

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

**ESTRUCTURA POBLACIONAL DE *Podocarpus  
guatemalensis* (Standl.) (Podocarpaceae) EN BOSQUES  
INTERVENIDOS DE BOCA TAPADA, PITAL DE SAN  
CARLOS, ALAJUELA, COSTA RICA**

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL  
CON ÉNFASIS EN CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE  
ECOSISTEMAS FORESTALES CON GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIATURA

ANDRÉS MAURICIO COTO MOLINA

CARTAGO, COSTA RICA

2022

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

**ESTRUCTURA POBLACIONAL DE *Podocarpus  
guatemalensis* (Standl.) (Podocarpaceae) EN BOSQUES  
INTERVENIDOS DE BOCA TAPADA, PITAL DE SAN  
CARLOS, ALAJUELA, COSTA RICA**

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL  
CON ÉNFASIS EN CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE  
ECOSISTEMAS FORESTALES CON GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIATURA

ANDRÉS MAURICIO COTO MOLINA

CARTAGO, COSTA RICA

2022

ESTRUCTURA POBLACIONAL DE *Podocarpus guatemalensis* (Standl.)  
(Podocarpaceae) EN BOSQUES INTERVENIDOS DE BOCA TAPADA, PITAL DE  
SAN CARLOS, ALAJUELA, COSTA RICA

Andrés Mauricio Coto-Molina\*

**RESUMEN**

Se realizó un censo de *Podocarpus guatemalensis*, especie dioica, escasa, única conífera que crece en bosques muy húmedos de Costa Rica menores a 1000 m.s.n.m., con poblaciones restringidas en ciertos sectores del país. Se encuentra protegida por el Decreto Ejecutivo 25700-MINAE. El censo se realizó en bosques intervenidos de la zona de Boca Tapada, San Carlos. Estos bosques forman parte del Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Maquenque, área silvestre protegida que promueve el manejo sostenible de los recursos y utiliza a *Dipteryx panamensis* (almendro) y *Podocarpus guatemalensis* (cipresillo) como especies bandera para la conservación.

Se georreferenciaron 192 individuos en 548 ha de bosque, se obtuvo densidad de 0,35 individuos por hectárea. En comparación con el año 2000, la abundancia en los sitios incrementó ( $N/ha = 0,09$  al 2000); sin embargo, presentó bajas en las clases diamétricas iniciales, lo que puede indicar temporadas sin éxito reproductivo, afectaciones debidas al aprovechamiento forestal o una combinación de estos factores. A partir de los resultados se generó una estrategia de conservación para esta especie dentro del Refugio Nacional de Vida Silvestre Maquenque, que contiene cuatro fases para su implementación. Este documento corresponde a la primera fase, la propuesta de las acciones en pro de la conservación de *P. guatemalensis*.

Palabras clave: Especie vedada, fragmentación, gimnosperma neotropical, bosque manejado.

## ABSTRACT

A census was made of *Podocarpus guatemalensis*, a rare dioecious species, the only native conifer that grows in very humid forests of Costa Rica below 1000 m.a.s.l., with restricted populations in certain sectors of the country. It is protected by Executive Decree 25700-MINAE. The census was conducted in logged forests in the Boca Tapada area, San Carlos. These forests are part of the Maquenque Mixed National Wildlife Refuge, a protected wildlife area that promotes sustainable resource management and uses *Dipteryx panamensis* (almendro-almond tree) and *Podocarpus guatemalensis* (cipresillo) as flagship species for conservation.

A total of 192 individuals were georeferenced in 548 ha of forest, with a density of 0.35 individuals per hectare. In comparison with the year 2000, the abundance in the sites increased ( $N/ha = 0.09$  in 2000); however, it presented lows in the initial diameter classes, which may indicate seasons without reproductive success, affectations due to forest exploitation or a combination of these factors. Based on the results, a conservation strategy was generated for this species within the Maquenque National Wildlife Refuge, which contains four phases for its implementation. This document corresponds to the first phase, the proposal of actions for the conservation of *P. guatemalensis*.

Keywords: Protected species, fragmentation, neotropical gymnosperm, managed forest, conservation strategy.

\* A. M. Coto-Molina, 2022. Estructura poblacional de *Podocarpus guatemalensis* (Standl.) (Podocarpaceae) en bosques intervenidos de Boca Tapada, Pital de San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico, Cartago, Costa Rica.



## CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Trabajo final de graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por Ph.D. Ruperto Quesada Monge, Ph.D. Branko Hilje Rodríguez y Ph.D. Nancy Gamboa Badilla como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal con énfasis en Conservación y restauración de ecosistemas forestales, del Instituto Tecnológico de Costa Rica

---

Ruperto Quesada Monge Ph.D.

Director de trabajo final de graduación

---

Nancy Gamboa Badilla Ph.D.

Profesora lectora

---

Branko Hilje Rodríguez Ph.D.

Profesor lector

---

Dorian Carvajal Vanegas M.Sc.

Coordinador trabajo final de graduación



---

Andrés Mauricio Coto Molina

Estudiante

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ph. D. Ruperto Quesada Monge, por la confianza, apoyo y enseñanzas durante estos años de convivencia.

A Israel Mena Morales, que sin su apoyo en campo y conocimientos de los bosques no hubiera sido posible realizar este trabajo.

Al señor Kurt Schmack y al personal del Hotel Laguna Lagarto Lodge, por su gran apoyo y amistad generada en mi estadía en Boca Tapada.

A mis compañeras y compañeros de carrera que de alguna u otra forma contribuyen en mi formación.

A mis familiares por el apoyo económico brindado estos años de estudio.

A todo el personal de la Escuela de Ingeniería Forestal por la formación recibida.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	iii
ABSTRACT .....	iv
CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN .....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE CUADROS .....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	3
Descripción del área de estudio.....	3
Área de trabajo .....	4
Categorías de muestreo .....	6
Censo .....	6
Muestreo de regeneración .....	8
Especies asociadas: .....	9
Análisis de la información .....	9
3. RESULTADOS .....	10
I PARTE ESTADO POBLACIONAL EN BOSQUES MANEJADOS .....	10
Historia Natural de <i>Podocarpus guatemalensis</i> .....	10
Gestión de manejo forestal .....	10
Área potencial .....	12
Comunidad vegetal asociada.....	13
Censo .....	14

Condición topográfica del desarrollo de <i>P. guatemalensis</i> .....	17
Posición en el dosel .....	18
Estado fitosanitario .....	19
Muestreo de regeneración: .....	19
4. DISCUSIÓN.....	21
Estructura poblacional basada en la distribución diamétrica .....	23
II PARTE ACCIONES PARA LA CONSERVACIÓN DE <i>Podocarpus guatemalensis</i> (Stand.) EN EL REFUGIO NACIONAL DE VIDA SILVESTRE MIXTO MAQUENQUE .....	28
5. CONCLUSIONES.....	43
6. RECOMENDACIONES.....	45
7. Referencias .....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio, Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Maquenque, Fuente: Plan de Gestión Local Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Maquenque, 2017-2022.....	4
Figura 2. Detalle y ubicación del área de trabajo para el estudio de la estructura poblacional de <i>P. guatemalensis</i> en bosques manejados de Boca Tapada, San Carlos, Costa Rica.....	5
Figura 3. Ubicación de los inmuebles en el área de trabajo para el estudio poblacional de <i>Podocarpus guatemalensis</i> en bosque intervenidos, Boca Tapada, San Carlos. .	11
Figura 4. Valores porcentuales de las clases de altura según IUFRO para los individuos censados de <i>Podocarpus guatemalensis</i> .....	18
Figura 5. Distribución diamétrica del logaritmo (10 <sup>x</sup> ) de la abundancia de <i>Podocarpus guatemalensis</i> en el área potencial de los bosques intervenidos de Boca Tapada, San Carlos.....	24
Figura 6. Comparación de la abundancia de árboles de <i>Podocarpus guatemalensis</i> al 2000 y al 2022 en el estrato de bosque intervenido de Boca Tapada, San Carlos -Costa Rica.....	25
Figura 7. Uso de la tierra en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Maquenque .....	31
Figura 8. Área potencial para <i>Podocarpus guatemalensis</i> en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Maquenque.....	32
Figura 9. Fases para la implementación de la estrategia de conservación para <i>Podocarpus guatemalensis</i> en el RNVMM.....	34

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Posición de los árboles en el dosel según IUFRO .....	8
Cuadro 2. Especies más abundantes de la comunidad vegetal asociada a los individuos clase fustal de <i>Podocarpus guatemalensis</i> . .....	13
Cuadro 3. Principales especies de la comunidad vegetal asociada a los individuos estadio juveniles de <i>Podocarpus guatemalensis</i> .....	14
Cuadro 4. Detalle de las áreas del estudio de la estructura poblacional de <i>Podocarpus guatemalensis</i> en bosques intervenidos de Boca Tapada, Pital de San Carlos, Costa Rica.....	15
Cuadro 5. Abundancia y dimensiones promedio de individuos de <i>Podocarpus guatemalensis</i> censados en Boca Tapada, San Carlos – Costa Rica. ....	16
Cuadro 6. Dimensiones promedio, desviaciones y errores del muestreo de regeneración para el estado poblacional de <i>Podocarpus guatemalensis</i> en bosques intervenidos de Boca Tapada, San Carlos .....	19
Cuadro 7. Número de individuos por parcela, desviaciones y errores del muestreo de regeneración para el estado poblacional de <i>Podocarpus guatemalensis</i> en bosques intervenidos de Boca Tapada, San Carlos .....	20
Cuadro 8. Área y porcentajes del uso del suelo del Refugio Nacional de Vida Silvestre Maquenque .....	30
Cuadro 9. Acciones por componente para la puesta en práctica de la estrategia de conservación para <i>Podocarpus guatemalensis</i> en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Maquenque.....	39

## 1. INTRODUCCIÓN

El sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge mediante combinaciones de datos anuales de precipitación, temperatura y elevación delimita áreas terrestres y rangos en donde pueden existir agrupaciones de plantas particulares para una zona específica [1]. Costa Rica se ubica entre los 8° a 11° latitud norte y 82° a 85° latitud oeste, se localiza en el trópico de América y al mismo tiempo la zona de convergencia intertropical se mueva sobre ella [2]. Estos factores condicionan al país de manera que a lo largo del año presente variaciones climatológicas, esto ha permitido describir 12 zonas de vida y 12 zonas de transición [1], [2].

Dentro de estas zonas de vida, la más representativa a nivel nacional es el bosque muy húmedo tropical, con un 16,5 % [1]. Quesada-Monge estudió bosques de la localidad de Boca Tapada de San Carlos, Alajuela – Costa Rica presentes en esta zona de vida; dichos ecosistemas los describe como muy diversos, que bajo una condición no alterada se pueden encontrar cohabitando alrededor de 150 especies de árboles por hectárea [3].

La Zona Norte del país presenta una alta diversidad no solamente en flora o fauna sino también variedad en hábitats, lo cual condujo a un grupo de expertos y al Estado Costarricense analizar la idea de crear un Área Silvestre Protegida (ASP) en esta zona de Maquenque [4]. Además del aprovechamiento no sostenible, especialmente de los recursos maderables, gran parte de los ecosistemas y poblaciones forestales a nivel nacional se han reducido de tal forma que ha obligado al Estado a proteger algunas especies arbóreas para prevenir el riesgo de extinción [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11].

Mediante el Decreto Ejecutivo N° 25700-MINAE, *P. guatemalensis* y otras 16 especies forestales se encuentran restringidas en el uso y aprovechamiento de árboles en pie [8]. La protección de este listado de especies los posiciona en un rango superior de

importancia respecto al resto de las especies forestales y las convierte al mismo tiempo en especies bandera para la conservación.

Asimismo, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) define estados de conservación de especies silvestres de flora y fauna a nivel internacional. Esta organización detalla nueve categorías de conservación: no evaluado (NE), datos insuficientes (DD), preocupación menor (LC), casi amenazado (NT), vulnerable (VU), en peligro (EN), en peligro crítico (CR), extinto en estado silvestre (EW) y extinto (EX) [12]. Para Costa Rica, el Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio) adaptó las mismas categorías para un listado de especies forestales y añadió dos criterios: “determinantes” donde se evaluaron las amenazas o riesgos actuales que atentan contra la supervivencia de la especie y los “indicadores” donde valoraron algunas amenazas indirectas para la especie [9].

Internacionalmente *Podocarpus guatemalensis* se ubica en la categoría LC (preocupación menor) con una tendencia desconocida para sus poblaciones, esto a lo largo de toda su distribución natural que comprende desde México hasta Venezuela [13]. En Costa Rica se categoriza como en peligro crítico de extinción, principalmente por el manejo no sostenible de los bosques [9]. Sin embargo, en el momento de creación del decreto o los documentos que declaran el estado de conservación de las especies, en especial para *P. guatemalensis*, se contó con una amplia búsqueda bibliográfica pero con pocos datos de campo que respaldaran las afirmaciones.

Para el caso de *P. guatemalensis* se ha reportado que presenta poblaciones en tres sitios del país Parque Nacional Rincón de la Vieja, Península de Osa y Boca Tapada, Pital de San Carlos [5], [9], [11]. En estos sitios se ha evidenciado que la presencia es escasa y los estudios realizados se han concentrado especialmente en árboles adultos [5], [7], [9], [10], [11], [14]. Además, parte de las conclusiones de los estudios expresan que existe un vacío de información de las especies evaluadas para asegurar su conservación [5], [11], [14].

De manera que el propósito de este estudio fue determinar el estado de la población de *P. guatemalensis*; especie reportada como escasa y riesgo de extinción, protegida mediante Decreto de veda, además que es la única gimnosperma del bosque tropical, esto en bosques intervenidos de la zona de Boca Tapada de San Carlos, Costa Rica. Donde se realizó un censo y un muestreo de regeneración para esta especie y a partir de los resultados se determinó una estrategia de conservación para el Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Maquenque.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del área de estudio

El Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Maquenque (RNVSM), se ubica en la Zona Norte del país entre las provincias de Alajuela y Heredia (Figura 1). La administración de los recursos naturales está regulada principalmente por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC); la categoría de manejo de refugio mixto se enfoca principalmente a la conservación y al manejo sostenible de los recursos que se encuentran dentro de los límites del área silvestre protegida (ASP) [4].

La ubicación de esta ASP hace que la conservación de los recursos presentes sea de vital importancia para muchas especies de aves, tanto migratorias como residentes. Por un lado, este refugio forma parte de dos corredores biológicos, de diferente nombre pero con misma función, conectar ecosistemas entre países y áreas silvestres protegidas; Corredor Biológico San Juan – La Selva y Corredor Biológico Mesoamericano [4].

Por otra parte, el refugio presenta una cantidad de recursos hidrogeográficos vitales para la regulación de procesos naturales, funcionan como reservorio de agua y de biodiversidad, por lo que para el 2010 se declaró sitio de importancia internacional RAMSAR [15].

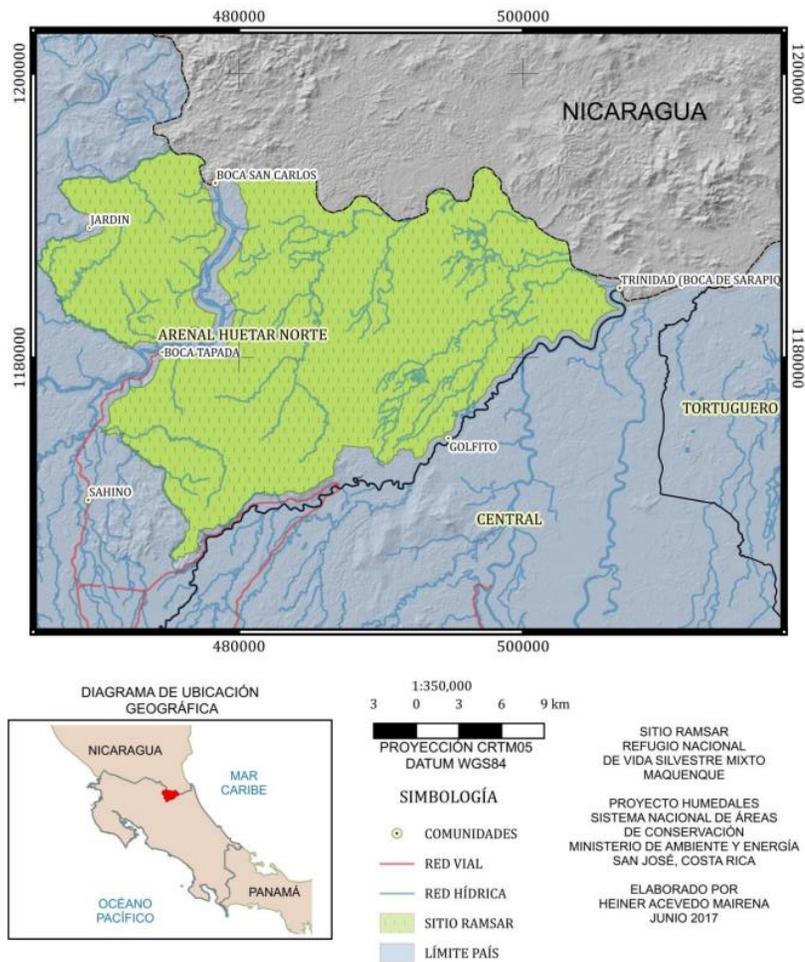


Figura 1. Área de estudio, Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Maquenque, Fuente: Plan de Gestión Local Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Maquenque, 2017-2022.

### Área de trabajo

Dentro de los límites del RNVSM se ha practicado el manejo sostenible de los bosques incluso antes de su creación [16]. A partir del año 1996 con la creación de la actual Ley Forestal, los aprovechamientos en bosques deben estar basados en el esquema de aprovechamiento de bajo impacto que responden a principios, criterios e indicadores de manejo forestal sostenible (PC&I), creados a partir del año 2000 [17].

Parte de estos PC&I obligan a que en los planes se identifiquen las especies presentes en el parche de bosque y reportar los individuos de especies protegidas por el decreto de veda; esto ha llevado a cuantificar una serie de individuos en propiedades al margen derecho del Río San Carlos, específicamente cerca del poblado de Santa Rita, Boca Tapada. En la Figura 2 se indica el área de trabajo.

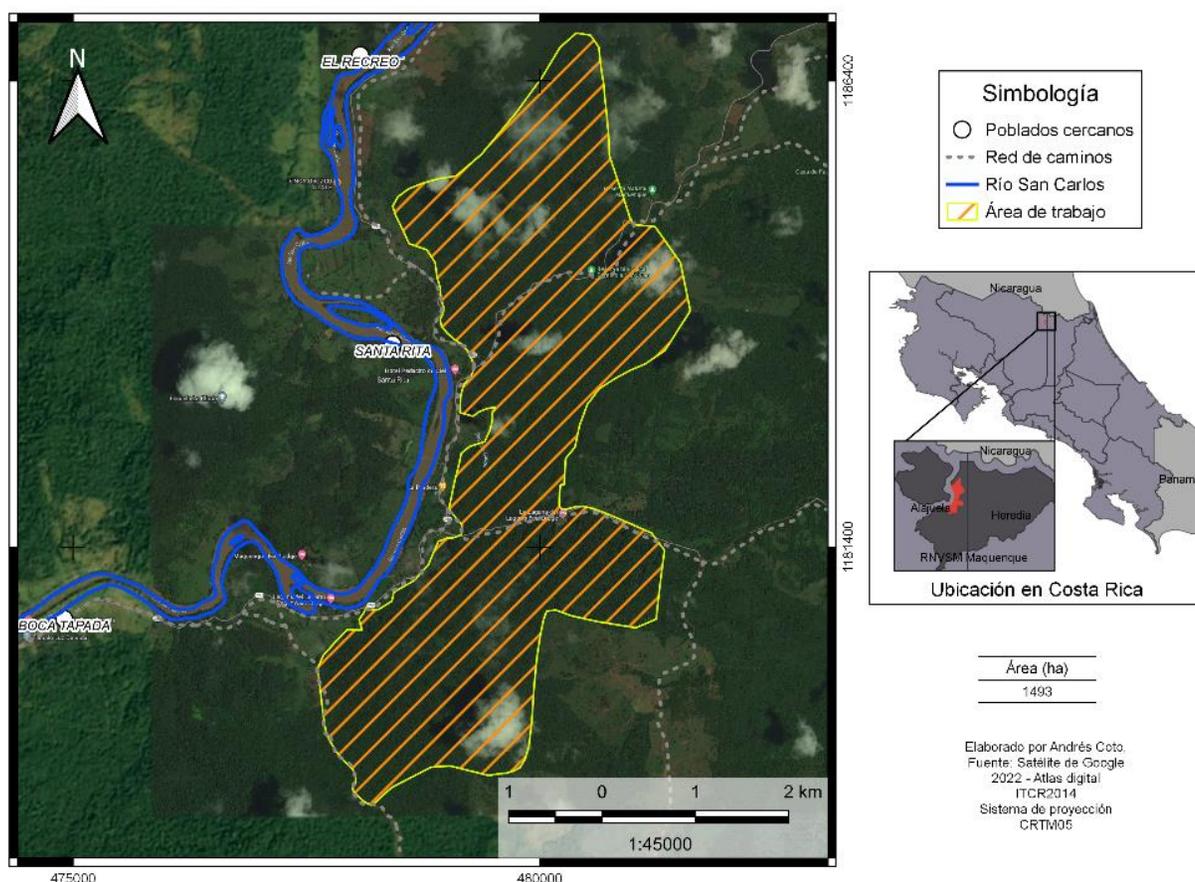


Figura 2. Detalle y ubicación del área de trabajo para el estudio de la estructura poblacional de *P. guatemalensis* en bosques manejados de Boca Tapada, San Carlos, Costa Rica

Para este estudio se contó con un área de trabajo, donde se enfocaron los esfuerzos de realizar los muestreos debido a que se tenía certeza que la especie se desarrollaba

en dichos bosques (ver Figura 2). El total del área de los inmuebles abarcó 1490 hectáreas, donde 402 ha correspondieron a condiciones anegables y 548 ha correspondieron a las áreas censadas. Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge, el área de trabajo se encuentra en la zona de vida bosque muy húmedo tropical, con una temperatura promedio anual de 25 °C, un régimen de precipitaciones medio anual que varía entre los 4000 y 6000 mm y una estación seca que varía entre 0 y 3,5 meses anuales [4].

El estudio comprendió bosques intervenidos de la zona de Boca Tapada, Pital de San Carlos, Alajuela - Costa Rica. El censo y muestreo de regeneración fueron realizados puntualmente en ocho inmuebles o propiedades con bosques.

#### Categorías de muestreo:

Para las categorías de muestreo se empleó una modificación a las utilizadas por el CATIE [18]; para la clase brinzal se incluyeron las plántulas entre 0,3 y 1,49 m de altura. La clase latizal bajo comprendió de los árboles mayores a 1,5 m de altura y menores a 5 cm de diámetro, la clase latizal alto incluyó a todos los individuos mayores a 5 cm y menores a 9,9 cm de diámetro medido a 1,3 m a partir del suelo ( $d$ ). Para la clase fustal bajo se incluyeron los individuos entre los 10 y 39,9 cm de  $d$ . Finalmente en la clase fustal medio se incluyeron los individuos de *P. guatemalensis* mayores a 40 cm de diámetro.

#### Censo

Se realizó un censo de árboles individuales de *P. guatemalensis* de clase fustal bajo y medio; para ubicar los individuos se requirió la ayuda de un baqueano de la localidad. El censo se realizó mediante recorridos para el área en el que las posibilidades de encontrar individuos de esta especie eran altas, correspondientes a cerros o sectores

de mayor elevación de cada finca. Estos recorridos fueron exclusivamente para marcar y medir individuos de *Podocarpus guatemalensis*.

A los fustales se les evaluó el diámetro, la altura total, la pendiente y la posición en la loma [14], la posición en dosel [19] y el estado fitosanitario [20]. El diámetro en cada individuo se midió con una cinta diamétrica de 5 m de largo, así como la altura total, medida con un hipsómetro de marca Suunto, con escalas para medición a 15 y 20 m. La pendiente fue tomada a partir de la base del individuo 10 m al norte y al sur; para clasificar por rangos de pendiente a los individuos se utilizó la clasificación del manual de la capacidad de uso de las tierras para Costa Rica [21].

Según las categorías basadas en el porcentaje de pendiente (%) de 0 a 3 % son terrenos planos, de 3 a 8 % ligeramente ondulados, de 8 a 15 % moderadamente ondulados, de 15 a 30 % como ondulados, de 30 a 55 % fuertemente ondulados, de 55 a 75 % como terrenos escarpados y de 75 % en adelante se catalogan como fuertemente escarpados.

De igual manera la ubicación para definir la posición en la loma se empleó la propuesta de Olivas-Rojas en el 2000 [14], con modificaciones.

- 1 para los individuos en la cima de la loma
- 2 para aquellos árboles que se encontraban a lo largo de la pendiente
- 3 para todos los árboles en la base de la loma
- 4 para los árboles que se encontraron en terrenos planos cerca de áreas anegadas.

La posición en el dosel fue determinada mediante la metodología de IUFRO [19] en la que se categorizan los árboles dependiendo la altura con respecto a la altura de los árboles más altos en el bosque, sin incluir emergentes, mayor detalle en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Posición de los árboles en el dosel según IUFRO

Descripción del piso	Categoría	Observaciones
Emergente	1	Sobrepasa el dosel
Superior	2	Entre los 2/3 y la altura superior promedio
Medio	3	Entre 2/3 y 1/3 de la altura superior promedio
Inferior	4	Por debajo de 1/3 de la altura superior promedio

Para el estado fitosanitario se evaluó la presencia de algún daño mecánico, perforaciones, hongos o alguna condición que representara anomalías en el árbol. Para este se describen tres categorías [20]; se añadió una cuarta clasificación para los individuos muertos:

- 1 Sano: sin ninguna evidencia de problemas.
- 2 Levemente dañado: árbol con algún tipo de problema pero que sin peligro de muerte inmediata.
- 3 Enfermo: individuo con daño grave y con riesgo de muerte.
- 4 Muerto.

#### Muestreo de regeneración

El planteamiento inicial fue realizar un muestreo de los estadios de desarrollo menores, ubicar un árbol reproductivo, determinar un radio de parcela y establecer en los rumbos francos parcelas de 1 x 1 para muestreo de brinzales [19]; sin embargo, el comportamiento atípico de la regeneración de esta especie condujo a un cambio en la metodología.

Debido a lo anterior se utilizó un muestreo completamente aleatorio con parcelas de 5 x 5 metros a lo largo del área muestreada para los fustales, donde se registró la altura para todos los individuos y el diámetro para los individuos mayores a 5 cm.

En cada parcela se cuantificaron las tres clases mencionadas, en las parcelas que no aparecieron individuos de determinada clase el valor fue 0 para el análisis de la información.

De igual manera se georreferenciaron los individuos de todas las categorías con un navegador GPS marca GARMIN 64sx y se marcaron en campo con placa de aluminio la clase fustal y con cita topográfica los de categorías menores para una futura evaluación.

Especies asociadas:

Con el objetivo de determinar las especies vinculadas con *P. guatemalensis* se identificó y cuantificó la composición florística en las parcelas de regeneración y alrededor de individuos clase fustal.

Análisis de la información

Los mapas fueron generados a partir de la información recolectada en campo, modelos de elevación digital ALOS PALSAR obtenidos digitalmente de Alaska Satellite Facility. La información de los inmuebles se obtuvo de la oficina de catastro de la Municipalidad de San Carlos y de la Comisión de Desarrollo Forestal de San Carlos (CODEFORSA). Todos los datos se procesaron en el sistema de información geográfica Quantum GIS versión 3.10.14. Para el análisis de los datos de los muestreos y vegetación asociada se realizó estadística descriptiva no paramétrica.

### 3. RESULTADOS

#### I PARTE ESTADO POBLACIONAL EN BOSQUES MANEJADOS

##### Historia Natural de *Podocarpus guatemalensis*

La familia Podocarpaceae en Costa Rica está representada por cuatro especies con características arbóreas, *Prumnopitys standleyi* y tres en el género *Podocarpus* (*P. costaricensis*, *P. oleifolius* y *P. guatemalensis*). La distribución del género *Podocarpus* en el país es exclusiva de bosque húmedos, muy húmedos y pluviales [22]; *P. guatemalensis* en particular, es la única gimnosperma nativa que crece en tierras bajas (0 – 1000 metros sobre el nivel del mar) [5].

*P. guatemalensis* es un árbol que llega a medir aproximadamente 30 m de altura y 75 cm de diámetro, presenta un fuste cilíndrico, sin gambas y con la corteza pardo-rojiza, generalmente no sobrepasa el dosel por lo que aparenta ser una especie esciófita [5]; sin embargo, se registraron individuos superiores a estas dimensiones y en condición de emergente. La época de floración ocurre entre septiembre y diciembre y comienza a presentar estróbilos inmaduros a partir de junio [11]; a pesar de esto no se observaron estructuras reproductivas por lo que tampoco se obtuvo una relación entre hembras y machos, aspectos clave en un estudio demográfico.

##### Gestión de manejo forestal

En total fueron ocho inmuebles o propiedades en las que se estudió el estado poblacional de *P. guatemalensis*; de estas propiedades cinco tiene injerencia sobre el manejo de los recursos forestales la Comisión de Desarrollo Forestal de San Carlos (CODEFORSA), de los demás inmuebles no se tiene información acerca del manejo o las intervenciones realizadas; estas propiedades corresponden a Molinos de Costa Rica, Pedro Regalado y Pedacito de cielo; ver el detalle de los inmuebles, área y ubicación en la Figura 3.

Se sabe por comunicación personal con personas de la comunidad, principalmente de Don Israel Mena (agosto 2022), que estos bosques se cosecharon al menos una vez y se hizo aprovechamiento de madera caída por el huracán en 2017 [23].

Los inmuebles estudiados corresponden en su totalidad a bosques intervenidos al menos una vez en los últimos 30 años; para San Jorge y Hogar de Ancianos la primera intervención fue en los años 90, Hacienda Boca Tapada se tienen registros de aprovechamiento para el año 2016, pero se han realizado otras intervenciones anteriormente inclusive en el área de bosque secundario que cuenta la propiedad.

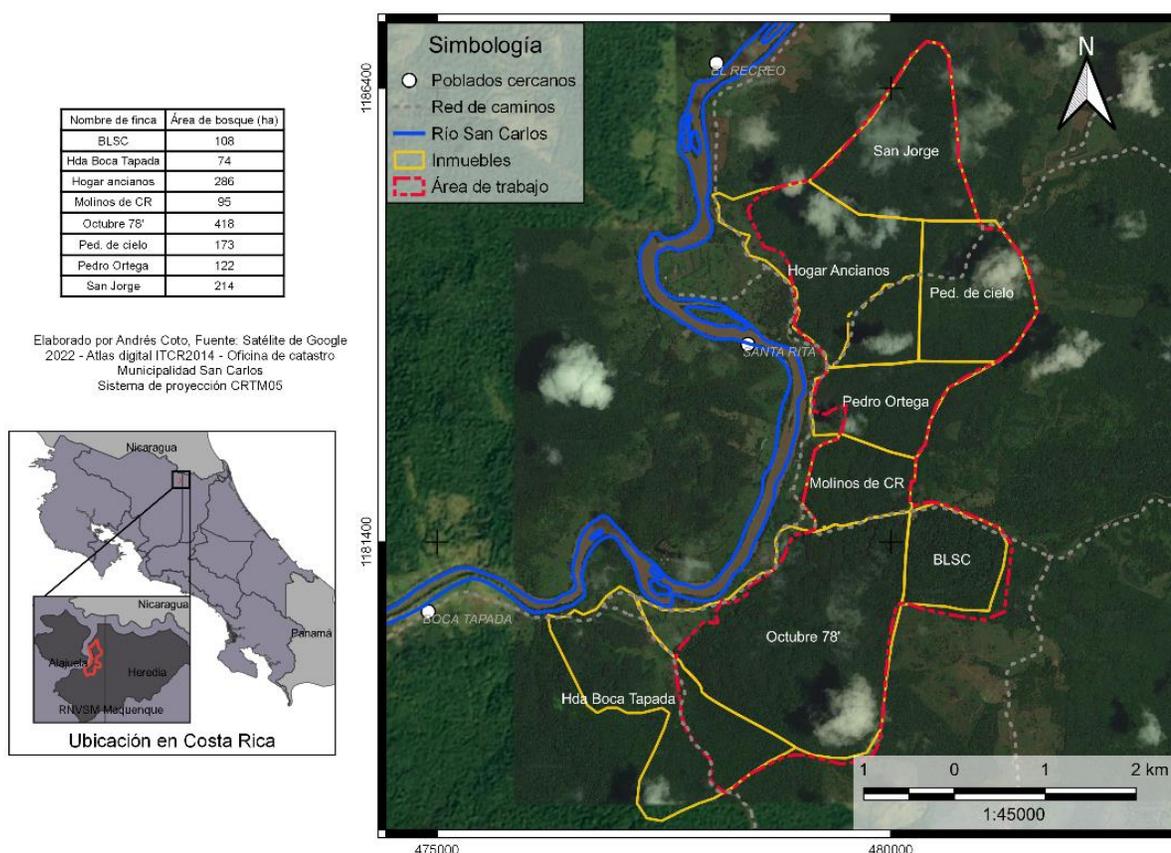


Figura 3. Ubicación de los inmuebles en el área de trabajo para el estudio poblacional de *P. guatemalensis* en bosque intervenidos, Boca Tapada, San Carlos.

En el caso de Bosque lluvioso de San Carlos (BLSC) y Octubre 78' eran bosques que hasta el 2009 y el 2016, no habían recibido perturbación alguna, por lo que se consideraron “bosques primarios”. En la Figura 3 se presenta la ubicación de los inmuebles en el área de trabajo.

En noviembre del 2016 el huracán Otto impactó el Refugio y la zona de estudio, lo que afectó por sectores los inmuebles mencionados. Por esta situación el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), emitió un decreto ejecutivo por un año (DE N° 40099-MINAE) que permitió aprovechar la madera caída por efecto del huracán en todas las zonas afectadas directa o indirectamente, la última alteración que han recibido los bosques fue el impacto de este huracán y el aprovechamiento de la madera caída.

#### Área potencial

El área de los bosques en estudio presenta básicamente dos condiciones topográficas; a) áreas con topografía plana con zonas anegables y b) áreas con topografía de pendientes onduladas a escapadas y de buen drenaje. La información recolectada demuestra que el éxito para el desarrollo de *P. guatemalensis* está ligado a zonas de serranías, con bajo éxito a desarrollarse cerca de áreas anegables o dentro de estas, conclusión similar a la que llegó Olivas-Rojas [14].

A partir de la evidencia de campo se determinó un área potencial en la que se pueden desarrollar los individuos de *P. guatemalensis*. El factor para determinar el área potencial fue la altitud con respecto al mar. Se encontró una tendencia a ubicar humedales o terrenos con mal drenaje en elevaciones menores a los 65 m.s.n.m. y de la misma manera ubicar los individuos de *P. guatemalensis* por encima de esta altitud; por lo que con un modelo de elevación digital (DEM) y partir de los datos del censo realizado se proyectó una posible área para encontrar individuos de esta especie a lo largo de todo el RNVSM (ver detalle en la II Parte, estrategia de conservación).

## Comunidad vegetal asociada

La comunidad vegetal asociada al desarrollo de *P. guatemalensis* en la mayoría de los sitios evaluados presentó similitudes en especies más no en número. Esto para los inmuebles de San Jorge, Hogar de Ancianos, Pedro Ortega, Molinos de Costa Rica y Octubre 78' (Cuadro 2).

Cuadro 2. Especies más abundantes de la comunidad vegetal asociada a los individuos clase fustal de *Podocarpus guatemalensis*.

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>
Apocynaceae	<i>Couma macrocarpa</i>
Arecaceae	<i>Welfia regia</i>
Chrysobalanaceae	<i>Licania affinis</i>
Clusiaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i>
Lecythidaceae	<i>Eschweilera costaricensis</i>
Rubiaceae	<i>Ferdinandusa panamensis</i>
Sapindaceae	<i>Cupania scrobiculata</i>
Sapotaceae	<i>Elaeoluma glabrescens</i>
Vochysiaceae	<i>Qualea polychroma</i>
Vochysiaceae	<i>Vochysia ferruginea</i>

Para los inmuebles de Pedacito de Cielo y Bosque Lluvioso de San Carlos (BLSC) los individuos se ubicaron en una condición de no bosque.

Por otra parte, la vegetación en asocio a la regeneración de *P. guatemalensis* se encuentra en el listado de especies que se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Principales especies de la comunidad vegetal asociada a los individuos estadio juveniles de *Podocarpus guatemalensis*.

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>
Apocynaceae	<i>Couma macrocarpa</i>
Clusiaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i>
Fab. Mimosaceae	<i>Zygia</i> sp.
Fab. Mimosaceae	<i>Enterolobium schomburgkii</i>
Lecythidaceae	<i>Eschweilera costaricensis</i>
Rubiaceae	<i>Ferdinandusa panamensis</i>
Rubiaceae	<i>Alibertia atlantica</i>
Rubiaceae	<i>Posoqueria</i> sp.
Sapindaceae	<i>Cupania scrobiculata</i>
Sapotaceae	<i>Elaeoluma glabrescens</i>
Violaceae	<i>Rinorea</i> sp.
Vochysiaceae	<i>Qualea polychroma</i>

## Censo

El censo consistió en recorridos realizados dentro de los bosques de los inmuebles mencionados. En total los bosques sumaron 1492,23 ha; de las cuales 548,09 ha fueron censadas y 402,23 ha correspondieron a zonas anegables o inundables, áreas proyectadas a partir de sistemas de información geográfica, detalle de las áreas en el Cuadro 4.

En las casi 550 ha censadas se ubicaron 192 individuos de clase fustal, 82 para los fustales bajos y 110 para fustales medios. El sitio o inmueble que más individuos presentó fue Octubre 78', donde se registraron 41 fustales bajos y 39 fustales medios,

seguido del bosque de la Asociación del Hogar de Ancianos San Vicente de Paul (Hogar de Ancianos) con 23 individuos en la clase fustal bajo y 49 en fustal medio. Mientras que San Jorge registró 25 individuos, 10 para los fustales bajos y 15 en los fustales medios, mayor detalle en el Cuadro 5.

Cuadro 4. Detalle de las áreas del estudio de la estructura poblacional de *Podocarpus guatemalensis* en bosques intervenidos de Boca Tapada, Pital de San Carlos, Costa Rica.

<b>Inmueble</b>	<b>Bosque (ha)</b>	<b>Censadas (ha)</b>	<b>Anegable (ha)</b>
San Jorge	214,00	41,50	71,18
Hogar de ancianos	286,23	137,50	62,03
Octubre 78'	418,00	75,21	16,65
Pedro Ortega	122,00	30,37	87,70
Molinos de CR	95,00	38,11	56,58
Pedacito de Cielo	173,00	75,40	94,79
Hda. Boca Tapada	74	50	1,70
BLSC	110,00	100,00	11,6
<b>Total</b>	<b>1492,23</b>	<b>548,09</b>	<b>402,23</b>

Los inmuebles donde *P. guatemalensis* tuvo una menor presencia fueron Pedro Ortega con tres individuos clase fustal bajo y siete fustales medios, Molinos de Costa Rica con tres individuos menores a 40 cm de diámetro, la propiedad del Hotel Pedacito de Cielo con un individuo fustal bajo y finalmente el Bosque Lluvioso de San Carlos (Hotel Laguna Lagarto) con un individuo clase fustal bajo. En el área muestreada de Hacienda Boca Tapada no se registraron individuos.

Cuadro 5. Abundancia y dimensiones promedio de individuos de *Podocarpus guatemalensis* censados en Boca Tapada, San Carlos, Costa Rica.

<b>Fustal bajo (<math>d &lt; 40</math> cm)</b>					
<b>Inmueble</b>	<b>N</b>	<b>Diámetro (cm)</b>		<b>Altura total (m)</b>	
		<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Octubre 78'	41	10,1	39,2	12	45
H. Ancianos	23	11,4	39,9	13	35
San Jorge	10	14,7	39,2	18	38
Pedro Ortega	3	10,9	39,7	15	20
Molinos de CR	3	15,6	32,8	6	16
Ped. Cielo	1	15,8	15,8	14	14
BLSC	1	18,2	18,2	23	23

<b>Fustal medio (<math>d &lt; 40</math> cm)</b>					
<b>Inmueble</b>	<b>N</b>	<b>Diámetro (cm)</b>		<b>Altura (m)</b>	
		<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Octubre 78'	39	40,3	87	20	57
H. Ancianos	49	41,1	84	25	50
San Jorge	15	43,4	87	20	50
Pedro Ortega	7	43,9	63,3	20	40

Como parte del censo se cuantificaron los árboles muertos, para los cuales solamente se registraron los que se tuvo la completa certeza de que eran *P. guatemalensis*, en algunas ocasiones estos individuos se encontraban secos en pie o en estado avanzado de descomposición en el suelo. Los individuos muertos tuvieron un diámetro promedio de 50,4 cm y una altura de 26,4 m.

En Octubre 78' se registraron ocho árboles muertos, 10 en la finca del Hogar de Ancianos, cinco en la finca de San Jorge, cuatro en la propiedad de Pedro Ortega, para Pedacito de Cielo y Molinos de Costa Rica un individuo para cada finca, en Bosque Lluvioso de San Carlos no se registraron individuos muertos.

#### Condición topográfica del desarrollo de *P. guatemalensis*

De los 192 fustales censados 64,06 % se ubicaron a lo largo de la loma (123 árboles), 28,13 % (54 individuos) se encontraron en las partes altas de las serranías, un 2,60 % (5 árboles) se ubicaron al pie de la loma y finalmente un 5,21 % (10 individuos) se lograron localizar en la categoría de áreas inundables.

Con las mediciones de las pendientes y con ayuda del modelo de elevación digital se determinó la categoría de pendiente en las que se ubicaron los individuos. En las clases donde se encontró mayor cantidad de individuos fue en los terrenos ondulados (45,3 %), terrenos moderadamente ondulados (26,6 %) y ligeramente ondulados (20,3 %), en menor medida los *Podocarpus guatemalensis* se ubicaron en terrenos fuertemente ondulados y en terrenos planos 5,7 y 2,1 % respectivamente.

Al realizar la comparación entre la posición en la loma y las clases de pendiente se pudo observar que los individuos de la clase inundable no coincidieron con los individuos de la categoría de terreno plano (0 a 3 % de pendiente), los terrenos planos correspondieron a las cimas de las lomas, lo suficientemente grandes como para que exista una pequeña llanura o meseta en la serranía. La mayor cantidad de individuos se ubicaron en pendientes entre 3 y 55 % (188 árboles), lo que demuestra que la especie prefiere sitios con algún grado de pendiente que favorezca el drenaje, en el caso de los bosques en estudio esta correspondió a los terrenos por encima de los 65 msnm.

## Posición en el dosel

La altura total que se registró en los bosques en estudio fue de 45 m, a partir de esta altura se generaron las clases que IUFRO establece. En el piso inferior se encontraron todos los individuos menores a 15 m de alto, el piso medio lo conforman los árboles entre 15 y 30 m de alto. Para el piso superior los árboles entre 30 y 45 m, de 45 m en adelante se define como un individuo emergente. Las alturas máximas evaluadas en el bosque en general fueron de hasta 60 m, *Dipteryx panamensis*, *Vochysia alleni* y *V. ferruginea* fueron las principales especies en condición emergente.

El 50,5 % de los individuos de *P. guatemalensis* se ubicó en el piso superior con una altura promedio de 37,0 m, el piso medio obtuvo una altura promedio de 21,4 m y correspondió al 34,4 % del total de los árboles. El piso inferior registró un 4,7 % de los árboles censados con una altura media de 12,2 m. Por último, los individuos emergentes sumaron un total de 10,4 % del total de los individuos censados con una altura promedio de 50,2 m, ver Figura 4.

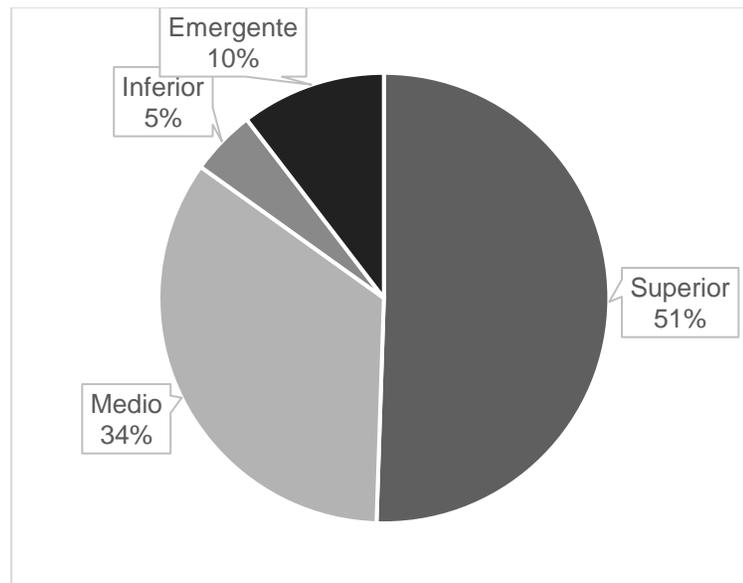


Figura 4. Valores porcentuales de las clases de altura según IUFRO para los individuos censados de *Podocarpus guatemalensis*.

## Estado fitosanitario

El 92,7% de *P. guatemalensis*, no presenta ningún tipo de daño. Un 6,8 % presentaron algún tipo de daño principalmente en la copa pero esto no significa que se vaya a ver comprometida su supervivencia, aunque podría llegar a significar problemas en su desarrollo o en el éxito reproductivo al eliminar área foliar. Por otra parte, solamente un individuo (0,5 %) se encontró enfermo con afectaciones fitosanitarias serias como hongos, exudados y gran parte de la copa dañada.

## Muestreo de regeneración

Los brinzales poseen una altura promedio de  $(0,54 \pm 0,06)$  m, los latizales bajos una altura promedio de  $(4,54 \pm 0,71)$  m y los latizales altos una altura promedio de  $(13,20 \pm 1,11)$  m y un diámetro de  $(7,58 \pm 0,82)$  cm, ver Cuadro 6. En términos de abundancia por parcela, la clase brinzales presenta un promedio de  $(2,15 \pm 0,55)$ , el promedio para latizales bajos y altos es de  $(0,83 \pm 0,15)$  y  $(0,12 \pm 0,06)$  respectivamente, detalle de la abundancias en el Cuadro 7.

Cuadro 6. Dimensiones promedio, desviaciones y errores del muestreo de regeneración para el estado poblacional de *Podocarpus guatemalensis* en bosques intervenidos de Boca Tapada, San Carlos

Variables	Brinzales	Latizales bajos	Latizales altos	Diámetro (cm)
	Altura total (m)			
Promedio por parcela	0,54	4,54	13,20	7,58
Desviación	0,28	3,10	2,01	1,47
Error estándar	0,06	0,71	1,11	0,82
Porcentaje de error	11,31	15,62	8,42	10,77

A partir de la información de las parcelas se puede inferir que por hectárea se estima existan al menos 639 individuos y máximo 1077, para el estadio de regeneración brinzal. Para los latizales bajos el valor mínimo que se espera exista por hectárea es de 272 y el máximo de 393 individuos, mientras que para los latizales altos la situación varía entre 25 y 72 individuos por hectárea en los bosques manejados de Boca Tapada.

Cuadro 7. Número de individuos por parcela, desviaciones y errores del muestreo de regeneración para el estado poblacional de *Podocarpus guatemalensis* en bosques intervenidos de Boca Tapada, San Carlos

<b>Variable</b>	<b>Brinzales</b>	<b>Latizales bajos</b>	<b>Latizales altos</b>
Promedio por parcela	2,15	0,83	0,12
Desviación (S)	3,05	0,84	0,33
Error estándar (Sx)	0,55	0,15	0,06
Porcentaje de error (%)	25,49	18,19	48,49

Así mismo para las 548 hectáreas censadas se proyecta una abundancia de 470297 brinzales, 182107 latizales bajos y 26520 latizales altos. El error de muestreo para el cálculo de la abundancia se considera alto, para los tres estadios en análisis. Solamente el estadio “latizales bajos” estuvo dentro del rango de confianza (menor a 20 %). Sin embargo, la desviación estándar (S) en todos los casos estuvo por encima del valor promedio por estadio, por lo que las proyecciones para estos estadios presentan una alta variación.

#### 4. DISCUSIÓN

Se tiene como principal antecedente el estudio demográfico de *P. guatemalensis* de Olivas-Rojas [14], quien realizó un censo para el año 2000 en cuatro de las ocho propiedades de las que forman parte de la presente investigación. Este autor evaluó entre otras variables la posición en la loma, pendiente y estado fitosanitario. Con respecto a lo reportado para ese año y los resultados de este estudio, se demuestra que los individuos de *P. guatemalensis* tienen una preferencia a ubicarse en sitios con buen drenaje; a lo largo de las serranías 54 % para el 2000 y 64,06 % para el 2022 y con pendientes moderadamente onduladas a escarpadas (pendientes entre 8 y 55 %), principales condicionantes para el desarrollo de esta especie [14].

Con respecto a la estructura vertical, estudios realizados en bosques de la zona, específicamente en el Bosque lluvioso de San Carlos (BLSC), propiedad en la que en solamente se ha hecho uso de la madera caída naturalmente. En su condición de bosque primario, el estrato superior variaba entre 27 y 40 m de alto [24]; 15 años después, reciente al impacto del huracán Otto los estratos disminuyeron al menos 2 metros, con alturas superiores entre 25 y 38 m [24]. El BLSC fue uno de los bosques evaluados; sin embargo, en conjunto con los otros bosques el estrato superior ronda los 30 y 45 m.

Las diferencias no son abismales, sin embargo, el 50 % de los individuos censados se presentan en el estrato superior con una altura promedio de 37 m, individuos que según la clasificación para BLSC se describirían como emergentes; este comportamiento podría atribuirse al manejo realizado donde las cosechas funcionaron como tratamiento silvicultural, se redujo la competencia tanto para *P. guatemalensis* como para las otras especies que no se cosecharon, haciendo posible el aumento de la biomasa y así el incremento en la altura.

*P. guatemalensis* se reporta como especie esciófita, que no llega a sobrepasar el estrato superior del bosque y no supera los 30 m de alto y los 75 cm de *d* [5]. Sin

embargo, se localizaron 20 individuos de diámetros entre 75 y 87 cm y alturas entre 48 y 57 m, en condición de árboles emergentes. De igual forma se georreferenciaron 2 individuos fustal bajo (diámetros de 15 y 17 cm) sobreviviendo en un claro, lo que sugiere una gran capacidad de la especie a tolerar diferentes condiciones de luz esperadas para una especie esciófita desde categorías diamétricas menores.

De los 192 individuos censados solamente dos se encontraron en una condición de no bosque, estos fueron los individuos ubicados en los inmuebles de Pedacito de Cielo y BLSC. La vegetación asociada a estos sitios difiere en gran medida al estar en un estrato de no bosque, para Pedacito de Cielo la situación es particular porque se ubicó en un jardín a orillas de un bosque secundario, acompañando a este individuo se encontraron árboles plantados de *Cordia alliodora* y algunas palmas introducidas, motivos por los que se cree que este individuo pudo haber sido plantado.

El otro individuo fuera del bosque se ubicó entre dos actividades productivas, una plantación forestal y una agrícola. Olivas-Rojas [14] afirma que *P.guatemalensis* es una especie con comportamientos esciófitos cuando joven y heliófitos cuando adulto. Estos individuos en condición de no bosque junto con los encontrados en claros no superan los 18 cm de diámetro y 19 m de altura, de manera que al ser una especie esciófita y presentarse desde estadio juvenil en condiciones de luz directa indica que esta es una especie que puede mostrar comportamientos heliófitos incluso desde antes de alcanzar alturas superiores en el dosel.

Con respecto a la regeneración, el comportamiento de los brinzales y latizales de esta especie podría considerarse como atípico, por eso la naturaleza del muestreo realizado. En la mayoría de los casos, para estudios de regeneración de alguna especie forestal, se aplican parcelas circulares en la base del árbol [26], [27] y conforme se aleja del este las posibilidades de encontrar individuos son menores. La situación con *P. guatemalensis* es que alrededor de los árboles la regeneración es prácticamente nula y esta se encuentra dispersa lejos de la influencia de las copas de los fustales.

Jiménez-Madrigal afirma que la dispersión del *P. guatemalensis* se da por medio de la gravedad [5], más la evidencia en el campo puede llevar a diferentes conclusiones y resaltar el papel de la fauna o de otros mecanismos de dispersión, este mismo autor reporta 45 individuos en una parcela de 1 hectárea. Por su parte Olivas-Rojas en su esfuerzo por contabilizar la regeneración de *P. guatemalensis* estableció parcelas circulares de hasta 36 m de radio, como resultado obtuvo 197 brinzales por hectárea, con una desviación de 239 individuos (más alta que el dato por hectárea) y no brinda información de latizales [14].

Las observaciones de campo y los resultados expuestos presentan inconsistencias y no reflejan la realidad de estos estadios de regeneración. Los resultados son muy diferentes a los reportes y a pesar de esto los errores de muestreo son más altos que lo esperado para un muestreo en bosque, brinzales 25 %, latizales bajo 18 % y latizales altos 49 %. Al igual que Olivas-Rojas [14], se presenta una variación (S) por encima del dato promedio por estadio; esto podría deberse a que el diseño del muestreo no fue el ideal y/o a la heterogeneidad del comportamiento de la diversidad del bosque muy húmedo tropical.

#### Estructura poblacional basada en la distribución diamétrica

A partir de lo mencionado y con los datos del censo se obtuvo una densidad de 0,15 individuos por hectárea para los árboles fustales bajos ( $d < 40$  cm) y 0,20 individuos por hectárea para los fustales medios ( $d > 40$  cm). La extrapolación de los datos del muestreo de regeneración y el censo se graficaron en valores de logaritmo base 10 para una mejor interpretación gráfica, Figura 5.

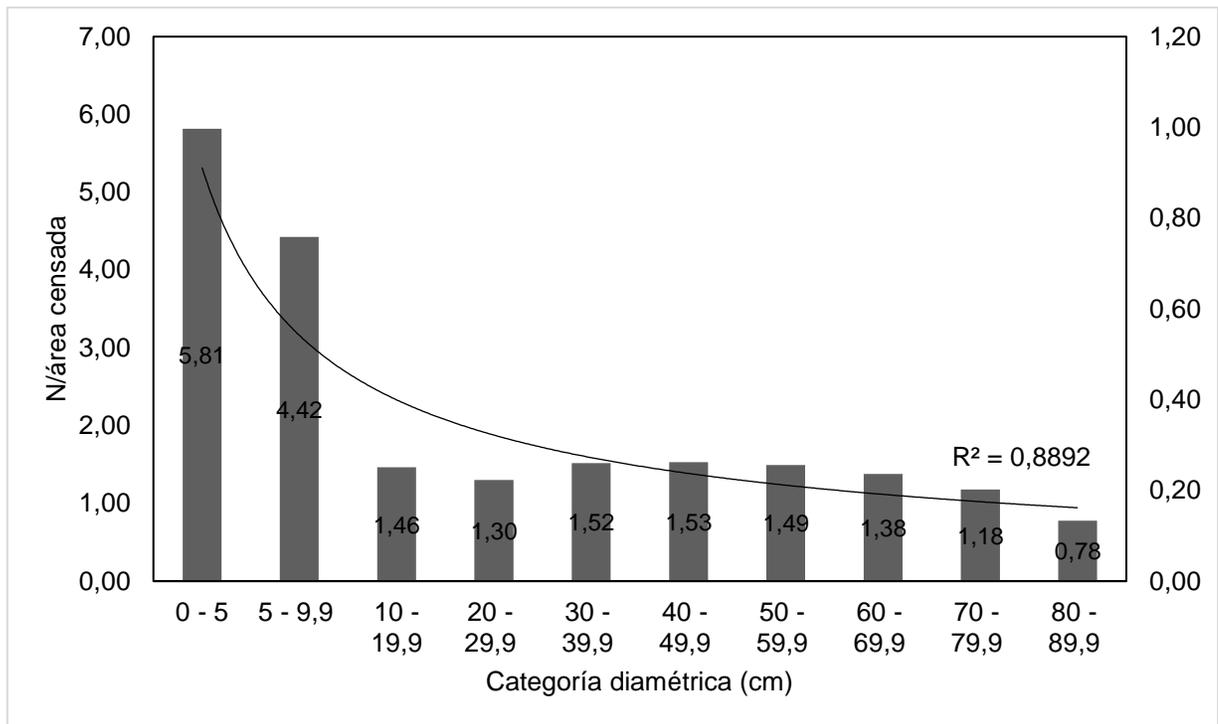


Figura 5. Distribución diamétrica del logaritmo ( $10^x$ ) de la abundancia de *P. guatemalensis* en el área potencial de los bosques intervenidos de Boca Tapada, San Carlos.

El ajuste de la curva representa un comportamiento típico de poblaciones disetáneas [19], [28]; se espera que los estadios iniciales cuenten con un mayor número de individuos y, conforme se avanza en la curva, a los estadios superiores, la abundancia disminuya gradualmente. Sin embargo, el comportamiento de “J” invertida lo determinan principalmente las clases de brinzales y latizales, si se analizan solamente las categorías a partir de 10 cm de diámetro, cambia el comportamiento de la curva a una forma de campana, la mayoría de los individuos agrupados en las categorías intermedias, ver Figura 6.

Por otra parte, si se comparan los datos de los estadios de regeneración de reportados [5], [13] para *P. guatemalensis* y reportes de otras especies del género *Podocarpus* [19] con los valores de este estudio (800 brinzales, 300 latizales bajos y 48 latizales altos

por hectárea) los números difieren en abundancia, para los tres casos el valor máximo de brinzales por hectárea no supera los 200 individuos y el de latizales (bajos y altos) no superan las 40 unidades, por lo que se puede argumentar que la especie presenta valores altos de abundancia en estadios de regeneración.

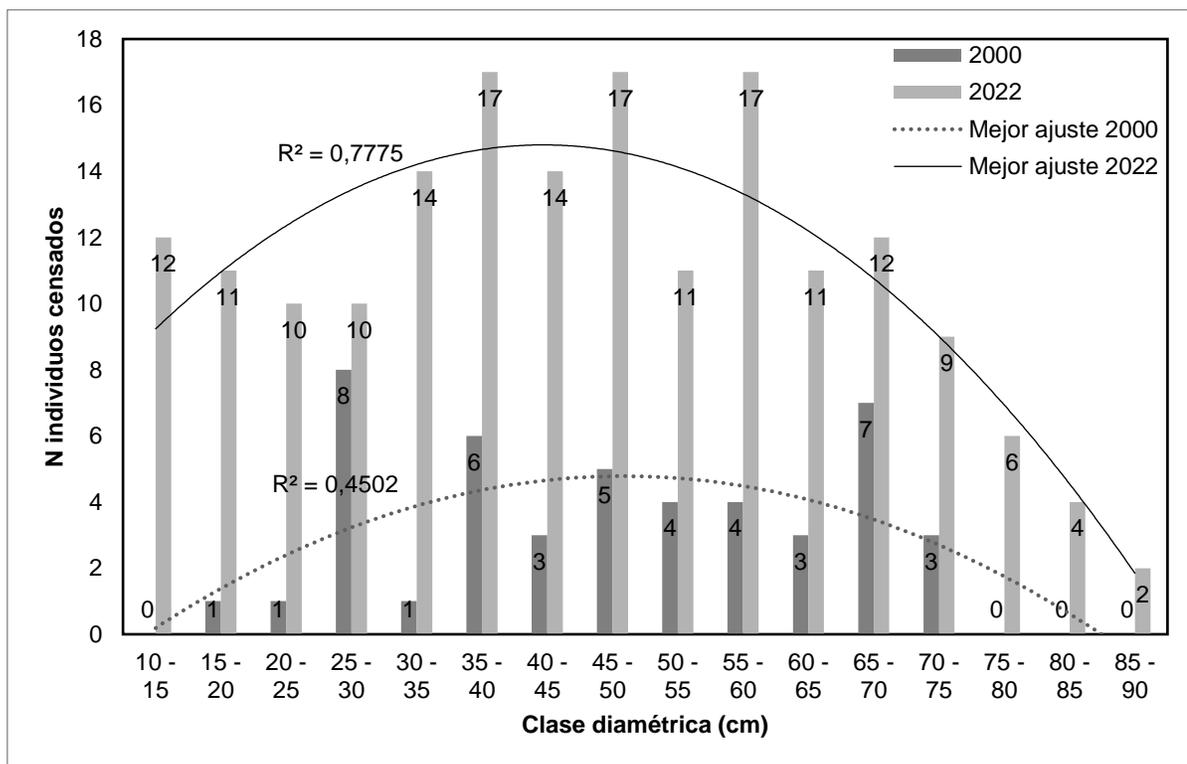


Figura 6. Comparación de la abundancia de árboles de *Podocarpus guatemalensis* al 2000 y al 2022 en el estrato de bosque intervenido de Boca Tapada, San Carlos -Costa Rica

En general los resultados indican que la población está sana, con una alta abundancia en estadios de regeneración, presencia de individuos en todas las categorías diamétricas y un comportamiento de J invertida; sin embargo, la comparación de los gráficos indica que el paso de la clase latizal a la clase fustal es la edad en la que la mortalidad es más alta y donde se presenta una barrera para la conservación.

A partir de esto se pueden llegar a generar hipótesis de qué pudo detonar los comportamientos de las curvas; una razón podría deberse a efectos estocásticos combinados con efectos antropogénicos, en este caso del huracán del 2016, que al momento de la caída de los árboles pudo haber destruido parte de la regeneración y sumado a las labores de arrastre producto del aprovechamiento de madera caída, mucha de la regeneración y fustales jóvenes pudieron morir.

Según el modelo Janzen y Connel [29], las plántulas tienen mejores oportunidades cuando se establecen lejos del árbol progenitor, como se mencionó la regeneración alrededor de los *P. guatemalensis* fue prácticamente nula, por lo que la regeneración contabilizada esté respondiendo a este patrón de reclutamiento. Puede ser incluso que la reproducción no sea anual y este año coincidió con una temporada no reproductiva y esto explique el comportamiento de la abundancia y de la ausencia de estructuras sexuales, a como se puede llegar a la conclusión que es una combinación de factores.

Por otra parte, respecto a la abundancia de los fustales, para el año 2000 se reportó una densidad de 0,09 individuos por hectárea censada; para el 2022 la abundancia por hectárea censada fue de 0,35 (ambos datos para individuos mayores a 10 cm de diámetro). Hubo un aumento significativo para el 2022 en todas las categorías diamétricas, pero el comparar los datos con el reporte de CODEFORSA [10] se puede inducir a un sesgo de interpretación principalmente por el origen de la información.

Para el estudio de zonificación forestal donde CODEFORSA estima poblaciones forestales a nivel nacional a partir de datos del Inventario Nacional Forestal, planes de manejo y parcelas permanentes [10], este reporta que existen 4900 individuos arriba de 30 cm en 132000 ha ( $N/ha = 0,04$ ), en el mismo documento se muestra el dato de densidad poblacional a partir de 10 cm de diámetro que corresponde a 0,60 individuos por hectárea. Comparando los datos se tiene que hay muchos individuos entre 10 y 30 cm de  $d$  y la menor cantidad a partir de esta categoría, sin embargo, la curva poblacional agrupa los individuos en categorías de 70 y 90 cm de  $d$ .

De modo que comparar este reporte con los de este estudio podría conducir a un sesgo principalmente por la metodología utilizada para obtener la información.

En el mismo sentido, los Principios, Criterios e Indicadores para el Manejo de Bosques Naturales (PCI) [17] determinan como especies poco abundantes a todas aquellas que con diámetros a partir de 30 cm que no superan los 0,3 individuos por hectárea, *P. guatemalensis* es reportada como especie escasa [5], [7], [8], [9], [10], [11], [14], y los datos de este estudio demuestran la misma condición de abundancia con una especificidad en sitios de buen drenaje.

Como se mencionó anteriormente el paso de la categoría latizal a fustal bajo es donde el cambio en la abundancia es más fuerte, en el futuro cuando la responsabilidad de mantener a la población estable la asuman pocos individuos, existe el riesgo de que las poblaciones manifiesten problemas genéticos y/o la proporción de sexos imposibilite el éxito reproductivo. Por lo que intervenir en estas categorías iniciales y monitorear los latizales impulse la diversidad genética y el mantenimiento de poblaciones saludables de la especie.

En resumen se puede argumentar que al existir una mayor abundancia para el año 2022 ( $N/ha=0,35$ ) comparado con el año 2000 ( $N/ha=0,09$ ), el estado poblacional ha mejorado, asimismo la creación del decreto de veda y el RNVSM han contribuido a la conservación de poblaciones de *P. guatemalensis* y de otras especies asociadas a este; sin embargo, al tener preferencias de sitios para el establecimiento, baja supervivencia en el paso de estadio latizal a fustal y su condición sexual (dioica) pueden implicar en el corto o largo plazo barreras para la conservación. Si se sigue bajo el esquema de conservación en el que no tocar el recurso es la estrategia, *Podocarpus guatemalensis* podría enfrentar problemas en el mantenimiento de poblaciones saludables, su conservación implica manejo y a pesar de ser una especie vedada se puede actuar para su conservación.

## **II PARTE ACCIONES PARA LA CONSERVACIÓN DE *Podocarpus guatemalensis* (Stand.) EN EL REFUGIO NACIONAL DE VIDA SILVESTRE MIXTO MAQUENQUE**

*Podocarpus guatemalensis* es una especie categorizada en el país como rara y poco abundante [5], [7], [9], [10], es la única gimnosperma nativa en bosques por debajo de los 1000 msnm y está protegida bajo un Decreto Ejecutivo [8] donde se prohíbe el aprovechamiento de árboles en pie de esta y otras 17 especies. Solo tres sitios en el país cuentan con esta especie, uno de ellos es el Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Maquenque (RNVSM); ubicado en la Zona Norte del país, entre las provincias de Alajuela y Heredia.

El RNVSM sobresale por encima de otras Áreas Silvestres Protegidas (ASP) por su naturaleza de sitio RAMSAR [15] donde las condiciones de terrenos anegables y lagunas de humedal, así como los bosques y el río San Carlos brindan diversos servicios ecosistémicos para la biodiversidad y comunidades cercanas. La categoría de conservación “Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto” permite existan diversas inmuebles privados y actividades productivas dentro de sus estos como la producción ganadera, agrícola, forestal, así como el manejo de los bosques, siempre bajo el esquema de producción sostenible [4].

Básicamente se pueden manejar los recursos naturales siempre y cuando sea bajo un esquema que asegure la conservación de estos en el tiempo. Sin embargo, en el país comúnmente la conservación se confunde con preservación y se espera que los recursos se conserven simplemente con no tocarlos o con el hecho de que estén presentes en un ASP. Si bien estas acciones pueden beneficiar a la conservación, no son la solución o la manera más eficiente de favorecer la conservación de un recurso, un hábitat o una especie.

Caso particular lo que ocurre con los individuos de especies protegidas o poco abundantes en planes de aprovechamiento en bosques; donde no aprovechar los individuos es la única manera de conservarlos, no se consideran especies dioicas, de

qué manera el manejo realizado interfiere en la población, si se completa o no la curva poblacional, si son necesarias acciones para asegurar otro ciclo de corta, entre otras.

Razón por la cual el manejo forestal sostenible no debería enfocarse solamente en trabajar con las especies de potencial maderero del bosque, sino incorporar acciones que favorezcan a los individuos de especies escasas, raras o vedadas presentes en el ecosistema que se está manejando, sin dejar de lado las especies maderables.

A partir de lo anterior y de la información generada en la estructura poblacional, se evidencia que la *P. guatemalensis* es una especie escasa con preferencias en el establecimiento en sitios boscosos con condiciones de pendientes favorables para el drenaje y por encima de los 65 msnm. Se planteó una estrategia de conservación donde se pretende mejorar las poblaciones de *P. guatemalensis* dentro del RNVSSM y convertirla en una especie bandera para la conservación.

Para esta estrategia de conservación dentro del RNVSSM se cuenta con dos documentos de gestión, el plan de manejo y el plan de gestión local (PGL) [4], [15]; los límites y la suma de las áreas difieren en ambos, principalmente por la época de creación del primer documento (2006) y que este no incluye la porción del Corredor Fronterizo inmediata al ASP [4]. No se tiene claro si las áreas se gestionan por separado o si se toman como una sola al estar unidas, sin embargo, para el 2017 el PGL incluye esta área. Por esto la proyección y suma de áreas para esta propuesta de conservación se hizo para el área dentro de los límites del ASP y el Corredor Fronterizo, esto a partir de sistemas de información geográfica (QGIS ver. 3.10.14), modelos de elevación digital ALOS PALSAR y una corrección a la capa de cobertura del Inventario Nacional Forestal 2012.

Según el cálculo realizado, el uso del suelo para el RNVSSM se distribuye en 46360 ha de bosque maduro (incluidos los bosques inundables), 1653 ha de bosques secundarios, 265 ha de bosques de palmas, plantaciones forestales con 1033 ha, 9870 ha de pasturas y 1233 ha de naturaleza no forestal, se incluyen en este uso lagunas, cursos de agua, plantaciones agrícolas e infraestructura (Cuadro 8).

Cuadro 8. Área y porcentajes del uso del suelo del Refugio Nacional de Vida Silvestre Maquenque

Uso de suelo	Área (ha)	Porcentaje (%)
Bosque maduro	46360	76,7
Pastos	9870	16,3
Bosque secundario	1653	2,7
No forestal	1233	2,0
Plantaciones forestales	1033	1,7
Bosque de palmas	265	0,4
<b>Total</b>	<b>60414</b>	<b>100</b>

A partir de la información poblacional de *P. guatemalensis* se discriminó el área el RNVSM y se calculó un área potencial para el ASP donde las posibilidades de encontrar individuos de esta especie son más altas en comparación con el resto del área. Por lo que por encima de los 65 msnm existen 25313 ha de bosques con alto potencial de albergar *P. guatemalensis* (55 % del área boscosa, 42 % del total). En las Figuras 7 y 8 se presentan los mapas de uso de suelo del RNVSM y del Área Potencial (AP) para *P. guatemalensis* en este ASP.

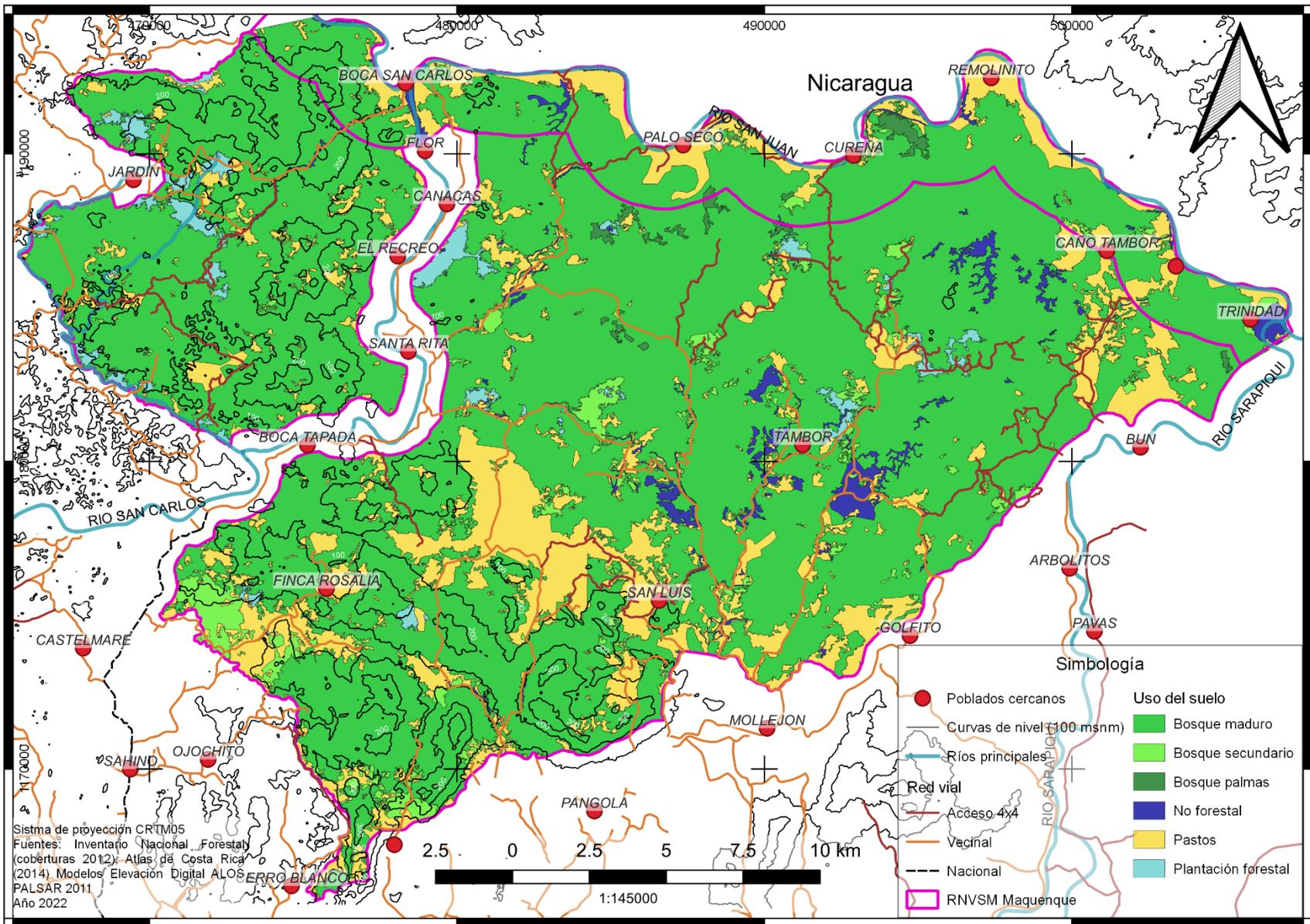


Figura 7. Uso de la tierra en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Maquenque

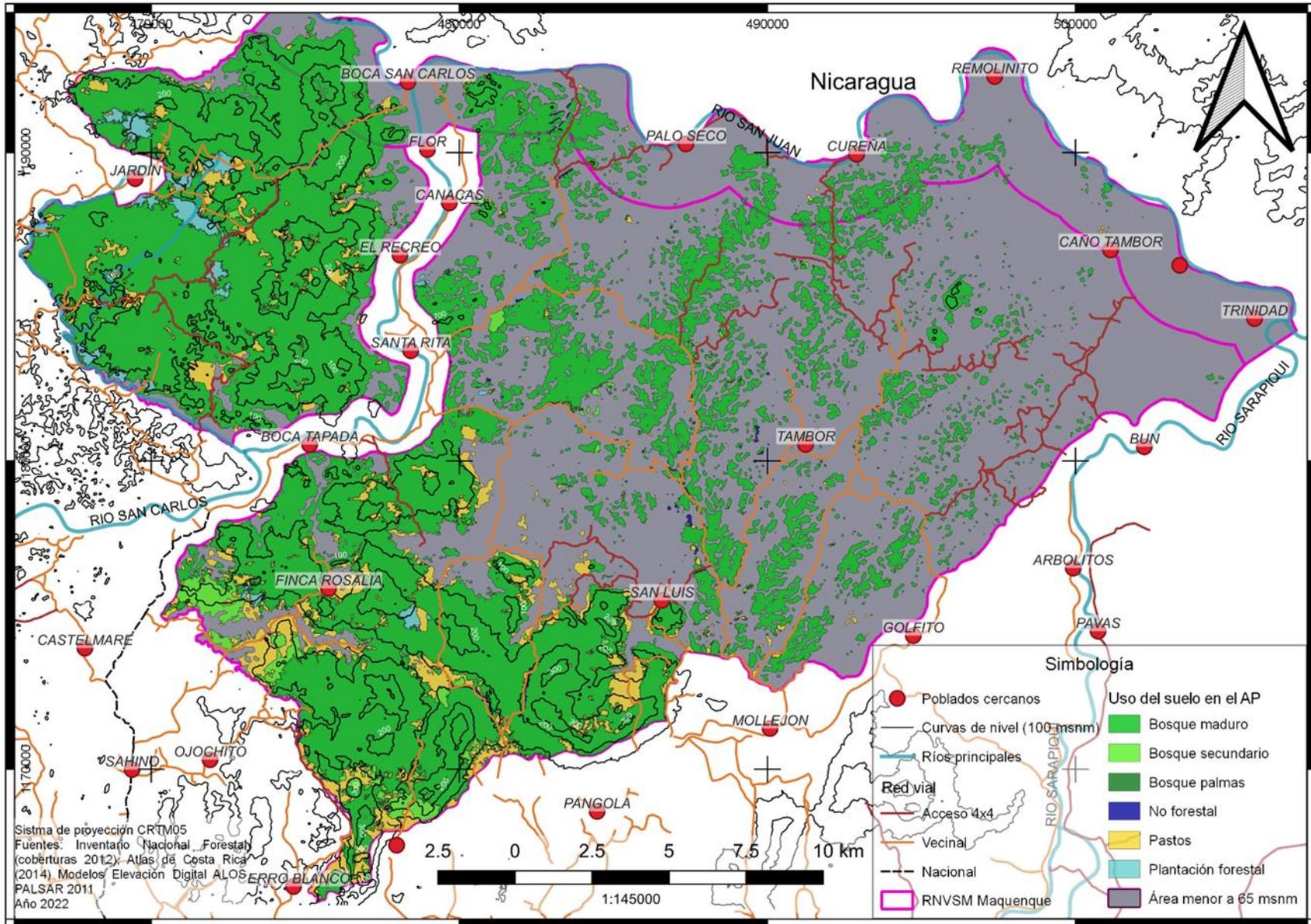


Figura 8. Área potencial para *Podocarpus guatemalensis* en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Maquenque

Se parte del supuesto de que *P. guatemalensis* presenta un comportamiento para todo el RNVSMM similar a los datos obtenidos en el sector de Boca Tapada; a partir esto se tiene que el “área hábitat” o área potencial cuenta con 25313 hectáreas (bosques por encima de los 65 msnm), se calcula existan un total de 8860 individuos clase fustal ( $d < 10$  cm) 3800 para diámetros entre 10 y 40 cm de y 5060 individuos mayores a 40 cm (fustales medios).

La formulación de la estrategia de conservación para *P. guatemalensis* propone cuatro fases para su implementación (Figura 9). La **primera fase** corresponde a generar un listado de propuestas que abarcan temas de diferentes aspectos de índole social, investigativa, biológica y legal. En este se describen las actividades propuestas, los resultados esperados y las personas involucradas.

Para la **segunda fase** se exponen las propuestas a las principales autoridades u organizaciones encargadas del manejo de recursos naturales; tales como la oficina regional encargada del RNVSMM, el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Comisión de Desarrollo Forestal de San Carlos (CODEFORSA), Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) el Centro Científico Tropical (CCT), Corredor Biológico San Juan La Selva, entre otros.

La **tercera fase** corresponde a la discusión y análisis de viabilidad de las propuestas con todas las personas y organizaciones involucradas dentro del RNVSMM; como el sector turismo, personas propietarias de bosque, escuelas, colegios, universidades, comunidades cercanas, sector maderero, sector productivo, viveros, organizaciones encargadas del manejo de recursos naturales, gobiernos locales, entre otros. En esta se define el alcance de las estrategias y los costos.

Por último, definido el alcance de la estrategia se priorizan las acciones y actividades a realizar; se definen plazos, responsables, se buscan fuentes de financiamiento y se destinan presupuestos para la puesta en práctica de la estrategia, esta correspondería a la **cuarta fase**. Esta fase se completaría de mediano a largo plazo y se producirá la mayor cantidad de información que evidenciará el éxito de la estrategia.

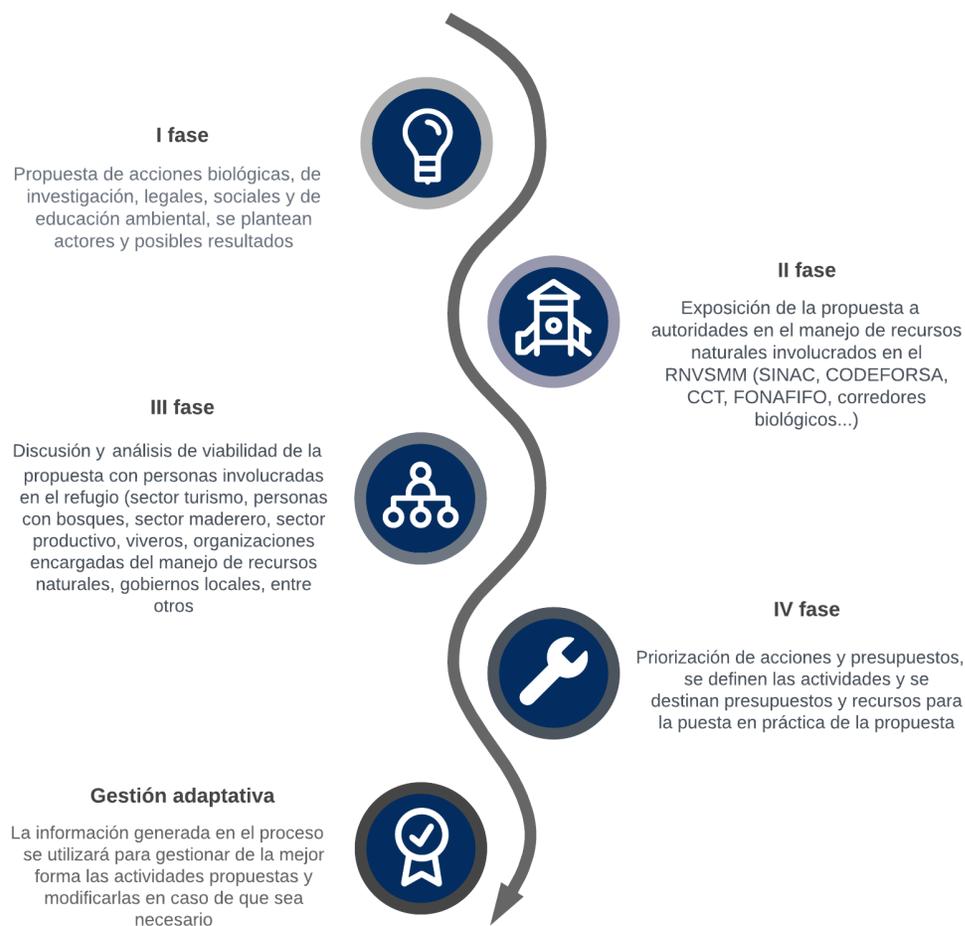


Figura 9. Fases para la implementación de la estrategia de conservación para *Podocarpus guatemalensis* en el RNVMM.

El presente documento abarca la fase uno de la estrategia, la propuesta de acciones; el éxito de esta requiere esfuerzo de muchas personas, incluir a un listado de organizaciones y sectores en los que el liderazgo se sugiere lo asuman las autoridades administrativas del ASP, tales como el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) y la oficina regional del refugio.

La fase uno corresponde a la formulación de propuestas para la conservación de *P. guatemalensis*, esta se divide en tres componentes: educación ambiental, el legal y el biológico / investigativo. El primer componente, educación ambiental, las actividades

que se plantean son principalmente charlas y días de campo en diferentes momentos. Para estas charlas / días de campo se resaltarán la importancia de los bosques, la importancia de la conservación de la cobertura vegetal, la biodiversidad y principalmente destacar el papel y la importancia de conservar *P. guatemalensis*.

Como parte de este componente se espera producir material didáctico divulgativo, universal, físico y digital, para esto se empleará uso de redes sociales, internet, televisión que se compartirá también en las charlas o días de campo a realizar. La educación ambiental estará presente a lo largo de todo el proceso, se describen como principales actividades dentro de este componente las charlas y días de campo pero todas las actividades se pueden considerar como educación ambiental o servirán de insumo para capacitaciones futuras.

El segundo componente, el legal-económico, contiene temas más de administración pública (territorio, servicios, legislación...); en este componente la existencia del decreto de veda y del RNVSM contribuyen fundamentalmente a la conservación de la biodiversidad, pero por sí solas estas acciones no aseguran que existan ecosistemas o poblaciones sanas. Las propuestas van en el sentido de mantener lo que hay y mejorar lo que se pueda, en el caso del RNVSM mantenerlo e incluir dentro de los límites al Río San Carlos.

Dentro de este componente se plantea mejorar la capacidad de los actuales Pagos por Servicios Ambientales (PSA) y utilizar la flexibilidad de los fondos que FONAFIFO ofrece. Actualmente se cuenta con modalidades que pueden ser afines a las acciones propuestas en la estrategia, como lo es la modalidad protección de bosque, reforestación con especies nativas, SAF con especies nativas, inclusive el manejo forestal; sin embargo, se podrían adaptar algunas modalidades y hacerlas específicas para *P. guatemalensis*.

Estas modificaciones se piensan especialmente para modalidades como regeneración natural, en su efecto sería enriquecer bosques con esta especie y favorecer activamente a la restauración, otra modificación a considerar es partir de las

plantaciones con especies de mediano o rápido crecimiento y a esta incorporarles individuos de *P. guatemalensis* una vez estos logren cerrar las copas. La idea es que se fomenten modalidades y montos específicos para esta especie y motivar a las personas terratenientes a conservar la especie y sea vista como especie bandera en dentro del RNVSM.

De igual manera FONAFIFO no solo promueve modalidades de PSA, proyectos forestales también se ven beneficiados con créditos o fondos que esta institución maneja. Por otra parte el RNVSM es considerado tanto por FONAFIFO como por Fundación Banco Ambiental (FUNBAM) como un área prioritaria para el enfoque de los fondos disponibles, por lo que trabajar activamente en la conservación de *P. guatemalensis* contribuye también a estas organizaciones financieras al mejoramiento de la capacidad de acción en la zona.

Por último, en el componente biológico - investigativo se enlista la mayor cantidad de actividades por realizar. Se espera seguir un orden lógico que responde primero a delimitar y definir en mejor medida el área potencial (AP), el estado actual de los individuos en los bosques, cuantos de estos son reproductivos para colectar semilla. Luego de esto conducir las semillas al vivero y producir los individuos que se utilizarán para los ensayos y enriquecimiento de bosques.

Se plantea inicialmente un estado de fragmentación de los bosques dentro del RNVSM y generar proyecciones de cambio en el uso del suelo. Se espera se replique y amplíe el estudio poblacional de la especie en toda el ASP con el objetivo de determinar el verdadero estado poblacional y aproximar de manera más precisa el AP o "área hábitat". Paralelamente se plantea un estudio fenológico donde se determine la proporción de sexos y se evidencie la población efectiva.

Posterior a estas acciones continúa la recolecta de semilla y los ensayos en viveros con la finalidad de producir plántulas y asegurar la producción de material vegetativo. Estas acciones son el insumo para las demás actividades, por lo que son de vital importancia dentro de la estrategia.

Asegurada la producción de individuos sanos se puede empezar el establecimiento de individuos en el campo mediante ensayos; los esfuerzos se enfocarán inicialmente en cuatro coberturas: bosques degradados, bosques secundarios, plantaciones puras o mixtas y sistemas agroforestales (SAF). Bajo estas coberturas se pueden desarrollar ensayos para evidenciar el comportamiento de las plantas de vivero y generar información del comportamiento de la especie bajo diferentes condiciones.

La idea de los ensayos es generar información de cuál es la mejor manera de establecer los individuos en el campo, para el estrato de bosques degradados y bosques secundarios se propone establecer los individuos en líneas cada 6 metros uno de otro y una distancia entre líneas de 20 metros. Para los SAF se debe considerar el tipo de producción, para los sistemas convencionales (agricultura y una especie leñosa) se recomienda establecer plantas nodrizas y una vez estos individuos crecen y generan cierta sombra los árboles se pueden introducir al sistema, el arreglo depende del cultivo principal.

Lo mismo para los sistemas silvopastoriles, el arreglo en estos puede ser un asocio de especies leñosas de rápido crecimiento e introducir los *P. guatemalensis* cuando las copas cierran y brindan un nivel de sombra que una especie esciófita requiere en sus primeros estadios. Se propone un sistema en fajas y una disposición de individuos de especies de rápido crecimiento cada 8 m uno de otro, aproximadamente en el año 3 incorporar los *P. guatemalensis* entre estos individuos.

Con las plantaciones mixtas el esquema sería muy similar al de los sistemas silvopastoriles, nada más que en toda el área disponible para realizar la plantación. Los individuos de *P. guatemalensis* estarían en asocio con especies de rápido o mediano crecimiento y de igual forma estas especies de rápido crecimiento se establecen 2 o 3 años antes de la incorporación de *P. guatemalensis*. Con respecto a las plantaciones puras de *P. guatemalensis*, se recomiendan se establezcan individuos que ya hayan superado el estadio de latizal bajo al menos (individuos mayores a 5 cm de d), lo que requiere que las plantas pasen más tiempo en el vivero.

La idea principal de estos ensayos es generar información de la silvicultura, rendimiento y supervivencia de la especie, por lo que se piensa establecerlos en áreas no mayores a 2 ha para medir los resultados. De igual manera estos ensayos se pueden someter a Pago por Servicios Ambientales (PSA) en alguna de sus diferentes modalidades, protección de bosques, Sistemas Agroforestales (SAF) con especies nativas, reforestación con especies nativas; con el objetivo de brindar información de los sistemas financieros para proyectos ambientales con que cuenta el país y sufragar parte de los esfuerzos de conservación. Durante el transcurso de la estrategia la información que se genera se espera se utilice para la toma de decisiones, correcciones o mejoras de la actual propuesta, de manera que se promueve una gestión adaptativa.

La estrategia de conservación de *P. guatemalensis* es una propuesta a largo plazo, mucha de la información que se genere evidenciará el verdadero estado de conservación de la especie y los principales riesgos que enfrentan las poblaciones. De los resultados de la estrategia se puede concluir si los esfuerzos de conservación *in situ* son suficientes o si se requiere técnicas de conservación *ex situ*, como reproducción por clones o técnicas *in vitro* si el riesgo identificado es genético.

Lo mencionado anteriormente se resume en el Cuadro 9, Acciones por componente para la puesta en práctica de la estrategia de conservación para *Podocarpus guatemalensis* en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Maquenque

Cuadro 9. Acciones por componente para la puesta en práctica de la estrategia de conservación para *Podocarpus guatemalensis* en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Maquenque.

Componente	Actividad	Descripción	Resultados esperados	Actores involucrados
Educación ambiental [4], [15], [30], [31], [32]*	Charlas / días de campo	Capacitaciones tanto dentro como fuera del bosque donde se resalte el valor de los bosques, servicios ambientales, importancia de la especie en el ecosistema y en la biodiversidad	Generar conciencia acerca del <i>P. guatemalensis</i> y que funcione como especie bandera	SINAC, CODEFORSA, escuelas, colegios, comunidades vecinas, personas terratenientes dentro del RNVSMM
	Material divulgativo	Imágenes, panfletos, videos, documentos impresos, digitales, universales, para publicar en redes sociales, internet, televisión y entregar en capacitaciones	Generar conciencia acerca del <i>P. guatemalensis</i> , los bosques y el RNVSMM	SINAC, CODEFORSA, escuelas, colegios, comunidades vecinas, personas terratenientes dentro del RNVSMM
Legal-Económico [4], [7], [8], [15], [17]*	Mejorar la capacidad de los actuales PSA	Buscar la manera de mejorar el sistema de financiamiento de pago por servicios ambientales o buscar alguna otra entidad aparte de FONAFIFO que motive a la conservación por medios económicos	Mayor motivación por la conservación de los recursos naturales	SINAC, FONAFIFO, comunidades vecinas, terratenientes, sector turismo, bancos estatales
	Decreto de veda	Mantener la lista de especies vedadas en el Decreto Ejecutivo 25700	Protección de especies amenazadas ( <i>P. guatemalensis</i> )	SINAC

Componente	Actividad	Descripción	Resultados esperados	Actores involucrados
	Creación RNVSM	La creación del RNVSM ayuda al accionar de las estrategias, se puede mejorar si se añade a de los límites del ASP el río San Carlos y el corredor fronterizo	Sentido de pertenencia dentro del ASP	SINAC, gobierno local
Legal-Económico [4], [7], [8], [15], [17]*	Mejora de los servicios básicos dentro del ASP	Actuar en la conciencia ambiental de las personas habitantes del RNVSM impulsando servicios básicos como recolección de residuos	Mejora en la cultura ambiental de las comunidades vecinas	Gobierno local, terratenientes, comunidades vecinas, escuelas y colegios
	Revisión de leyes y generación de jurisprudencia	Revisar si las acciones son legalmente aceptables y buscar medios para actuar en las que no son permitidas.	Jurisprudencia o mecanismos legales que no entorpezcan la estrategia de conservación	SINAC, CCT, comunidades vecinas, apoyo de legal, universidades
Biológico / investigativo [4], [5], [7], [9], [10], [11], [14], [15], [26], [27], [30], [31], [32], [33], [34], [35]*	Ubicación de los <i>P. guatemalensis</i> en el ASP	Replicar el estudio realizado en bosques de Boca Tapada a lo largo del RNVSM	Datos poblacionales de la especie	SINAC, CODEFORSA, CCT, Corredor Biológico San Juan La Selva, terratenientes, comunidades vecinas
	Estudio fenológico de las poblaciones	Determinar la proporción de machos y hembras	Datos de la población efectiva	SINAC, CODEFORSA, CCT, Corredor Biológico San Juan La Selva, terratenientes, comunidades vecinas

Componente	Actividad	Descripción	Resultados esperados	Actores involucrados
Biológico / investigativo [4], [5], [7], [9], [10], [11], [14], [15], [26], [27], [30], [31], [32], [33], [34], [35]*	Estudio genético de las poblaciones	Describir genéticamente a las poblaciones	Información acerca de problemas de endogamia, erosión genética, cuello de botella	SINAC, CODEFORSA, CCT, Corredor Biológico San Juan La Selva, terratenientes, comunidades vecinas
	Recolección de frutos y semillas	Colecta de material para reproducir en viveros	Información de porcentajes de germinación, cuidados de las plantas en vivero, ensayos germinativos	Viveros de la zona, colectivos ambientales, CCT, Corredor Biológico San Juan La Selva, SINAC, CODEFORSA, comunidades vecinas
	Recolecta de material de otras partes del país	Recolecta de frutos y semillas de otras partes del país (Península de Osa) y comparar procedencias	Comparación de procedencias y rendimientos en viveros	Viveros de la zona, colectivos ambientales, CCT, Corredor Biológico San Juan La Selva, SINAC, CODEFORSA, comunidades vecinas, terratenientes
	Establecimiento de ensayos	Incorporación de individuos a osques degradados, secundarios, plantaciones mixtas o puras y SAF	Bosques o sistemas productivos enriquecidos comprometidos con la conservación de <i>P. guatemalensis</i>	Viveros de la zona, colectivos ambientales, CCT, Corredor Biológico San Juan La Selva, SINAC, CODEFORSA, comunidades vecinas, terratenientes

Componente	Actividad	Descripción	Resultados esperados	Actores involucrados
Biológico / investigativo [4], [5], [7], [9], [10], [11], [14], [15], [26], [27], [30], [31], [32], [33], [34], [35]*	Estado de la fragmentación de los bosques del ASP	Evidenciar el estado de fragmentación de los bosques dentro del ASP	Estado actual de la cobertura boscosa analizar si representa una amenaza para la especie	Colectivos ambientales, CCT, Corredor Biológico San Juan La Selva, SINAC, CODEFORSA, comunidades vecinas, terratenientes
	Conservación ex situ	A partir de la información generada en todo el proceso de la estrategia se espera contar con los estudios genéticos y analizar si es necesario utilizar técnicas in vitro o clonales para la conservación genética de la especie	Análisis de la factibilidad de implementar técnicas clonales para la conservación de <i>P. guatemalensis</i>	Colectivos ambientales, CCT, Corredor Biológico San Juan La Selva, SINAC, CODEFORSA, comunidades vecinas, terratenientes

Nota: el \* se refiere a literatura de referencia empleada para la elaboración de la estrategia.

Con la información de los estudios genéticos y con la información que se genere de la reproducción y establecimiento de individuos en diferentes usos del suelo se espera analizar el estado de las poblaciones y analizar si se requiere actuar en la conservación genética de la especie, como cultivo in vitro o clones.

La implementación de las estrategias requiere una inversión económica importante, por lo que la discusión de estas acciones con los actores así como con las organizaciones encargadas del manejo de recursos naturales es vital para priorizar o descartar acciones descritas en este documento. De igual forma, la participación del SINAC y de la oficina del refugio es de vital importancia, se sugiere tomen el liderazgo para la implementación de esta estrategia y funcionen como mediador entre todas las partes involucradas.

## 5. CONCLUSIONES

Se encontró una tendencia para ubicar individuos de *P. guatemalensis* en condiciones boscosas con sitios con un grado de pendiente favorable para el drenaje, principales determinantes del Área Potencial (AP). De igual manera la especie presenta una plasticidad en cuanto a la tolerancia de luz y sombra, podría considerarse como esciófita parcial, donde necesita sombra para germinar y establecerse, comenzando a tolerar condiciones de luz directa a partir de los 10 cm de diámetro.

La estructura poblacional, considerando la distribución diamétrica para *Podocarpus guatemalensis* en bosques manejados, presenta individuos en todas las categorías; si se considera que los árboles mayores a 40 cm de  $d$  son individuos reproductivos, se tiene asegurada una producción de semillas en forma regular, sin embargo es necesario un estudio fenológico para establecer proporción de sexos y cuales individuos realmente se reproducen.

El estrato de bosque intervenido no afecta en gran medida a los árboles adultos más si afecta a la regeneración y estadios iniciales. Al encontrar pocos individuos en las categorías diamétricas inferiores (de 10 a 30 cm) se corre el riesgo de que en el futuro pocos árboles carguen con la responsabilidad de mantener saludable la población y se presenten barreras como números no proporcionales de machos y hembras o distancias muy largas entre individuos reproductivos, por lo que manejar y dar seguimiento a estos estadios es de vital importancia para la conservación de la especie.

La situación poblacional del año 2000 (0,09 N/ha) al presente (0,35 N/ha) mejoró, no obstante, se cree que para el año 2000 el esfuerzo de muestreo fue menor a pesar de que se reportan 500 ha recorridas en los mismos inmuebles censados.

A pesar de los reportes y la categoría de riesgo crítico (CR) de la especie a nivel país, los datos del censo (192 individuos en 548 ha) y las proyecciones para el área potencial en el ASP (8860 en 25313 ha) muestran números esperanzadores que hacen pensar

que las poblaciones de la especie se encuentran en una buena condición. Sin embargo, no dejan de ser proyecciones y solamente replicando este estudio en otras partes de ASP se puede conocer con certeza la cantidad de individuos y se delimita un área hábitat.

La principal diferencia entre los reportes del estado poblacional de la especie y los datos generados en este documento es el método utilizado, en los reportes se utilizó información generada de otros proyectos que si bien brindan información el sesgo puede ser alto al inferir en poblaciones a nivel nacional, por lo que se concluye que la mejor manera de evidenciar el estado poblacional es visitar el bosque y realizar el censo.

El decreto de veda y la creación del RNVSM ha ayudado a la conservación de *P. guatemalensis* en el estrato de bosque intervenido de Boca Tapada, estas acciones ayudan más no son la solución, la conservación requiere manejo y estrategias de conservación como la que se expuso puede mejorar el estado tanto de esta como de otras especies asociadas.

Establecer la proporción de machos y hembras, su distribución espacial y períodos reproductivos son fundamentales para asegurar acciones de conservación y la implementación de las estrategias más adecuadas.

## 6. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar la estrategia de conservación e involucrar a todas las personas y organizaciones involucradas en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Maquenque, así como asignar el liderazgo y principal responsabilidad a la oficina regional del SINAC.

Muchas personas de la comunidad de Boca Tapada desconocen los recursos con los que cuentan, entre estos *P. guatemalensis* y su papel en la conservación, por lo que la educación ambiental es algo en lo que se tiene que trabajar para que las personas se apropien de los recursos y la propuesta formulada tenga éxito.

Se recomienda realizar el estudio fenológico por lo menos durante tres años y mínimo dos veces al año para evidenciar los períodos reproductivos y si la producción es anual. Si se realiza un futuro estudio de regeneración de esta especie se recomienda ir de la mano con el estudio fenológico. Estas y las demás acciones descritas en la estrategia se recomiendan establecerse en el área potencial, la ampliación o disminución de esta área dependerá de los resultados de la estrategia de conservación.

Generar este tipo de estrategias para otras especies vedadas o en riesgo favorece la biodiversidad y puede mejorar el actuar de las organizaciones encargadas del manejo de los recursos en sus áreas prioritarias.

Existen ONGs que trabajan dentro del RNVMM, como el CCT o Macaw Recovery Network, organizaciones que se enfocan en *Dipteryx panamensis* y la conservación de la lapa verde; aliarse a este tipo de organizaciones facilitaría el accionar de la estrategia.

Por observaciones y convivencia con personas de la comunidad de Santa Rita y Boca Tapada se evidencia que la conservación tiene una motivación meramente económica y hay una falta de interés de la población hacia el conocimiento de la biodiversidad; don Israel Mena fue la persona baqueana que colaboró en el trabajo de campo, personas como él que conozcan la flora del lugar y con experiencia de trabajar en bosques hay muy pocas y de estas la mayoría son mayores por lo que capacitar o

generar baqueanos reduciría costos y facilitaría labores en la estrategia de conservación.

## 7. REFERENCIAS

- [1] L. R. Holdridge y J. A. Tosi, *Life Zone Ecology*. (Rev.ed. ed.) San Jose, Costa Rica: Trop.Science Center, 1967.
- [2] L. D. Gómez Pignataro, *Vegetación Y Clima De Costa Rica*. San José, Costa Rica: Ed. Univ. Estatal a Distancia.
- [3] R. F. Quesada Monge, "Struktur Und Dynamik Eines Tropischen Feuchtwaldes Nach Holznutzung in Costa Rica.", Cuvillier, Göttingen, 1997.
- [4] O. Chassot y G. Monge (Editores) Plan de Manejo del Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Maquenque, 2006-2010. Ciudad Quesada, Costa Rica: MINAE-SINAC-ACAHN / Centro Científico Tropical, 2006, 244 p.
- [5] Asociación Comisión de Desarrollo Forestal de San Carlos, (CODEFORSA) y Sistema Nacional de áreas de conservación, (SINAC), "Zonificación forestal de costa rica y estado poblacional de especies forestales, basado en el inventario nacional forestal e instrumentos de monitoreo y manejo de bosques naturales," 2016.
- [6] L. Rosero-Bixby, T. Maldonado-Ulloa y R. Bonilla-Carrión, "Bosque y población en la Península de Osa, Costa Rica," *Revista De Biología Tropical*, vol. 50, (2), pp. 585-598, 2002. Disponible en: <https://doaj.org/article/a9e8451b024e43698024ef53e74514ca>.
- [7] R. Quesada Monge, "Especies forestales vedadas y bajo otras categorías de protección en Costa Rica," *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, vol. 1, (2), pp. 84-88, 2004. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=5123199>.
- [8] Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), "Decreto Ejecutivo 25700 - MINAE Declara veda total el aprovechamiento de árboles en peligro extinción," Nov 15, 1996.

- [9] A. Estrada, A. Rodríguez y J. Sánchez, "Evaluación y categorización del estado de conservación de plantas de Costa Rica," Museo Nacional de Costa Rica, Costa Rica, 2005.
- [10] Asociación Comisión de Desarrollo Forestal de San Carlos, (CODEFORSA) y Sistema Nacional de áreas de conservación, (SINAC), "Zonificación forestal de Costa Rica y estado Poblacional de especies forestales, basado en el Inventario Nacional Forestal e instrumentos de monitoreo y manejo de bosques naturales." 2016
- [11] E. Corea Arias *et al*, "Situación de nueve especies forestales en peligro crítico de extinción en Costa Rica," *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, vol. 13, (33), pp. 36-46, 2016. Disponible en: [https://explore.openaire.eu/search/publication?articleId=od\\_\\_\\_\\_\\_3056::dcd7f67c61040d1f6a098cf129a2f7c7](https://explore.openaire.eu/search/publication?articleId=od_____3056::dcd7f67c61040d1f6a098cf129a2f7c7). DOI: 10.18845/rfmk.v13i33.2576.
- [12] Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), "Categorías y criterios de la lista roja de la UICN: Versión 3.1. Segunda edición," 2012.
- [13] P. Thomas y A. Farjon. 2013. *Podocarpus guatemalensis*. *Lista Roja de especies amenazadas UICN* 2013: e.T34084A2844360. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T34084A2844360.en>. Consultado el 09 Mayo 2022.
- [14] P. Olivas-Rojas, "Estudio Demográfico De *Podocarpus guatemalensis* Standl, En Boca Tapada De Pital, Región Huetar Norte De Costa Rica.", Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2000.
- [15] Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). 2017. Propuesta del Plan de Gestión Local del Sitio Ramsar Maquenque. Eds. H. Acevedo y Y. Villalobos. San José, Costa Rica. 47 p.
- [16] R. Quesada-Monge, "Dinámica del bosque muy húmedo tropical diez años después de la intervención forestal en la Región Huetar Norte de Costa Rica," Costa Rica, 2002.

- [17] Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET) y Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), "Estándares de sostenibilidad para manejo de bosques naturales en Costa Rica: Principios, Criterios e Indicadores, Código de Prácticas y Manual de Procedimientos" 2008.
- [18] Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba (Costa Rica), "Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central," 2001.
- [19] H. Lamprecht, *Silvicultura En Los Trópicos*. Eschborn: GTZ, 1990.
- [20] O. Murillo y P. Camacho, "Evaluación de la calidad de plantaciones forestales," pp. 35, 1990.
- [21] Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). "Decreto Ejecutivo N° 41960-MAG-MINAE Establecimiento de la metodología para la determinación de la capacidad de uso de las tierras agroecológicas de Costa Rica," 2019.
- [22] R. R. Mill, "A MONOGRAPHIC REVISION OF THE GENUS *PODOCARPUS* (PODOCARPACEAE): II. THE SPECIES OF THE CARIBBEAN BIOREGION," *Edinburgh Journal of Botany*, vol. 72, (1), pp. 61-185, 2015. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1017/S0960428614000328>. DOI:10.1017/S0960428614000328.
- [23] I. Mena, "Comunicación personal" 2022.
- [24] K. Quiros-Brenes, "Composición Florística Y Estructural Para El Bosque Primario Del Hotel Laguna Lagarto Lodge, Boca Tapada, Pital San Carlos.", Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2002.
- [25] J. Araya-Orozco, "Efectos Del Huracán Otto Sobre La Estructura Y Composición Florística De Un Bosque Primario En Boca Tapada De Pital, San Carlos, Costa Rica.", Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2017.

- [26] B. Vílchez-Alvarado y O. Rocha, «Fenología y biología reproductiva del nazareno (*Peltogyne purpurea* Pittier) en un bosque intervenido de la Península de Osa, Costa Rica, América Central», *RFMK*, vol. 1, n.º 1, pp. pág. 47–60, nov. 2012.
- [27] N. Gamboa-Badilla, "REGENERACIÓN NATURAL DE *DIPTERYX PANAMENSIS* (Pitier) Record EN FRAGMENTOS DE BOSQUE, SARAPIQUÍ, COSTA RICA.", Universidad Estatal a Distancia, 2008. [27]
- [28] F. Díaz Santos, "Evaluación del estado actual de las poblaciones de 23 especies forestales en bosques naturales en el municipio de El Castillo, Río San Juan, Nicaragua," Jan 1, 2005.
- [29] D. H. Janzen, "Herbivores and the Number of Tree Species in Tropical Forests," *The American Naturalist*, vol. 104, (940), pp. 501-528, 1970. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/2459010>. DOI: 10.1086/282687.
- [30] E. Mendoza-Maya *et al*, "PROPUESTA DE CONSERVACIÓN DE TRES ESPECIES MEXICANAS DE *Picea* EN PELIGRO DE EXTINCIÓN," *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 38, (3), pp. 235-247, 2015. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802015000300002&lng=en&tling=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802015000300002&lng=en&tling=en). DOI: 10.35196/rfm.2015.3.235.
- [31] E. Jardel-Pelaez, "Criterios para la conservación de la biodiversidad en los programas de manejo forestal," 2015.
- [32] Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. 2018 PLAN DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DEL *Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lamb (pino colombiano) en la Jurisdicción CAR. 101p.
- [33] FAO, FLD, Bioversity International. 2007. Conservación y manejo de recursos genéticos forestales. Vol. 1: visión general, conceptos y algunos métodos sistemáticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia.
- [34] A. González. Estrategia para la conservación y mejora de la conectividad ecológica en la Ruta del Almendro. Proyecto: Viabilidad ecológica para el

aprovechamiento comercial de la nuez de *Dipteryx panamensis* en Maquenque y Tortuguero. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica, 2022

[35] E. Corea, "Conservación y reproducción ex situ de especies forestales en peligro de extinción en Costa Rica," *Ambientico*, vol. 1, (229), pp. 23-28, 2012.

