Pelliciera rhizophorae*, río Mache, propagación *in vitro*.

### Abstract

A propagation strategy for piñuelo mangrove *Pelliciera rhizophorae* tested in the Cojimíes River estuary, Manabí province, coast of Ecuador is presented. The sectors of Guillermina, Uleam and Siberia were selected, and population densities were established. The Siberia and Guillermina sectors were selected for the collection of mature and germinated seeds; as well as sludge for the propagation of the piñuelo mangrove in the Uleam sector. The Siberia sector stands out as a natural nursery, due to the largest population of adult piñuelo mangroves, seedlings and germinated seeds. According to the propagation method through the nursery phase and direct sowing, a sustainable growth and survival of 95% is reflected at a density of 0.32 plants/m<sup>2</sup> in 407.7m<sup>2</sup>; It was also observed that growth is favored in shaded spaces with 39.93 ±17.99 cm; compared to those exposed to the sun directly with an average height of 29.46 ±15.36cm. Other strategies applied included sludge application, controlled pruning and a site with access to the tidal regime. This planting modality is the first to be carried out in Ecuador with *Pelliciera rhizophorae* and the second in the same sector as reforestation experiences of this threatened species.

**Keywords:** Cojimíes, *Pelliciera rhizophorae*, Mache River, *in vitro* propagation.

### Introducción

Es reconocido a nivel mundial el aporte del ecosistema de manglar en cuanto a servicios ambientales,

aprovisionamiento, regulación, resguardo de flora y fauna y de servicios ecosistémicos. Sin embargo, dada la deforestación no controlada y su impacto ambiental, es necesario la aplicación de planes de conservación

\* Correspondencia del autor:

E-mail: edmorales@espam.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

de las áreas de manglares a nivel de Ecuador y de todos los países costeros donde se encuentran. Entre las principales áreas de manglares se cuentan los siguientes: Archipiélago de Jambelí, Golfo de Guayaquil, Río Chone, Río Cojimies, río Muisne y Estuario Cayapas Mataje. Actualmente, las amenazas en torno a los manglares del cantón Pedernales se hacen visibles, por la tala de manglar debido a la actividad camaronera, no aplicación de la normativa ambiental vigente, sedimentación de los estuarios por deforestación de sus cuencas hidrográficas, poca generación de investigación científica en torno a los servicios ecosistémicos y vulnerabilidad al cambio climático.

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) clasifica a *Pelliciera rhizophorae* como una especie en categoría vulnerable; además por ser una especie restringida en América; contrario a las cosmopolitas como; tales como, mangle rojo y negro. En tal sentido, las poblaciones de mangle piñuelo están separadas en decenas o cientos de kilómetros y en cuanto a población, a veces están representados por pocos ejemplares en los sitios identificados. Sus semillas se dispersan con dificultad por vía acuática y su hábitat, está siendo degradado por actividades antropogénicas (Ellison *et al.*, 2010).

En este sentido, la vulnerabilidad de los ecosistemas de manglar conformados por las siguientes especies: *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa*, *Pelliciera rhizophorae* y *Rhizophora mangle*, *Mora oleífera* y la constante presión a la que han sido sometidos por la acción antropogénica, han generado diversos ensayos para su recuperación en las costas ecuatorianas (Cornejo, 2014).

Según Duke (2020) en su estudio con el género *Pelliciera* (Tetrameristaceae)", considera una mayor vulnerabilidad la combinación de *Pelliciera rhizophorae* y *Pelliciera benthamii* en América Ecuatorial y aunque sus diferencias taxonómicas están demostradas (Cornejo y Bonifaz, 2023) son más susceptibles, especialmente para *P. benthamii*,

por estar más restringida que *P. rhizophorae*. Por lo tanto, han sido consideradas seriamente amenazadas por las actividades antropogénicas y cambio climático cada vez mayores (Blanco *et al.*, 2015).

El grado de vulnerabilidad de las comunidades de manglares en función de los tensores ambientales que puedan perturbar la vitalidad y permanencia de las diversas especies se registra de acuerdo con su incidencia y según su ubicación geográfica y factores que inciden en su dinámica. El término tensor (Guzmán *et al.*, 2011), representa cualquier factor o situación que obliga a un sistema a movilizar sus recursos y gastar más energía para mantener la homeostasis o equilibrio dinámico; y que en este caso corresponde a todos los producidos por actividades antropogénicas y los manifestados por la naturaleza.

Como ejemplo, Álvarez-León (2003) reportan en un estudio realizado en Colombia con especies presentes en el Caribe (*Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa*, *Pelliciera rhizophorae* y *Rhizophora mangle*) y las del Pacífico (*A. germinans* y *P. rhizophorae*) y de los resultados obtenidos se confirmaron: la apertura de canales en ríos para transporte de insumos de camaroneras (ACR), arrastres de sedimentos en ríos (AS), asentamientos humanos (AH), aumento de la cota de agua de ríos y desprendimiento de árboles (ACAR), actividades camaroneras (AC), construcción de infraestructura (CI), contaminación por residuos sólidos y líquidos (CSL) y por la deforestación no controlada (DNC). De tal forma, que, dependiendo del efecto directo o indirecto para cada especie, los autores especificaron el nivel de vulnerabilidad detectado.

Por otra parte, Cruz y Pérez (2017) identificaron en Santiago de Cuba un sector de manglares con *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus* y entre los tensores involucrados en el daño a estas especies se incluyeron: la sedimentación, construcción de caminos, incremento del área agrícola, ganadería, deforestación y entre estos determinaron los efectos perturbadores de los manglares en un 85% de origen

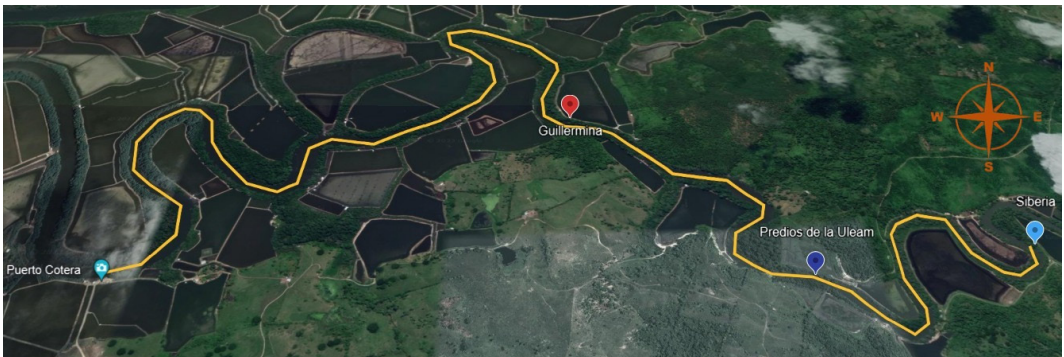


Figura 1: área de estudio en los márgenes del río Mache, Cojimies, Manabí con inclusión de Puerto Cotera y los sectores de Guillermina, Uleam y La Siberia

antrópico y de un 15% por eventos naturales. Estos resultados, estimaron la aplicación de planes de restauración y de mitigación temporales o permanentes.

Aun cuando los países con ecosistemas de manglares presentan planes de manejo y de restauración por el reconocimiento de los servicios ecosistémicos; se ha demostrado una disminución acelerada del área de cobertura de las comunidades de manglares; por lo que, se requiere de inmediato la ejecución de los programas de recuperación de poblaciones costeras y estuarinas.

Entre las experiencias de propagación se han reportado en costas del Caribe y del Pacífico colombiano con las especies *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa*, *Pelliciera rhizophorae* y *Rhizophora mangle* y del Pacífico como *Avicennia germinans* y *Pelliciera rhizophorae*.

Los medios de propagación utilizados corresponden a la colecta de hipocótilos, propágulos y plántulas; además de estacas y acodos; incluso, en varios países con abundancia de áreas con diversidad de manglares se han utilizados como viveros naturales para la colecta de plántulas de ciertas especies (Alvarez, 2003).

La propagación vegetativa también se ha considerado para aquellas especies con capacidad de diferenciación meristemática para la obtención de individuos clonados (Carmona *et al*, 2014). El uso de viveros es una de las técnicas más utilizadas en proyectos sobre protección de reservas y sumideros de carbono en manglares (Castillo *et al.*, 2021; PNUD y Mi Ambiente. 2017) y entre las especies más utilizadas se destaca *R. mangle* por su capacidad de resistir condiciones extremas, supervivencia en vivero y disponibilidad permanente para su colecta; seguido por *Avicennia germinans*. En cuanto a *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*, se han descrito mejores respuestas al trasplante de ramas defoliadas y así como también a la técnica de implantación de estacas y acodos (Pallares, 2002).

Entre las experiencias descritas sobre reforestación de mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*) se ha reportado la metodología de siembra directa de plantas adultas en el sector de la finca de la Uleam del río Mache, Cojimies, Pedernales, Manabí (Madrid *et al.*, 2019) y entre los resultados obtenidos se obtuvo una supervivencia del 42% y una altura promedio de 134cm en 9 meses de siembra. Así mismo, se consideró que el método propuesto es recomendable, por su sencillez y bajo costo.

En el presente trabajo se describe una metodología de propagación relacionada con la producción de viveros temporales, a partir de semillas maduras, semillas germinadas y plántulas del mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*), en tres sectores del río Mache, Cojimies de la provincia de Manabí, Ecuador; dada también que

está declarada en categoría vulnerable por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza-UICN) desde 2010 y por lo tanto se requiere contribuir con la reforestación en el área de estudio a fin de contribuir con la mitigación de los tensores ambientales que están ocasionando reducción de su población.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

Se seleccionaron tres sectores distinguidos por presencia de ejemplares de *Pelliciera rhizophorae* en las márgenes del río Mache y de acuerdo a la distancia desde Puerto Cotera (zona de embarque relativo a las actividades camaronera), se indica el sector Guillermina, Uleam (área de la Universidad) y La Siberia, con distancias de 5.2km, 6.84km y 8.61km; respectivamente (Figura 1)

Durante el periodo de estudio, entre febrero 2022 y agosto 2023 se colectaron muestras de aguas superficiales en cada orilla de los sectores e incluyendo a Puerto Cotera y mediante el uso de un equipo multiparamétrico de campo (Water quality tester) se realizaron medidas de pH, CE ( $\mu\text{ms/cm}$ ), salinidad (%) y temperatura, tanto en marea baja como en la alta durante el desplazamiento del transporte fluvial. En las primeras visitas fueron reconocidos y seleccionados los sectores para los muestreos sobre poblaciones de mangle piñuelo.

### Metodología de propagación de mangle piñuelo

Se seleccionaron los sectores de Guillermina, Uleam y La Siberia por presencia de mangle piñuelo. En estos tres sectores se identificaron y se contabilizaron ejemplares a fin de determinar la densidad poblacional de cada especie y según el área con presencia de mangle piñuelo. Los ejemplares de *Pelliciera rhizophorae* fueron numerados y etiquetados; mientras que los de mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y de mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) solo fueron censados.

### Selección de sectores para colecta de semillas

La fase de estudio se realizó entre febrero 2022 y marzo 2023 para la cual, se seleccionaron tres sectores a orillas del río Mache: Guillermina, Uleam y La Siberia. En cada uno se programaron muestreos de acuerdo al área y accesibilidad. Los ejemplares de mangle piñuelo fueron numerados y etiquetados y las otras especies sólo contabilizadas.

### Fase de colecta de semillas y plántulas.

Para el experimento de propagación se seleccionaron al azar semillas maduras (Figura 2), germinadas y plántulas en un 98% en La Siberia y en un 2% en Guillermina; en cuanto al lodo se realizó en un 100% en La Siberia y a un volumen suficiente para cubrir todas las bandejas donde eran insertadas la semillas maduras y germinadas; luego transferidas el material vegetal y el fango a los predios de la Extensión



Figura 2. Fruto maduro de mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*) colectado en el sector Siberia, río Mache.



Figura 3: Traslado de plántulas de mangle piñuelo en condiciones de vivero hacia el sector Uleam para ser sembradas en la parcela experimental.

Pedernales-Uleam a campo abierto en condiciones *in vitro* y *ex situ*.

**Fase de Vivero.**

En cada bandeja con lodo y de dimensiones (10x20x30cm) se dispusieron 6 semillas entre maduras y germinadas; cada tres días se realizaban observaciones sobre desarrollo de los embriones (cotiledones, primordios foliares y pigmentación); mientras que para las plántulas se consideraba la supervivencia, talla y número de hojas. Durante esta fase se realizaban simulación de mareas mediante inundación de las bandejas. Una vez que las plántulas alcanzaban tallas entre 12-15cm se procedió a su traslado al sector Uleam del río Mache para su ubicación definitiva en el área de siembra seleccionada (Figura. 3).

**Fase de siembra en el sector ULEAM del río Mache.**

El método de siembra se realizó en tres etapas programadas para la expansión del área o parcela experimental; de las cuales el 85% procedían de plántulas mantenidas con la modalidad de vivero y el 15% de siembra directa de plántulas colectadas de Siberia y Guillermina (Figura. 4).

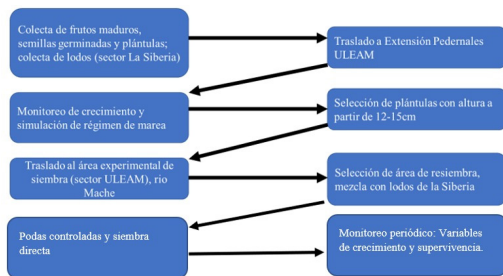


Figura 4: Fases del programa de propagación *in vitro* del mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*). Estuario río Mache-Cojimies-Pedernales.

La siembra en el sector Uleam fue progresiva en cuanto a las ampliaciones del área realizadas con eliminación de malezas, poda controlada de algunos mangles adultos y del helecho *Acrostichum aureum* (Berdiales, González y Vega, 2023). La programación de la siembra experimental se realizó en tres etapas de acuerdo a los lotes A, B y C; en estos se incluyeron las plántulas adaptadas a viveros en un 85% y 15% por siembra directa procedentes de La Siberia y de Guillermina; respectivamente.

En total, fueron plantados 122 ejemplares, de los cuales 27, 23 y 72 se ubicaron en los lotes A, B y C; respectivamente y con las dimensiones de 67,95mx6,0m, equivalentes a 407,7 m<sup>2</sup> (fig. 4). En el área de siembra se incluyen 6 plantas como ejemplo de reforestación natural y tres plántulas y un ejemplar adulto con floración y fructificación permanente en un sitio anexo a la parcela de siembra (cuadro parte superior de la figura 5).

**Efecto del sombreado y de mayor exposición a la irradiación solar.**

Con la finalidad de evaluar el efecto del sombreado y de iluminación en la parcela experimental de siembra de mangle piñuelo, se seleccionaron 16 ejemplares

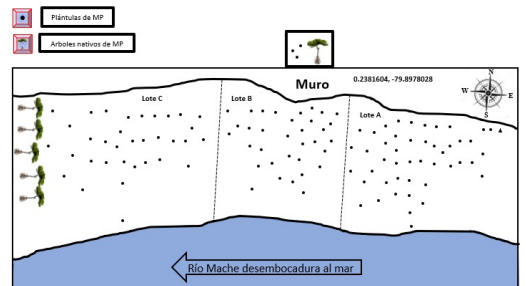


Figura 5. Croquis del área de propagación *in vitro* de mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*) Sector Uleam, río Mache, Cojimies.



Tabla 1. Variables fisicoquímicas de muestras de aguas superficiales en sectores Puerto Cotera, La Guillermina, La Siberia y Uleam

Sector	pH	CE (µms/cm)	Salinidad (%)	Temperatura (°C)
Puerto Cotera	6,4±0,3	5810±32	0,28±0,2	24,5±1,4
Guillermina	6,5±0,9	245±25	0,01±0,05	26,7±0,3
Siberia	6,6±1,3	267±37	0,03±0,01	26,3±1,7
Uleam	6,1±1,5	775±87	0,05±0,02	27,8±2,2

Tabla 2: Población de mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*), según area y densidad (planta/m²) en tres sectores del río Mache, Cojimies, Manabí.

Mangle Piñuelo	Población (plantas)	Área (m2)	Densidad (plantas/m²)
La Guillermina	52	462	0,11
La Siberia	1391	15240	0,072
Uleam	100	23200	0,004

más expuestos a la iluminación solar y 14 con una mayor área de sombreado. La medida en cada planta se realizó con una cinta métrica, considerando también la hoja apical con la mayor altura.

## Resultados

De acuerdo al monitoreo de las variables de pH, CE (µms/cm), salinidad y temperatura durante el periodo de estudio y con un total de 15 muestreos, se aprecia un pH ligeramente ácido desde el sector del Puerto Cotera, hasta La Siberia, el más alejado respecto al sitio de embarque de Puerto Cotera. La CE relacionada con el contenido de sales y de compuestos generados de las descargas de efluentes de las camaronerías, sugiere la mas elevada en la sede de embarque y desembarque del Puerto Cotera de materiales, productos alimenticios y cosechas de camarones; además la diversidad de otros materiales y transporte de personas.

Estas actividades conducen a incrementar la conductividad eléctrica en las aguas del río Mache

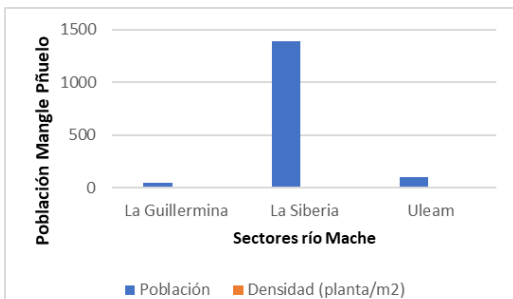


Figura 6. Población y densidad del mangle piñuelo (MP/m²) en los sectores: Uleam, Guillermina y Siberia.

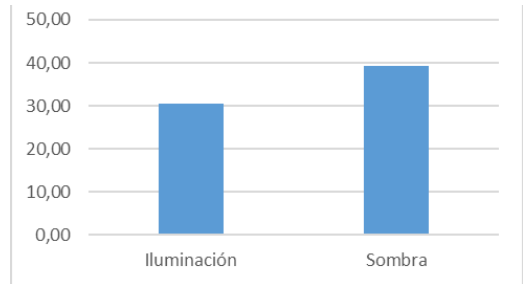


Figura 7. Efecto del área sombreada e iluminada sobre el crecimiento en mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*).

(Tabla 1). Así mismo, en La Siberia hay una tendencia al aumento; por cuanto este sector esta separado para la construcción de una canal de salida de los efluentes de una camaronería. En todos los sectores recorridos la salinidad se mantiene baja y no llega a alcanzar valores a nivel de agua salobre; sin embargo, en el sector Puerto Cotera del río Mache, por la proximidad relativa a la zona costera se mantiene un ligero aumento de la salinidad.

La densidad poblacional del mangle piñuelo en la Guillermina se realizó en una parcela al margen del río, de forma rectangular y con una superficie de 30x15 m (462m²), y se contabilizaron 51 ejemplares adultos a una densidad de 0,11 (plantas/m²) (Tabla 2) Esta área se caracterizó por mantener plantas con frutos y semillas en germinación en un 40% y 5%; respectivamente.

La mayor población de Mangle piñuelo por sectores fue observada en La Siberia con una población de 1391, equivalente a una densidad de 0,072 plantas/m² (figura 6); sin embargo, se observa una elevada velocidad de reducción del área por pérdida del suelo y de ejemplares adultos de mangle piñuelo en proceso de ser desprendidos de la orilla del río Mache. El sector Uleam seleccionado en el presente estudio estuvo ocupado por una piscina camaronería y en un área de 23200m² y en esta se establecieron diversas especies de manglares en orden descendente: *Avicennia germinans* (mangle negro)>*Rhizophora mangle* (mangle rojo)> *Laguncularia racemosa* (mangle blanco)> *Pelliciera rhizophorae* (mangle piñuelo)> *Tabebuia palustris* (barbasco). De estas especies, *Avicennia germinans* supera significativamente a las demás especies, en cambio *Tabebuia palustris* solo está representada por tres ejemplares.

Como resultado de la aplicación de la metodología de propagación en fase de vivero y de siembra directa de *Pelliciera rhizophorae* en el sector Uleam se ha mantenido una supervivencia del 95% en un área de 407,7m<sup>2</sup> y en un área de 0,32 plantas/m<sup>2</sup>; la cual representa un éxito para ser replicado en otros sectores.

Los resultados obtenidos en cuanto a la evaluación del efecto del sombreado y de la exposición a la irradiación solar sobre el crecimiento de mangle piñuelo, indicaron que las plantas bajo sombra (lote B) con ejemplares de *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*, presentaron una mayor altura con 39,21±13,93cm; en cambio las más expuestas al sol (lote C) alcanzaron un promedio de 30,39 ±20,36 cm (Figura 7).

## Discusión

La mayor población de mangle piñuelo en cuanto a ejemplares adultos, plántulas, floración permanente, elevada producción de frutos y de semillas germinadas, se registró en La Siberia; lo que la convierte en un vivero natural como fuente de material genético para propagación en otros sectores del río Mache y así contribuir con la conservación de esta especie. De igual manera, la metodología de siembra progresiva en el lote "A", seguido del "B" y luego del "C" previa a la fase de vivero en un 90% y de siembra directa en un 15% ha sido efectiva en cuanto a la supervivencia y crecimiento.

A pesar de que, en la fase de vivero desarrollada en condiciones ambientales urbanas, ejecutada en tres etapas con sitios diferentes y expuestas a luz solar diaria; se obtuvo una supervivencia del 90% y con buen desarrollo de las plántulas en cuanto a raíz, tallo y hojas. Estos resultados, pudieran indicar una capacidad de adaptación ante estas condiciones extremas en relación a su hábitat natural bajo sombra e inundaciones naturales.

En el presente estudio, con la aplicación de la metodología de propagación producida en vivero y mediante siembra directa de *Pelliciera rhizophorae* en el sector Uleam, tomando en consideración otras condiciones diferentes a las de La Siberia y Guillermina, en relación a sombra, fango y mayor accesibilidad al régimen de mareas; se ha alcanzado una supervivencia exitosa del 95%. Es de indicar que, la mortalidad del 5%, ha estado relacionada con mordeduras de cangrejos en los cotiledones, pisadas accidentales y de plántulas colectadas de inmediato y sembradas directamente en la parcela.

Al respecto, se ha reportado también en planes de reforestación en el Pacífico colombiano con *R. Mangle*, una supervivencia del 100% para plántulas mantenidas en vivero y de un 67,36% para siembra directa en otra parcela (Álvarez-León, 2003). En otras experiencias,

también se han obtenido para *Rhizophora mangle* mejores resultados en el trasplante con plántulas provenientes de vivero, en comparación con aquellas que se obtuvieron por siembra directa de propágulos (Ulloa-Delgado, 2000).

El uso de fango también está descrito en un programa de restauración de 33 hectáreas con *Pelliciera rhizophorae* en un bosque inundable de la provincia de Chiriquí, Panamá donde utilizaron la germinación de semillas en vivero mediante la construcción de camas con inclusión de fango del sitio de colecta de las semillas y con resultados a los 35 días, con plantas de 4 hojas de promedio y buen desarrollo del sistema radicular; por lo que resaltaron la eficiencia del crecimiento de la población del mangle piñuelo bajo las condiciones establecidas en dicho estudio. Así mismo, resaltaron que "el uso del sustrato o lodo procedente del área en donde crecen los rodales de piñuelo y el agua salobre procedente de un estero, contribuyeron a la sobrevivencia de los plantones (Berdiales, Gonzalez y Vega, 2023).

Por otra parte, se tiene establecido el mangle piñuelo se mantiene "en ambientes hiposalinos o salobres saturados y mal ventilados, en suelos fangosos blandos ligeramente elevados y periódicamente inundados superficialmente durante las mareas altas" (Cornejo, 2014), información que respalda el mantenimiento de las condiciones de simulación de su hábitat natural, a la sombra, en fango y con inundaciones periódicas por el régimen de mareas en aguas no salinas.

El efecto de sombra y de la irradiación solar sobre el crecimiento de *Pelliciera rhizophorae* también fue reconocido en el presente estudio, por cuanto se determinó el mayor crecimiento en el área de la parcela sombreada por otras especies de mangles (*A. germinans*, *R. mangle* y *L. racemosa*) y con relación al sector más expuesto a la iluminación solar. En este sentido, Dangremond *et al.*, (2015) indicaron que *Pelliciera rhizophorae*, comparada a otras especies de mangle fue la más sensible y con una mortalidad alta en condiciones combinadas de alta luz y salinidad media-alta; por lo que consideraron que esta especie es muy susceptible ante áreas abiertas expuestas al sol y a la salinidad. Entre otros de los condicionantes que favorecen el mantenimiento del mangle piñuelo se incluye sectores con abundante escorrentía de tierras altas más húmedas y de alta precipitación en pequeñas poblaciones de *P. rhizophorae* en las costas caribeñas de América Central y del Sur (Jiménez, 1984).

Con respecto a los tensores ambientales perturbadores de la estabilidad de las poblaciones de mangle piñuelo en la zona de estudio, se incluyen la apertura de canales en el río para transporte de insumos de camaronerías, deforestación no controlada (La Siberia); mientras que para el caso del sector Guillermina se han identificado arrastres de sedimentos, erosión hídrica de las orillas causando desprendimiento de especies adultas en fructificación y reducción continua del ancho de la parcela con un área rectangular actual de 750m<sup>2</sup>; sin

embargo, se mantiene una tasa de fructificación y de germinación de mangle piñuelo de un 40% y 5%; bajo esta premisa, se recomendaría que este sector, sea declarado en estado de alerta. En cambio, en el sector Uleam se aprecia mayormente la competencia interespecífica entre las siete especies de mangle presentes.

## Conclusiones

Entre las estrategias utilizadas para la propagación de *Pelliciera rhizophorae* se seleccionaron todos como sustrato adicional, semillas y plántulas procedentes del sector Siberia y Guillermina durante la fase previa de vivero y de siembra directa en una parcela del margen del río Mache del sector Uleam.

Los resultados obtenidos en cuanto al mantenimiento de una supervivencia del 95%, constituyen un avance referente a la integración de factores ambientales que permiten el acondicionamiento de espacios accesibles a áreas sombreadas, poda controlada e inundación moderada con aguas hiposalinas durante las mareas para el desarrollo satisfactorio del mangle piñuelo.

## Recomendaciones

Aplicar la metodología aquí propuesta de propagación de mangle piñuelo *Pelliciera rhizophorae* en otros sectores del río Mache, con la finalidad de repoblar las márgenes y como parte de un plan de conservación de esta especie que es menos común.

Estudiar el desempeño de *Pelliciera rhizophorae* en la captura y almacenamiento del CO<sub>2</sub>.

Mantener monitoreo para análisis de parámetros fisicoquímicos en suelos, agua y hojas a fin de relacionarlos con los índices de crecimiento y supervivencia de Mangle Piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*) en los sectores de estudio.

Realizar un mapeo de las poblaciones de las especies de mangles del río Mache y del Cojimíes, con la finalidad de garantizar el inicio de un plan de manejo integral y sustentable del ecosistema y así como también, lograr estrategias que permitan reducir el impacto de diversos factores ambientales sobre las poblaciones de *Pelliciera rhizophorae* en especial en todos los sectores donde se han observado poblaciones de este mangle.

Implementación de talleres participativos y acciones de difusión y educación ambiental entre los pobladores, unidades educativas y representantes gubernamentales y de las empresas acuícolas, para el cuidado y protección de los manglares.

## Referencias

Agudelo, C., Bolívar, J., Polanía, J., Urrego, L., Yepes, A. y Sierra, A. 2015. Estructura y composición florística de los

manglares de la bahía de Cispatá, Caribe colombiano. Revista de Biología Tropical, 63 (4): 1137-1147. <https://www.scielo.sa.cr/scielo/pid=50034-774420>.

Álvarez-León R. 2003. Los manglares de Colombia y la recuperación de sus áreas degradadas: revisión bibliográfica y nuevas experiencias. Madera y Bosques, 9 (001): 3-25. [https://www.redalyc.org/Resumen\\_61790101](https://www.redalyc.org/Resumen_61790101)

Autoridad Nacional del Ambiente y Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá ANAM- [ARAP]. 2013. Manglares de Panamá: importancia, mejores prácticas y regulaciones vigentes. Panamá: Editora Novo Art, S.A., XX pp. ISBN 978-9962-651-86-4.

Barrantes Leiva R. y Cerdas Salas A. 2015. Distribución espacial de las especies de mangle y su asociación con los tipos de sedimentos del sustrato, en el sector estuarino del Humedal Nacional Térraba-Sierpe, Costa Rica. Rev. Biol. Trop, 63 (Suppl. 1): 47-60. ISSN-0034-7744).

Benjamín Castillo E., Gervacio Jiménez H. y Vences Martínez J. 2021. Propagación vegetativa del mangle (*Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn.) bajo condiciones de vivero. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 12 (67): 168-184.

Berdiales J., González C. y Vega A. 2023. Restauración con mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*) de áreas alteradas en el bosque inundable de manglar en una región del pacífico. Tecnociencia, 25 (1): 106-120.

Blanco-Libreros, J., Estrada-Urrea, E., Pérez-Montalvo, R., Taborda-Marín, A., Álvarez-León, R. 2015. 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.

Carvajal R. y X. Santillán. 2019. Plan de Acción Nacional para la Conservación de los Manglares del Ecuador Continental. Ministerio del Ambiente de Ecuador, Conservación Internacional Ecuador, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Proyecto Conservación de Manglar en el Pacífico Este Tropical. Guayaquil, Ecuador.

Castillo-Cárdenas, M. F., & Toro-Perea, N. 2012. Low genetic diversity within Caribbean patches of *Pelliciera rhizophorae*, a Neotropical mangrove species with reduced distribution. Aquatic Botany, 96(1), 48-51.

CPPS/UNESCO/CI/Hivos. 2016. Plan de acción regional para la conservación de los manglares en el Pacífico Sudeste. CPPS, UNESCO, Conservación Internacional e Hivos. Guayaquil., Ecuador.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. CONABIO. 2018. Los manglares: Conocimiento e importancia. <http://www.conabio.gob.mx/manglares/doctos>

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2020. Manglares de México: soluciones naturales al cambio climático. México. <https://www.gob.mx/conanp/articulos/manglares-d>.

Cornejo, Xavier (ed). 2014. Plants of the south american pacific Mangrove swamps. Publicaciones del Herbario guay, Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil, Ecuador.

Cornejo, X. 2014. Árboles y arbustos de los Manglares del Ecuador. MAE (Ministerio Del Ambiente Del Ecuador); FAO 48. <http://www.flacoandes.edu.ec/libros/digital/55818.pdf>

Cornejo, X. y C. Bonifaz. 2020. *Pelliciera benthamii* (Tetrameristaceae): a new status and lectotypification of an overlooked neotropical mangrove. *Harvard Papers in Botany* 25: 47-49.

Cruz-Portorreal Y, y Pérez-Montero O. 2017. Evaluación de impactos a la salud del manglar en el municipio Guamá, Santiago de Cuba, Cuba. Madera y Bosques, 23(1): 23-37.

Dahdouh-Guebas F. (Ed.) 2022. World Mangroves database. *Pelliciera rhizophorae* Planch. & Triana. Accessed through:

- World Register of Marine Species at: [https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=tax\\_details&id=344746](https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=tax_details&id=344746)
- Dangermond, E. M. y Feller, I. 2014. Functional traits and nutrient limitation in the rare mangrove *Pelliciera rhizophorae*. *Aquatic Botany*, 116: 1-7.
- Donato, D., Kauffman B., Murdiyardo D., Kurnianto S., Stidham M. y Kanninen M. 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*. Vol.4. No. 5. pp: 293-297.
- Duke NC. 2020. A Systematic revision of the vulnerable mangrove genus *Pelliciera* (Tetrameristaceae) in equatorial America. *Blumea* 65 (2): 107-120. <https://doi.org/10.3767/blumea.2020.65.02.04>.
- Ellison, A., Farnsworth, E. y Moore, G. 2010. *Pelliciera rhizophorae*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T178833A7621318.en>
- Grellet V. 1995. Estructura y composición florística de rodales con *Pelliciera rhizophorae* del manglar del estero Guarumal, Sierpe, Costa Rica. Tesis de Magister Scientiae. Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza. Costa Rica.
- Guzmán, J., Menéndez L., Suarez R., y Rodríguez L. 2011. Estado actual de los humedales costeros en la provincia La Habana, Cuba. 125-134.
- Hernández-Blanco M., Costanza R. y Cifuentes-Jara, M. 2018. Valoración económica de los servicios ecosistémicos provistos por los manglares del Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Conservación Internacional*. <https://www.researchgate.net/publication/318337777>.
- Hernández-Carmona, Gustavo Carmona-Díaz, G. y García-Ordu F. 2014. Potencial vegetativo de las especies de mangle para programas de propagación. *Revista Científica Biológico-Agropecuaria Tuxpan*, 2(4): 866-874.
- Jimenez, J. A. 1984. A Hypothesis to Explain the Reduced Distribution of the Mangrove *Pelliciera rhizophorae* Tr. & Pl. *Biotropica*, 16(4): 304-308. doi: 10.2307/2387939
- Madrid L., Zambrano D. y Barcia E. 2019. Restauración poblacional del mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*) en el río Mache. Primer Congreso Manglares de América. Universidad Espíritu Santo. Samborondón. Ecuador. 230-239. Mangroves. [http://www.mangrove.at/pelliciera-rhizophorae\\_tea-mangrove.html](http://www.mangrove.at/pelliciera-rhizophorae_tea-mangrove.html)
- Miryeganeh M 2022 Mangrove Forests: Natural Laboratories for Studying Epigenetic and Climate Changes. *Front. Plant Sci.* 13:851518. doi: 10.3389/fpls.2022.851518
- Morocho, R. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. 2019. Módulo I Acuerdos de Uso Sustentable y Custodia del Manglar (AUSCM), plan de manejo e informes semestrales. 76p.
- Ortiz Reyes, A., Robles López K., Urrego Giraldo L. y Romero Tavares M. 2018. Diversidad e interacciones biológicas en el ecosistema de manglar. *Revista de Ciencias*, 22 (2): 11-127.
- Parejo-Farnés, C., Aparicio, A., Albaladejo, R. 2019. Una aproximación a la ecología epigenética en plantas. *Ecosistemas* 28(1): 69-74. Doi.: 10.7818/ECOS.1605
- Perea Ardila, M., Murillo Sandoval, P. 2022. La ganancia de manglar y sus implicaciones en el reservorio de Carbono del Parque Nacional Natural Sanquianga en Colombia. *Ecosistemas* 31(3): 2386. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2386>
- PNUD y MIAMBIENTE. 2017. Guía de Buenas Prácticas para la Restauración de Áreas degradadas de Manglar. Proyecto Protección de Reservas y Sumideros de Carbono en los Manglares y Áreas Protegidas de Panamá. PNUD, Ciudad del Saber, Panamá. 64p.
- Prahl, H. 1987. Notas sobre la historia natural del mangle piñuelo *Pelliciera rhizophorae* (Theaceae) *Rev. Biol. Trop.* (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 64 (1): 79-94, March 2016 93 en el Pacífico colombiano. *Actualidades Biológicas*, 15, 117-122.
- Quevedo O., Sierra W., Manzano P. y Barragán. A. 2017. Cuantificación de proteínas y clorofila como indicadores de polución en *Rhizophora harrisonii* en el Puerto de Guayaquil. *Conference Proceedings*. 1(1). ISSN 2588-056X. <http://investigation.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach>.
- Ramos Castañeda Y., Galván Ayala D., Leanis Pitre Ruiz L. 2016. Carbono biomásico en suelos de manglar en el delta del río ranchería-brazo el rito, la Guajira, Colombia. *Rev. Asoc. Col. Cienc.* (Col.); 28: 77-83.
- Rodríguez-Rodríguez, J., Mancera-Pineda, J. y Rodríguez, J. 2016. Validation and application of an individual based restoration model for tree mangrove species in Ciénega Grande de Santa Marta. *Caldasia*. 38: 285-299.
- Samper-Villarreal, J., Silva-Benavides, A. 2015. Complejidad estructural de los manglares de Playa Blanca, Escondido y Rincón de Osa, Golfo Dulce, Costa. *Rica Revista de Biología Tropical*, 63(1): 199-208.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales- UICN. 2021. Manual para la creación de proyectos de carbono azul en Europa y en el Mediterráneo. Otero Héctor Tavera Escobar, M. (Ed). 144 páginas.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Protección, conservación y gestión de los manglares. 2018. <https://portals.iucn.org/efiles/documents>. <http://www.iucn.org/>
- Tavera, E. 2010. Hacia el plan general de manejo integral de los manglares en el departamento de Nariño, Colombia. ISBN: 978-958-8353-19-7.
- Torres V., Infante D., Sánchez A., Espinoza-Tenorio A. y Barba E. 2017. Atributos estructurales, productividad (hojarasca) y fenología del manglar en la Laguna Mecoacán, Golfo de México. *Rev. Biol. Trop.*, 65 (4): 1592-1608. ISSN-0034-7744.
- Vanegas, L. 2016. Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias. Informe final dentro del proyecto GEF 00089333 "Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras". CONAFOR, CONABIO, GEF-PNUD. México. Recuperado de [https://procurement-notices.undp.org/view\\_file.cfm?doc\\_id=160946](https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=160946)
- Vargas-Fonseca E. 2014. Capacidad de regeneración natural del bosque de manglar del Estero Tortuga, Osa, Puntarenas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 63 (1): 209-218.
- Yáñez-Arancibia, A., Twilley, R., Lara Domínguez, A. 1998. Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global. *Madera y Bosques*. 4 (2): 3-19.
- Yáñez-Arancibia, Alejandro., Day, J., Twilley, R., Day, Richard, H. 2014. Manglares: Ecosistema centinela frente al cambio climático, Golfo de México. *Madera y Bosques*. 20: 39-75.
- Lira-Medeiros C., Parisod C, Fernandes R., Mata C., Cardoso M., Ferreira P. 2010 Epigenetic Variation in Mangrove Plants Occurring in Contrasting Natural Environment. *PLoS ONE* 5(4): e10326. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010326>
- Ulloa-Delgado, G., Sánchez-Páez H. Gil-Torres W., Pino-Rengifo J., Rodríguez-Cruz H. y Álvarez-León R. 1998. Conservación y uso sostenible de los manglares del Caribe colombiano. <https://www.redalyc.org/pdf/617/61790101.pdf>