

UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES
INGENIERÍA EN CIENCIAS FORESTALES

Análisis de la estructura y composición florística de los manglares del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC-BC) para la elaboración de una propuesta de conectividad ecológica que posibilite implementar acciones de manejo y conservación

Proyecto de Graduación para optar por el Grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal con Énfasis en Manejo Forestal

Elaborado por: José Pablo Mora Salas

Campus Omar Dengo
Heredia, Costa Rica, 2018

Análisis de la estructura y composición florística de los manglares del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC-BC) para la elaboración de una propuesta de conectividad ecológica que posibilite implementar acciones de manejo y conservación

Proyecto de Graduación para optar por el Grado de Licenciatura en Ingeniería en Ciencias Forestales con Énfasis en Manejo Forestal

Miembros del Tribunal Examinador:

M.Sc. Tomás Marino Herrera
Decano Facultad Tierra y Mar

M.Sc. Pablo Sánchez Vindas
Representante Dirección EDECA

M.Sc. Gustavo Hernández Sánchez
Director del Trabajo

M.Sc. María del Rocío Fernández Rojas
Lectora del trabajo

M.Sc. Pablo Ramírez Granados
Lector del trabajo

Bach. José Pablo Mora Salas
Postulante

Dedicatoria

En primer lugar, le dedico a Dios este trabajo, por haberme dado la sabiduría y el entendimiento para culminarlo asertivamente.

A mis padres, Gioconda Salas Valenciano y Javier Mora Villalobos, quienes han estado siempre conmigo en las buenas y en las malas; es también para ustedes este reconocimiento por todo su apoyo para que lograra finalizar con éxito esta investigación y por haberme brindado la oportunidad de estudiar y convertirme en profesional.

Agradecimientos

Agradezco, primeramente, al departamento de Manejo Integrado de Bosques del INISEFOR, sobre todo a mi tutor Gustavo Hernández, por haber sido mi guía en la investigación, por la confianza y la dedicación puesta en este proyecto. A Henry Sánchez Toruño, Pablo Montoya (Pablillo), Marco Azofeifa, Mariela González, William Montero (Willy), María José Rodríguez y Jorge Mora; a todos ellos, por el apoyo brindado durante el trabajo de campo; y a Lucia Méndez por la ayuda recibida en la parte de suelos.

Cabe destacar, incluso, este agradecimiento a la Reserva Conchal por permitirme desarrollar el proyecto de trabajo dentro de sus instalaciones y por el apoyo logístico brindado durante todo el proceso. Además, por todo el soporte de la gente del Parque Nacional Marino Las Baulas, quienes coordinaron esta investigación en el manglar de Tamarindo.

También a todas las personas que me ofrecieron recomendaciones para lograr culminar con esta investigación.

Índice General

Dedicatoria	iii
Agradecimientos.....	iv
Índice General	v
Índice de Cuadros.....	vii
Índice de Figuras.....	viii
Índice de Anexos.....	ix
1. Resumen	1
2. Introducción.....	3
3. Problema	6
4. Justificación.....	9
5. Objetivos.....	11
5.1. Objetivo general	11
5.2. Objetivos específicos	11
6. Marco teórico	12
6.1. Antecedentes	12
6.2. Generalidades de los manglares.....	12
6.3. Legislación nacional actual aplicada a la protección de los humedales.....	15
6.4. Importancia del monitoreo de los manglares	20
6.1. Tipos de parcelas de monitoreo en manglares	21
6.2. Particularidades de los manglares para el monitoreo	27
6.3. Estructura, composición, riqueza y diversidad florística	28
6.3.1. Estructura vertical.....	29
6.3.2. Estructura horizontal	30
6.4. Conectividad ecológica.....	33
7. Materiales y métodos.....	35
7.1. Tipo y enfoque de la investigación.....	35
7.2. Descripción del área de estudio	37
7.2.1. Localización político administrativa y geográfica	37
7.2.2. Descripción de las especies.....	40

7.3.	Establecimiento de las parcelas permanentes de muestreo	51
7.3.1.	Diseño, error e intensidad de muestreo	51
7.3.2.	Tamaño y forma de las parcelas	52
7.3.3.	Delimitación y marcación de las parcelas	55
7.4.	Marcación y codificación de los árboles.....	57
7.5.	VARIABLES DE MEDICIÓN	57
7.6.	Determinación de la estructura y composición florística	59
7.6.1.	Estructura horizontal	59
7.7.	Diseño de la red de conectividad ecológica en el Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal	62
7.7.1.	Identificación de la presencia de cobertura forestal (núcleos de hábitat prioritarios) y áreas críticas, para la determinación de niveles de fricción	63
7.7.2.	Modelación de la red de conectividad ecológica.....	69
8.	Resultados y discusión.....	71
8.1.	Caracterización de los manglares en estudio.....	74
8.2.	Estructura y composición florística.....	77
8.2.1.	Estructura horizontal	77
8.2.2.	Estructura vertical.....	84
8.3.	Comparación parcelas Tamarindo	90
8.4.	Análisis de variables del suelo y su relación con la vegetación.....	93
8.5.	Diseño de la red de conectividad para el Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC-BC)	96
8.5.1.	Identificación de Ecosistemas Forestales y Áreas Críticas de Conservación.....	96
8.5.2.	Propuesta de la red de conectividad para el Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC-BC).....	97
9.	Conclusiones y recomendaciones	100
10.	Bibliografía	104
11.	Anexos.....	115

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Valores de fricción según tipo de cobertura.....	67
Cuadro 2. Valores de fricción según la distancia a la red fluvial.	68
Cuadro 3. Valores de fricción según la distancia a carreteras.	69
Cuadro 4. Dificultad al desplazamiento para calcular el mapa de superficie de costos.....	70
Cuadro 5. Diámetro (dap) promedio, altura (H), área basal total (G/sitio y ha) y número de individuos encontrados por sitio en los manglares del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.....	74
Cuadro 6. Lista de especies encontradas por sitio en los manglares del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.	78
Cuadro 7. Abundancia (%), dominancia (%), frecuencia (%), e Índice de Valor de Importancia para los manglares dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.....	79
Cuadro 8. Índices de Diversidad de Shannon (H') y Simpson (D) en los manglares dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.....	81
Cuadro 9. Coeficientes de similitud para los manglares dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.	83
Cuadro 10. Diámetro (dap) promedio, altura (H), área basal total (G/sitio y ha) y número de individuos encontrados a variadas distancias dentro del manglar de Tamarindo del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.	91
Cuadro 11. Abundancia (%), dominancia (%), frecuencia (%) e Índice de Valor de Importancia, a diversas distancias del manglar de Tamarindo dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.....	92
Cuadro 12. Relaciones positivas (directas) e inversas (indirectas) de las variables edáficas, para los manglares dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.....	95
Cuadro 13. Identificación de los tipos de coberturas y áreas críticas dentro de la microcuenca ubicada en el Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.....	97

Índice de Figuras

Figura 1. Tamaño y forma de las parcelas por utilizar para los manglares Laguna de Gandoca y Estero Moín, Limón, Costa Rica.	23
Figura 2. Metodología utilizada por Villalobos y Alvarado 2012 en la distribución de las PPM por faja para la caracterización de estructura y dominancia.....	23
Figura 3. Metodología utilizada por SINAC-MINAET 2013 en la distribución de las PPM, para la caracterización de estructura y dominancia.	25
Figura 4. Metodología utilizada por Jorge Jiménez - 1994 - en la distribución de las PPM para la caracterización de estructura y dominancia.	26
Figura 5. El ciclo de mareas y “La regla de los doceavos” que afecta el tiempo óptimo para muestrear la vegetación y suelos de los manglares. Fuente: Kauffman <i>et al.</i> 2013.	28
Figura 6. Mapa de Ubicación de los manglares dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal, Guanacaste, Costa Rica.....	39
Figura 7. Forma, dimensiones y rumbo de las parcelas de campo (20 x 20 m).	54
Figura 8. Forma, dimensiones y rumbo de las parcelas de campo (20 x 10 m).	54
Figura 10. Delimitación de las parcelas de 0,04 ha y subparcelas de 0,01 ha.	56
Figura 11. Delimitación de las parcelas de 0.02 ha	56
Figura 11. Ubicación de la PPM dentro del manglar Rejoja.	71
Figura 12. Ubicación de las PPM en el manglar de Puerto Viejo.....	72
Figura 13. Ubicación de las PPM en el manglar de Zapote.....	72
Figura 14. Ubicación de las PPM en el manglar de Tamarindo.	73
Figura 15. Porcentajes de las familias más abundantes en los manglares del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.	77
Figura 16. Número de individuos por clase diamétrica por hectárea para los manglares dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.	85
Figura 17. Área basal por clase diamétrica por hectárea para los manglares dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.	86
Figura 18. Distribución de la abundancia (%) según la clasificación del dosel para los manglares dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017	87
Figura 19. Distribución de la abundancia (%) según la exposición de copa para los manglares dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.	88
Figura 20. Distribución de la abundancia (%) según la forma de la copa para los manglares dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.	89
Figura 21. Distribución de la abundancia (%) según la forma del fuste para los manglares dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.	90
Figura 22. Propuesta de la Red de Conectividad Ecológica mediante el menor costo de desplazamiento para el Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.....	99

Índice de Anexos

Anexo 1. Clasificación de la condición de los individuos por identificar en las PPM, en el Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal, Guanacaste, Costa Rica.....	115
Anexo 2. Iluminación de copa y clasificación del dosel para los individuos identificados en las PPM, en el Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal, Guanacaste, Costa Rica.	118
Anexo 3. Clasificación de forma de copa para los individuos identificados en las PPM, en el Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal, Guanacaste, Costa Rica.....	121
Anexo 4. Clasificación de presencia de lianas para los individuos identificados en las PPM, en el Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal, Guanacaste, Costa Rica.....	122
Anexo 5. Clasificación de formas de fuste para los individuos identificados en las PPM, en el Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal, Guanacaste, Costa Rica.....	123
Anexo 6. Plantilla de campo para el levantamiento de la información.	125
Anexo 7. Tabla de Análisis de Fertilidad de suelos (Méndez y Bertsch 2012).....	125

1. Resumen

Se llevó a cabo el estudio de la estructura y composición del ecosistema manglar en cuatro sitios diferentes: Rejoja, Zapote, Puerto Viejo y Tamarindo. Además, se realizó una propuesta de red de conectividad para estos cuatro manglares ubicados en los distritos de Cabo Velas, Tamarindo y Santa Cruz, ubicados en el provincia de Guanacaste. Se establecieron dieciséis Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM), de 400 m² cada una, para Rejoja y Zapote (sitios perturbados) y Puerto Viejo y de 200 m² para el manglar de Tamarindo (sitio no perturbado). Se midieron e identificaron todos los individuos presentes con diámetro a la altura del pecho (> 10 cm). Incluso, se evaluó la condición de cada árbol, iluminación y clasificación del dosel; forma de copa, presencia de lianas y forma de fuste según el protocolo de establecimiento y medición de PPM para bosques naturales en Costa Rica. En cada parcela, se tomaron muestras de suelo con el fin de evaluar la influencia del mismo sobre la vegetación presente. Se registró un total de trescientos doce árboles, distribuidos en siete géneros, ocho especies y seis familias. Por un lado, la Combretaceae manifiesta en un 25% y la Acanthaceae en otro 25%. Se representaron dos especies diferentes por familia. Las especies más abundantes de los manglares muestreados fueron: *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* y el *Rhizophora mangle*. La especie con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) para los manglares de Puerto Viejo y Rejoja fue la denominada *Laguncularia racemosa*, mientras que en los manglares de Zapote y Tamarindo las especies con mayor peso ecológico fueron el *Conocarpus erectus* y el *Rhizophora mangle*. La distribución diamétrica muestra la forma característica de J invertida. Según los

índices de diversidad florística de los ecosistemas de manglar estudiados, se consideran poco diversos Rejuya: Shannon (1,264), Simpson (0,660), Zapote: Shannon (0,943), Simpson (0,529), Puerto Viejo: Shannon (0,282), Simpson (0,114) y Tamarindo: Shannon (0,546), Simpson (0,291). En los cuatro manglares en estudio se obtuvo un coeficiente de mezcla de (39 ind/sp dif.). Los parámetros de exposición de copa, clasificación del dosel, forma de copa y forma de fuste, solamente presentan una tendencia hacia una distribución normal en el manglar de Tamarindo, en los demás sitios se encuentran más disturbados. Los coeficientes de similitud de Jaccard (29-43%) y Sorensen (67-75%), muestran una alta igualdad entre los sitios muestreados. En general, los suelos del área de estudio se caracterizan por presentar valores de pH neutros a alcalinos (5,8 – 8). Con respecto a los micronutrientes que inciden en el crecimiento de los manglares, se muestra que el Cu, Zn y Mn, para estos manglares, exceptuando el de Tamarindo, se encuentran dentro de los niveles medios. Se denota que la agrupación de las parcelas en los manglares de Puerto Viejo (32,2%) y Zapote (20,2%) presentan los porcentajes de arcilla más altos. A través del uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), se realizó el modelaje de una red de conectividad ecológica para los manglares muestreados; se utilizaron los núcleos y áreas prioritarias para la conservación; asimismo, sobre el mapa de fricción que impone índices que disuaden el desplazamiento de las especies, se lograron conectar los cuatro manglares de acuerdo con la red propuesta.

2. Introducción

Los manglares son ecosistemas de zonas litorales tropicales y subtropicales, localizados en la franja intermareal por la acción directa del oleaje. Estos son caracterizados por tener suelos planos y fangosos, inundados por las mareas constantes y con altas concentraciones de salinidad, en el cual habitan especies de árboles y otras plantas con adaptaciones especiales que les permiten desarrollarse en estas condiciones (Pizarro *et al* 2004). Las raíces de los manglares ayudan a estabilizar los suelos, reducen la erosión y la contaminación en las costas, y de esta manera facilitan el desarrollo de los arrecifes de coral en los océanos. Los manglares representan una fuente económica importante para las comunidades aledañas ya que son reservorios de fauna marina costera, donde dependen de la pesca artesanal para la subsistencia de sus familias; por otro lado, funcionan como línea protectora ante la erosión del oleaje y los huracanes. Estos bosques de manglar tienen la capacidad de almacenar grandes cantidades de biomasa y carbono, se les considera uno de los ecosistemas más importantes en la mitigación ante el cambio climático (Villalobos y Alvarado 2012).

En Costa Rica, las estrategias llevadas a cabo para la protección de ecosistemas y conservación de la biodiversidad han ido evolucionando conforme se ha incrementado el nivel de comprensión del funcionamiento de los sistemas ecológicos. Se da entonces la creación del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). Gracias a estos esfuerzos, en el año 2009, se crea el Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Conchal (RNVSMC) (Decreto ejecutivo N° 35426-MINAET), perteneciente al Área Conservación Tempisque (ACT), creado con

el fin de conservar, proteger y restaurar la flora y la fauna, principalmente de ecosistemas de manglar y bosque seco transición a húmedo (SINAC 2013). En ese sentido, contar con información relevante y confiable sobre la dinámica, composición y estructura de los bosques de manglar, es necesario para las personas, instituciones y organizaciones relacionadas con el manejo y conservación de este recurso natural. Uno de los métodos más utilizados para obtener este tipo de información, así como el monitoreo de los cambios a mediano y largo plazo en dichos ecosistemas forestales, se realizan por medio del establecimiento de Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM) (Montoya 2013).

La pérdida del hábitat provocada por actividades humanas ha sido señalada como la causa principal de disminución de biodiversidad. Cuando la pérdida es parcial, se denomina degradación, la cual es un proceso de fragmentación. Es una de las formas más comunes de degradación del hábitat que amenaza la persistencia de las especies. El progresivo aislamiento de los fragmentos es considerado un factor determinante en la disminución de la diversidad de especies (Céspedes 2006).

El diseño de rutas de conectividad ecológica es una herramienta por utilizar para que reducir los impactos que presentan los ecosistemas. Con el uso de estas redes la probabilidad de mantenimiento de la biodiversidad, se maximizan en tanto se cuenta con una red de hábitat intercomunicados que mantenga la conectividad de los procesos ecológicos y las poblaciones de especies (Noss 2003). Actualmente, se han desarrollado herramientas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Teledetección Remota, los cuales crean el modelaje de conectividad (Sandoval 2009); fundamentado en el grado de fricción o dificultad para la

“conexión” entre áreas silvestres protegidas o áreas núcleo; así se obtienen redes de conectividad ecológica (Arias *et al.* 2008).

El propósito del diseño de redes es definir áreas prioritarias para asegurar la conectividad entre las que son protegidas y las remanentes de bosques para el mantenimiento a largo plazo de procesos ecológicos trascendentes para la biodiversidad (Hector *et al.* 2000). El objetivo de identificar áreas prioritarias se basa en la necesidad de focalizar los recursos como punto de partida para las acciones de conservación (Céspedes 2006).

El presente estudio tiene como objetivo realizar un análisis que compare la estructura y composición florística de los manglares Rejoya, Zapote, Puerto Viejo y Tamarindo (Sitio RAMSAR), del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal, para evaluar el estado que reflejan estos manglares, así como diseñar una propuesta de conectividad ecológica.

3. Problema

Durante los últimos años, en nuestro país, la superficie boscosa en distintos ecosistemas ha venido disminuyendo de forma acelerada debido a distintas actividades antropogénicas; esto ha transformado el paisaje en un mosaico compuesto por asentamientos humanos, terrenos agrícolas con amplias extensiones de cultivos permanentes y pastos; ha provocado, por consiguiente, la fragmentación de estos ecosistemas (Vargas 1993). La fragmentación de los hábitats en espacios separados conduce a la reducción de las poblaciones y de los procesos de migración, estas modificaciones van a implicar el decrecimiento o el desplazamiento de la biodiversidad (Farina 2000).

Según Finegan y Bouroncle (2005), los procesos de fragmentación son influenciados por factores sociales, políticos y económicos, lo cual tiene relación, en cierta manera, con las condiciones agroecológicas y el grado de accesibilidad a estos hábitats. La fragmentación, a nivel regional y de paisaje, va a generar la pérdida del hábitat natural. Lo anterior provoca un efecto negativo en la dinámica del ecosistema y causa un cambio en la estructura, composición y funcionamiento, incluso perturban las poblaciones que habitan en él (Kattan 2002, García 2002); además, el aislamiento de las diferentes poblaciones puede llevarlas a su extinción debido a que la densidad poblacional va a ser muy baja y, por ende, va a existir una disminución de la diversidad genética (Primack *et al.* 2001, García 2002).

La importancia en el manejo de áreas fragmentadas, radica en que permite establecer y mantener la conectividad entre hábitats modificados, en los cuales las

actividades que se realizan están orientadas a favorecer la movilidad de individuos entre los distintos fragmentos de hábitats naturales como zonas de conectividad. Los corredores biológicos deben preservar y manejar áreas de bosques fragmentados, bosques ribereños, pastos arbolados y manglares (Feoli 2009).

A nivel mundial, según Valiela *et al.* 2001, aproximadamente, un 35% de las áreas de bosque de manglar se han perdido, mientras que en América Latina se han reducido entre un 24% y 100% de su área original (Pizarro *et al.* 2004). A lo largo de la costa pacífica de nuestro país, debido a los altos índices de deforestación que se han venido presentando en las últimas décadas, hoy en día únicamente existen dos manglares que muestran bien definida la conexión manglar-bosque; estos son los manglares ubicados en el Parque Nacional Corcovado (PNCV) y en la Laguna del Refugio de Vida Silvestre Gandoca- Manzanillo (RVSG-M), mientras que, para el resto del país, los manglares están rodeados de caseríos, salinas, pastizales y zonas agrícolas (Nielsen y Quesada 2006).

En el Pacífico Norte de Costa Rica, la deforestación de las zonas de manglar se inició con la expansión de áreas de pastoreo, agricultura y producción de sal, donde se estima que unas cuatrocientas cincuenta hectáreas de bosque fueron taladas para este fin. La extracción de corteza de mangle para la industria del tratamiento de cuero, ha degradado el ecosistema en unas cuatro mil cien hectáreas aprovechables. Además, la producción de carbón de mangle también ha degradado de manera significativa el ecosistema, a pesar de su prohibición, algunas familias cuya situación socioeconómica es precaria, practican de forma ilegal esta actividad como medios de subsistencia (Pizarro *et al.* 2004).

Para el caso específico de los manglares ubicados en las bahías Zapote y Potrero, Santa Cruz de Guanacaste, recientemente se ha presentado una denuncia por contaminación y deterioro de siete manglares presentes en estas bahías, a saber, Rejoya, Puerto Viejo, Penca, Cacao, Brasilar, Platanar y Salinas. Dichos humedales están en peligro de desaparecer debido a las construcciones desarrolladas dentro del ecosistema, así como de la contaminación por desechos plásticos encontrada dentro de los mismos (Bran 2014).

En este sentido, es importante llenar los vacíos de información que existen en los manglares que se encuentran dentro del Corredor Biológico Costero Baulas – Conchal (CBC-BC), a partir de un análisis de la estructura, composición y diversidad del recurso. Dicha información es de suma importancia para poder gestionar un manejo sostenible del bosque manglar, así como de la conectividad requerida entre los ecosistemas circundantes.

A nivel nacional, no existe una metodología para el monitoreo continuo de ecosistemas de manglar a través del establecimiento de Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM). Son pocos los estudios realizados en ese sentido, dentro de los cuales destacan las PPM en el manglar Tivives monitoreadas por más de veinte años por el Dr. Jorge Jiménez.

4. Justificación

Los manglares, a nivel ecológico, son ecosistemas complejos y dinámicos que se caracterizan por sus altos niveles de diversidad biológica y productividad. Además, juegan un papel relevante en la protección de la línea costera en la prevención de inundaciones y mantenimiento de la calidad del agua. La importancia del ecosistema de manglar radica en el alto número de servicios ambientales que brinda, tales como: hábitat -tanto para flora y fauna-, retención del recurso hídrico, posee una función de barrera natural, funciona como medio de transporte en ciertos ecosistemas que están compuestos por canales, belleza escénica en el sitio, entre otros. Estos ecosistemas cumplen la función de refugio y lugar de anidación para especies migratorias que están en peligro de extinción. La mayoría de los manglares se encuentran protegidos por varias leyes donde se destaca la preponderancia ecológica de los humedales, por tanto, se enfoca la atención en aquellos que se encuentran dentro de áreas silvestres protegidas (Pérez 2011).

En general, el monitoreo continuo forma parte de los procesos de planificación y manejo de los recursos naturales, los cuales se centran en la toma de decisiones para la gestión adecuada de objetivos, recursos, proyectos y metas. La toma de decisiones, al igual que el desarrollo de acciones, son procesos dinámicos que se llevan a cabo en los distintos niveles de la sociedad e implican consideraciones de orden cultural, social, económico, institucional, político y ambiental (IDEAM 2002). El monitoreo continuo de los ecosistemas de manglares puede llegar a ser una herramienta fundamental para la gestión de los humedales y para la toma de decisiones.

Los manglares en estudio se encuentran dentro del Área de Conservación Tempisque (ACT), (Rejoja, Zapote, Puerto Viejo y Tamarindo); además, dentro de dicha Área de Conservación, se encuentra el Manglar de Tamarindo, el cual se le considera la formación de manglar más grande en la parte externa del Golfo de Nicoya, ubicado dentro del Parque Nacional Marino Las Baulas. Este, desde el año 1993, es considerado sitio de importancia internacional por la Convención Sobre Humedales Ramsar (Pizarro *et al.* 2004).

Debido a la falta de información científica y a estudios previos en relación con el ecosistema de manglar, que forma parte del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal, así como de la atención a nivel internacional del Manglar de Tamarindo, es relevante caracterizar la composición y estructura florística de estos ecosistemas y a lo largo del Corredor, para la gestión y la toma de decisiones. En tanto, a partir del presente estudio, también se podrá determinar áreas críticas para mejorar la conectividad biológica desde el manglar de Tamarindo hasta el manglar Rejoja.

Esta investigación, por consiguiente, favorece al proyecto *Monitoreo continuo de ecosistemas forestales con miras al beneficio permanente de sector forestal nacional* coordinado por el Instituto de Investigación y Servicios Forestales (INISEFOR), mediante el establecimiento de PPM. En ecosistemas de manglares, con el fin de obtener información a largo plazo sobre comportamiento, sucesión y dinámica del bosque manglar, específicamente en el Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal. Además, será la primera experiencia dentro del Programa de Manejo Integral de Bosques del INISEFOR en la medición y el establecimiento de PPM en un manglar, logrando un acercamiento a una consistencia metodológica a

nivel nacional en el monitoreo de los ecosistemas de manglar. El aporte concreto para el Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC-BC), manejado por el Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Conchal (RNVSMC) es la caracterización florística del mismo, además de generar información sobre estructura y composición de la vegetación existente y la demarcación de las PPM, las cuales servirán para realizar estudios a largo plazo sobre el comportamiento del ecosistema y en conjunto desarrollar una propuesta de restauración ecológica para el CBC-BC, integrando los cuatros sitios de manglar a la red de conectividad, la cual busca la conectividad de las áreas protegidas y los núcleos prioritarios dentro del corredor biológico.

5. Objetivos

5.1. Objetivo general

Realizar un análisis comparativo de la estructura y composición florística de los manglares Rejoya, Zapote, Puerto Viejo y Tamarindo, del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal, para evaluar el estado actual de los manglares y diseñar una propuesta de conectividad ecológica.

5.2. Objetivos específicos

- Determinar la composición florística y diversidad del ecosistema manglar de la franja costera Baulas-Conchal, a través del establecimiento y monitoreo de una red de PPM.

- Identificar áreas críticas de conservación y recuperación del ecosistema de manglar y otros ecosistemas forestales (bosques, manglares, bosque ripario).
- Elaborar una propuesta de conectividad ecológica para la conservación de la biodiversidad en el Corredor Biológico Baulas-Conchal, con base en el análisis de la dinámica de uso de la tierra en las áreas de influencia del Corredor.

6. Marco teórico

6.1. Antecedentes

En Costa Rica, se han desarrollado varios estudios acerca de la evaluación de la estructura y la composición florística en ecosistemas de manglar, tal es el caso de un estudio realizado por Villalobos y Alvarado (2012) en los manglares de Laguna de Gandoca y el Estero Moín, ubicados en la provincia de Limón. Estos autores analizaron la composición y estructura mediante el establecimiento de parcelas circulares de siete metros de radio, con una distancia entre parcelas de veinticinco metros, sobre de transeptos perpendiculares a los bordes del canal.

6.2. Generalidades de los manglares

Los ecosistemas de manglar presentan una distribución en una banda tropical y subtropical. Se encuentran en la mayor parte de los países de América Latina y el Caribe. En el hemisferio sur, se distribuyen en la costa pacífica hasta el Estuario del Río Tumbes en Perú; en el Atlántico, hasta la región de Laguna en Brasil; mientras

que, en el hemisferio norte, llegan hasta Baja California en el Pacífico y, en el Atlántico, hasta las Bermudas (Yáñez y Lara 1999).

En nuestro país, los manglares presentan una distribución en las dos costas litorales. En la costa pacífica, se encuentran las principales formaciones de bosques de manglar, propiamente, en Puerto Soley, Tamarindo, Golfo de Nicoya, Estero Damas, Terraba-Sierpe, Rincón, Río Coto Colorado. En el Caribe, existen las formaciones de manglar más pequeñas del país. Estas están ubicadas en el Refugio de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo y alcanzan apenas 12,5 ha. Se pueden encontrar sitios con manglar en las zonas de Wesfalia, Moín y Tortuguero (Pizarro *et al.* 2004).

Ahora bien, para determinar qué se entiende por el término manglares, se recurre a Pizarro (2004) para quien “Los manglares son ecosistemas de zonas litorales tropicales y subtropicales, localizados en la franja intermareal de áreas protegidas, en suelos planos y fangosos, inundados por las mareas, bahías ensenadas, lagunas costeras, esteros, desembocaduras de ríos, además del mangle incluyen animales y plantas asociadas, con un elemento forestal dominante y tolerantes a la salinidad” (Pizarro *et al.* 2004). Son considerados como uno de los ecosistemas más productivos del planeta por la gran cantidad de biomasa que producen y exportan hacia los ecosistemas estuarinos y marinos aledaños. Debido a su composición, constituyen también eficaces evapotranspiradores al ser fuente de humedad y enfriamiento natural (Sánchez *et al.* 2004).

El ecosistema de manglar forma parte de la vegetación costera de la mayoría de las zonas tropicales del mundo, cumple el papel de protección de las costas contra oleajes fuertes, tormentas, inundaciones, erosión; son sitios de acumulación de nutrientes, carbono y contaminantes, además de una fuente de interés maderable. Las plantas que forman los manglares se encuentran bien adaptadas a medios acuosos y condiciones extremas, donde poseen un patrón espacial único el cual se distribuye de acuerdo con las condiciones edáficas (salinidad, temperatura, oxígeno, entre otros) y climáticas de cada sitio donde se encuentren. Las especies que se hallan dentro de un bosque de manglar, contribuyen de manera directa e indirecta en la acumulación y procesamiento de materia orgánica de origen terrestre y marino (Pérez 2011).

Estos ecosistemas poseen una dinámica compleja, en donde existen rodales puros o mezclados. La distribución de estos va a depender de las condiciones de los suelos, del flujo de mareas y la salinidad. En ocasiones, se evidencian parches compuestos por solo una especie de mangle y zonas mezcladas con varias especies alrededor. Dentro del bosque manglar se presentan varias situaciones dentro de su ecosistema, por ejemplo, al estar el dosel superior cerrado el crecimiento de nuevas plantas va a ser muy limitada. Por otro lado, con la presencia de claros ya sea de manera natural o por la corta del mangle, por lo general es común que la colonización de este se dé con especies como *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*, que se ubican en la parte más interna del manglar. Estas dos especies son consideradas como las grandes atrapadoras de los nuevos sedimentos. Luego de ellas, se ubican especies como *Rhizophora racemosa*,

Pelliceira rhizophorae y en la parte más interna *Avicennia germians* y *Avicennia bicolor*. Este caso se presenta en la costa Pacífica de nuestro país, pero tal distribución de las especies no siempre se cumple (Pizarro *et al.* 2004).

6.3. Legislación nacional actual aplicada a la protección de los humedales

Costa Rica ha mostrado un interés en la protección de estos ecosistemas por más de sesenta años. Lo ha hecho mediante un respaldo legal de los manglares debido a su importancia ecológica y económica, nacional y global que estos ecosistemas representan para la sociedad. A continuación, se mencionan las diferentes leyes que así lo demuestran.

A. Ley de aguas. N° 276, 1942

El artículo N° 1 habla acerca de las aguas de dominio público:

“Las aguas de las lagunas y esteros de las playas que se comuniquen permanente o intermitentemente con el mar, así como las de los lagos interiores de formación natural que estén ligados a corrientes constantes y las aguas de los ríos y sus afluentes directos o indirectos, arroyos o manantiales”.

En el artículo N°3 menciona:

“Las playas y zonas marítimas, los vasos de los lagos, lagunas, esteros, así como los cauces de las corrientes de dominio público; los terrenos ganados al mar por causas naturales o por obras artificiales; los terrenos ganados a las corrientes,

lagos, lagunas o esteros, por obra ejecutada con autorización del Estado son de propiedad nacional”.

Las costas están definidas por el artículo N°69:

“Por zona marítima se entiende el espacio de las costas de la República que bala el mar en su flujo y reflujo y los terrenos inmediatos hasta la distancia de una milla, o sea, mil seiscientos setenta y dos metros, contándolos desde la línea que marque la marea alta”.

Posteriormente, se redujo a doscientos metros, modificado por la Ley de la Zona Marítima Terrestre, N°6043, 1977.

B. Ley de la zona marítima terrestre, N°6043, 1977

Gracias a esta ley, se logró definir las normas de protección directa de los manglares sobre el uso de la franja costera. Define una franja de doscientos metros a lo largo del litoral Atlántico y Pacífico; la componen dos secciones: la zona pública la constituye la franja de cincuenta metros de ancho y la zona restringida, la franja de los ciento cincuenta metros restantes.

Dentro de esta ley, se le presta más atención a los artículos N°1 y N°11, los cuales van dirigidos, directamente, a la categoría de patrimonio nacional que toman los manglares y su relación con el artículo 18 de la Ley Forestal N°7575 (Pizarro *et al.* 2004).

Artículo N°1:

“La zona marítima terrestre constituye parte del patrimonio nacional, pertenece al Estado y es inalienable e imprescriptible. Su protección, así como la de sus recursos naturales, es obligación del Estado, de sus instituciones y de todos los habitantes del país. Su uso y aprovechamiento están sujetos a las disposiciones de esta ley”.

Artículo N°11:

Zona pública es también, sea cual sea su extensión, la ocupada por todos los manglares de los litorales continentales e insulares y esteros del territorio nacional.

Además, las municipalidades deben velar directamente por el cumplimiento de las normas mencionadas en esta ley referente al dominio, desarrollo, aprovechamiento y uso de la Zona Marítima Terrestre y, en especial, en las áreas turísticas de los litorales (Mora 2000).

C. Ley de conservación de la vida silvestre. N°7317, 1992

En el artículo N° 1, establece lo siguiente respecto a la situación de los manglares:

La vida silvestre está conformada por la flora y fauna que viven en condiciones naturales, temporales o permanentes, en el territorio nacional, incluye también los organismos cultivados o criados y nacidos en cautiverio, provenientes de especímenes silvestres, así como las especies exóticas declaradas como silvestres por el país de origen.

Se incluye aquí el concepto de humedal en el ordenamiento Jurídico costarricense y, entre ellos, los manglares, a pesar que desde 1991 se ratificó la Convención Ramsar (Pizarro *et al.* 2004).

D. Ley orgánica del ambiente, N° 7554, 1995

Esta ley fue promulgada en octubre de 1995, en ella se declara y fortalece el manejo y protección de los humedales y, además, se ratifican con artículos como: N° 40, N° 41, N° 42, N° 43, N° 45.

En el artículo N° 40, se define los Humedales y se declara directamente, en el artículo N° 41:

“Se declara de interés público los humedales y su conservación, por ser de uso múltiple estén donde estén protegidos por las leyes que rijan esta materia” (Asamblea Legislativa 1995).

El artículo N° 42 con respecto a la a la delimitación de Zonas protegidas asevera:

“El Ministerio de Ambiente y Energía, en coordinación con las instituciones competentes, podrá delimitar zonas de protección de determinadas áreas marismas, costeras y humedales; las cuales se sujetarán a planes de ordenamiento y manejo, a fin de prevenir y combatir la contaminación o la degradación de estos ecosistemas”.

En el artículo N° 43 se indica:

Las obras o la infraestructura se construirán de manera que no dañen los ecosistemas citados en el artículo N° 51 y 52 de esta Ley. De existir posibilidad de daño, deberá realizarse una evaluación de impacto ambiental.

En lo que concierne a la prohibición, se establece en el artículo N° 45:

Se prohíben las actividades orientadas a interrumpir los ciclos naturales de los ecosistemas de humedal, como la construcción de diques que eviten el flujo de aguas marinas o continentales, drenajes, desecamiento, relleno o cualquier otra alteración que provoque el deterioro y la eliminación de tales ecosistemas.

E. Ley forestal N° 7575, 1996

Elimina las interpretaciones técnicas y legales sobre el aprovechamiento del recurso forestal de los ecosistemas de manglar que habían existido hasta ese momento. Considera el mangle como recurso, aparte de tener gran responsabilidad en la protección de estos, de acuerdo con los siguientes artículos:

El artículo N° 1 establece, en virtud del interés público y salvo lo estipulado en el artículo N° 18, que “solo el MINAE definirá la realización de labores de investigación, capacitación y ecoturismo” en esta ley se prohíbe la corta o el aprovechamiento de los bosques en parques nacionales, reservas biológicas, manglares, zonas protectoras, refugios de vida silvestre y reservas forestales propiedad del Estado.

En el artículo N° 13, se puntualiza:

El patrimonio natural del Estado estará constituido por los bosques y terrenos forestales de las reservas nacionales, las áreas declaradas inalienables, las fincas inscritas a su nombre y las pertenecientes a municipalidades, instituciones autónomas y demás organismos de la Administración Pública, excepto inmuebles que garanticen operaciones crediticias con el Sistema Bancario Nacional e ingresen a formar parte de su patrimonio.

El Ministerio del Ambiente y Energía administrará el patrimonio. Cuando proceda, por medio de la Procuraduría General de la República, inscribirá los terrenos en el Registro Público de la Propiedad como fincas individualizados de propiedad del estado. (Pizarro *et al.* 2004).

6.4. Importancia del monitoreo de los manglares

El monitoreo es considerado como el seguimiento y evaluación a través del tiempo de forma periódica o continua de algún recurso que se quiera evaluar; es una parte esencial de la estrategia de conservación de la biodiversidad. El monitoreo se realiza para recolectar datos que son procesados y analizados con el fin de emitir un concepto comparativo sobre la evolución del recurso en el transcurso de un intervalo de tiempo (Goldsmith 1991).

Según Restrepo y Vivas 2007, el monitoreo de manglares va a permitir conocer el crecimiento del bosque para obtener criterios y herramientas claves para el manejo y conservación de estos ecosistemas, además se puede lograr consolidar y mejorar

el nivel de conocimiento general sobre los ecosistemas y su interacción entre los factores bióticos, abióticos y socioculturales dentro de los cuales se desarrolla.

El monitoreo de los manglares se ejecuta en respuesta a la necesidad nacional, regional y local de conocer el estado de estos ecosistemas dada su importancia ecológica, económica y social. Estos estudios de monitoreo de manglares van a tener diversas funcionalidades, como lo es la determinación de la dinámica de crecimiento del manglar, la caracterización y el diagnóstico de los bosques. Por otro lado, con el monitoreo se va a proporcionar criterios básicos para la formulación y el desarrollo de programas y proyectos de recuperación, conservación y manejo de los ecosistemas de manglar, para definir esquemas de manejo silvicultural que conduzcan a lograr simultáneamente, el aprovechamiento sostenible y la conservación de los manglares y sus recursos asociados (Restrepo y Vivas 2007).

6.1. Tipos de parcelas de monitoreo en manglares

Dentro de las metodologías que se van a discutir, se presentan, a continuación, algunas de las que han sido empeladas, tanto a nivel nacional como internacional:

A nivel internacional, se han empleado varias metodologías en el establecimiento de PPM. Por ejemplo, en Colombia, se manejan parcelas circulares con un radio de 12,6 m, donde dicha investigación se realizó en respuesta a la necesidad nacional, regional y local de conocer el estado de estos ecosistemas dada su importancia ecológica, económica y social. Se constituyó el monitoreo de los manglares, la línea base para ampliar el conocimiento sobre la estructura de los

bosques, el estudio de la fauna asociada (aves, piangua, cangrejo azul) y la actualización de la cobertura y zonificación de los manglares (Restrepo y Vivas 2007).

En México, específicamente en la Península de Yucatán, utilizaron parcelas circulares de 7 m de radio, donde se investigó la estructura, biomasa y reservas de carbono en los manglares (Kauffman *et al.* 2013).

A continuación, se describen las metodologías utilizadas en nuestro país:

A. Metodología utilizada por Villalobos y Alvarado (2012): Estructura, composición florística, biomasa y carbono arriba del suelo en los manglares Laguna de Gandoca y Estero Moín, Limón, Costa Rica

La forma de las parcelas utilizadas fueron circulares de 7 m de radio (153.93 m²) (Figura 1), a partir de la medición de los individuos ≥ 5 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP), utilizando un 4% de intensidad de muestreo.

Se fijaron fajas a lo largo de los manglares, en donde se estableció la primera parcela a los 10 m del borde del canal que se encuentra dentro del manglar. Las siguientes parcelas fueron situadas cada 25 m (10, 35, 60, 85, 110, 135) (Figura 2), hasta completar la colocación de parcelas en cada transecto, dependiendo de la longitud de los mismos. La distancia entre transectos puede variar según la longitud del borde de los parches y las posibilidades de acceso.

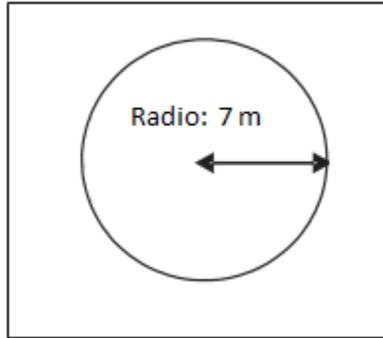


Figura 1. Tamaño y forma de las parcelas por utilizar para los manglares Laguna de Gandoca y Estero Moín, Limón, Costa Rica.

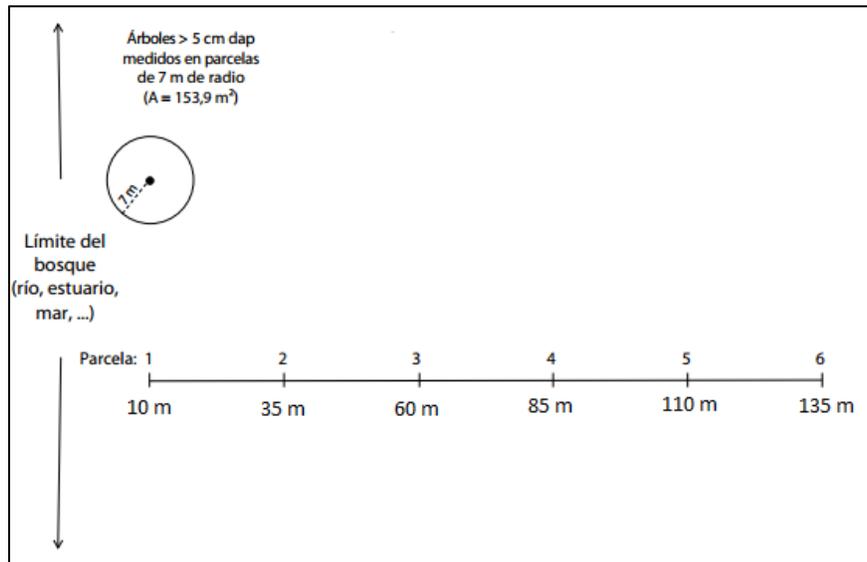


Figura 2. Metodología utilizada por Villalobos y Alvarado 2012 en la distribución de las PPM por faja para la caracterización de estructura y dominancia.

B. Metodología utilizada por el SINAC-MINAE (2013): Establecimiento de Parcelas de Monitoreo Permanentes (PMP) en el Humedal Nacional Térraba-Sierpe (HNT-S).

Para la ubicación de las parcelas en el campo, realizaron recorridos de campo previos a la instalación, se toman aspectos como facilidad de acceso, grado de intervención en el sitio, condición ecológica, tipos de especies, entre otros. En el sitio, se instalaron un total de diez parcelas.

En dicho estudio, se utilizaron parcelas cuadradas de 50x50 m (2500 m²), las cuatro esquinas de la parcela estarán señaladas con varillas de aluminio pintadas con un color llamativo. Se midieron los individuos ≥ 5 cm de dap, con la idea de controlar el efecto de borde y facilitar su instalación en el campo. Cada parcela esta subdividida en subparcelas de 10 m x 10 m, lo cual permite el manejo de los datos de una manera más sencilla para facilitar la ubicación de cada árbol en el campo. La parcela va a tener veinticinco cuadrantes de 10x10 m, y cada subparcela contará con cuatro cuadrantes de 5 x 5 metros denotadas por A, B, C y D, secuencia que se seguirá para la numeración de los individuos dentro de cada cuadrante, distribuidos en cinco fajas de 10 x 50 m (Figura 3) (SINAC-MINAE. 2013).

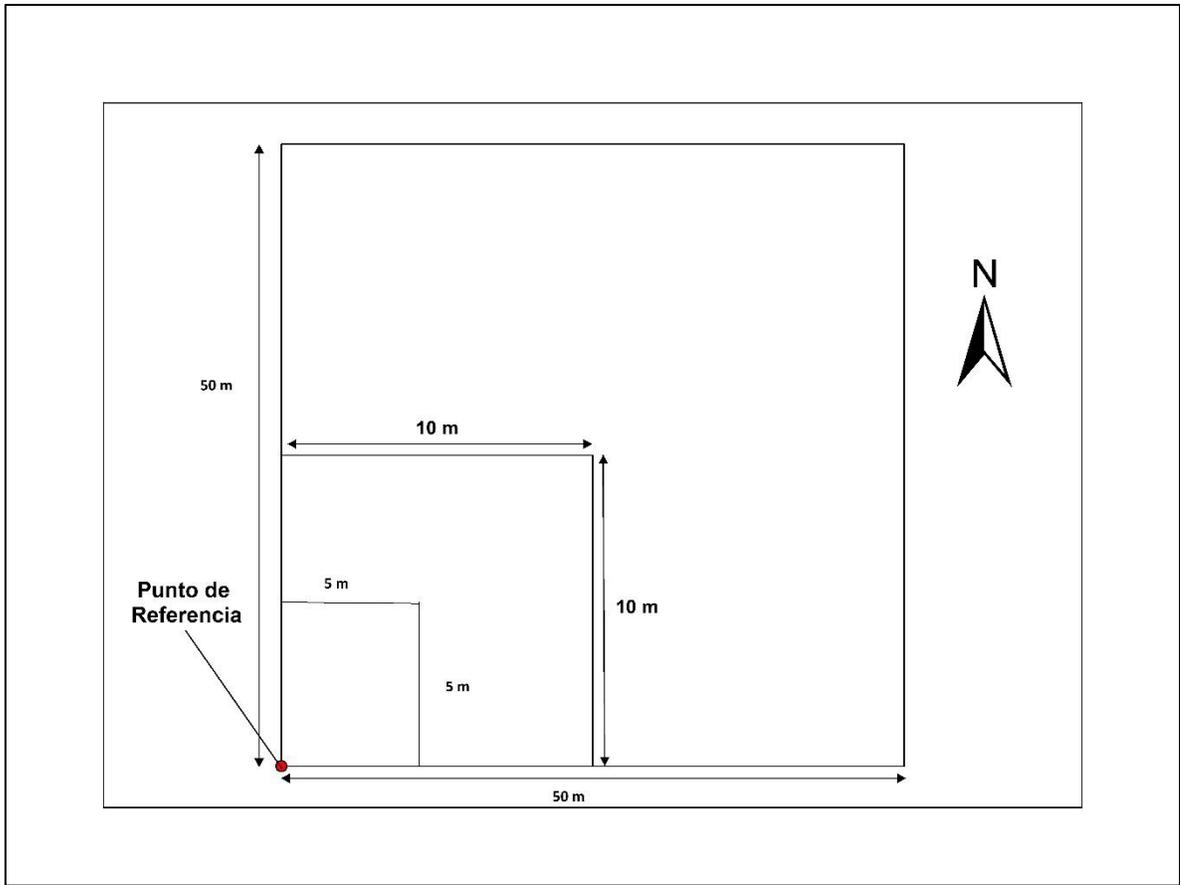


Figura 3. Metodología utilizada por SINAC-MINAET 2013 en la distribución de las PPM, para la caracterización de estructura y dominancia.

C. Metodología utilizada por Jiménez (1994): Medición de la dinámica de los manglares en Tivives, Puntarenas, Costa Rica.

La metodología propuesta por Jiménez consistió en el uso de transeptos de 100 x 10 m, ubicados a partir de cinco metros del borde del canal que atraviesa el manglar. El proceso consistía en ubicar diez parcelas cuadradas de 10 x 10 m. Sobre el transepto y de forma al azar, se escogían cinco parcelas; las otras cinco restantes no se incluían en el estudio (Figura 4). Además, se establecieron parcelas con una disposición perpendicular a las anteriores.

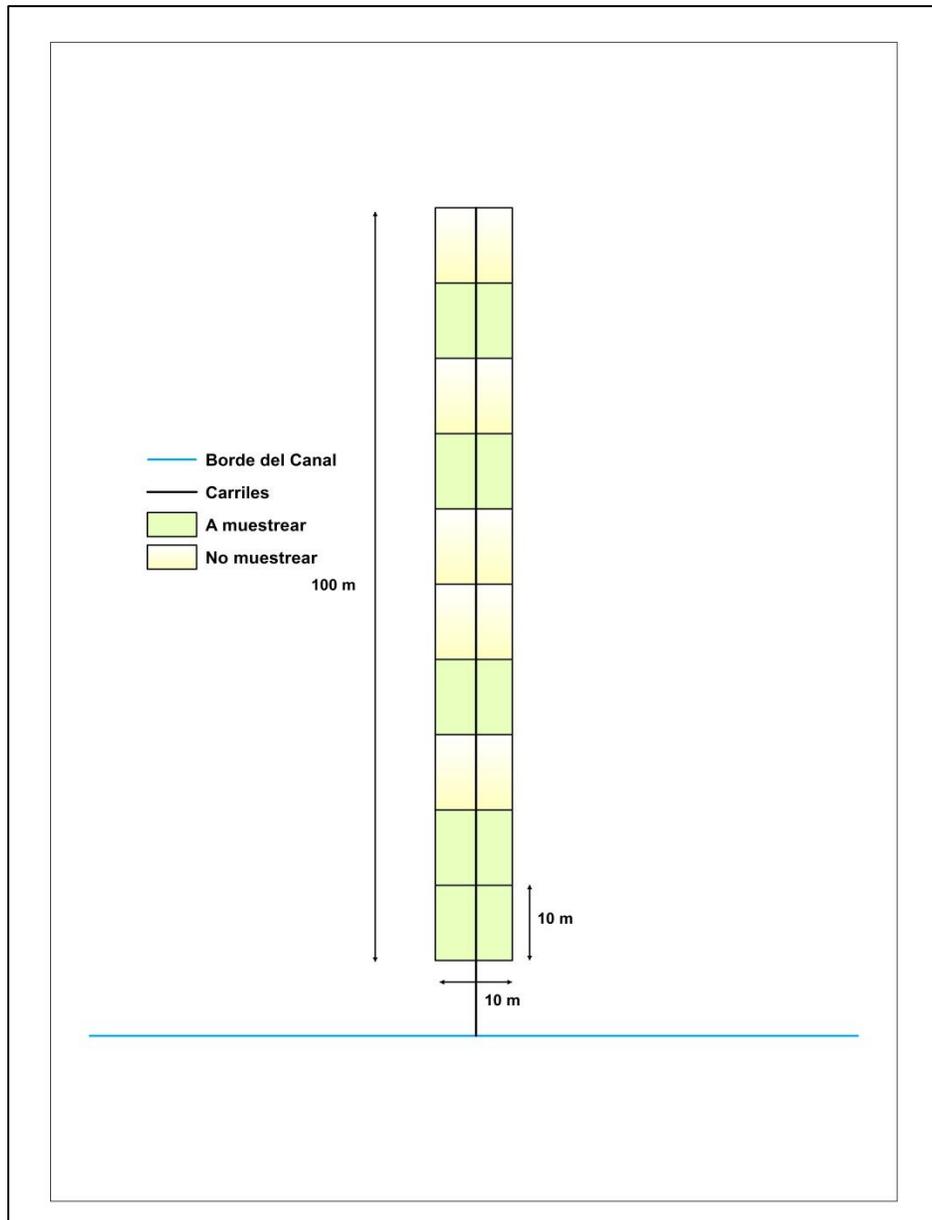


Figura 4. Metodología utilizada por Jorge Jiménez - 1994 - en la distribución de las PPM para la caracterización de estructura y dominancia.

6.2. Particularidades de los manglares para el monitoreo

Los manglares suelen estar divididos por canales de agua y, en algunos casos, están influenciados de manera directa por el mar. Estos son inundados durante las mareas altas limitan la movilidad dentro del bosque. Las labores de monitoreo en estos ecosistemas, se facilitan durante la marea baja, donde en algunos manglares se muestrea por periodos muy cortos (tres o cuatro horas) dependiendo del área geográfica y factores ambientales que influyen en el cambio de la marea. Este aspecto ha de tomarse en cuenta para efectos de seguridad, logística y costos en el establecimiento y la medición de las parcelas.

La marea alta ocurre, aproximadamente, entre las cero y doce horas, mientras que la baja a las seis. Según Kauffman *et al.* 2013, recomiendan utilizar la “Regla de los doceavos” para determinar el tiempo disponible para muestrear (Figura 5). El nivel del agua de un ciclo de marea cambia predeciblemente de una forma no lineal:

- Durante la primera hora después de la marea alta, la marea baja $1/12$ de su altura total
- Durante la segunda hora, baja $2/12$ más
- Durante la tercera hora, baja $3/12$ más
- Durante la cuarta hora, baja $3/12$ más
- Durante la quinta hora, baja $2/12$ más
- Durante la sexta hora, baja $1/12$ más

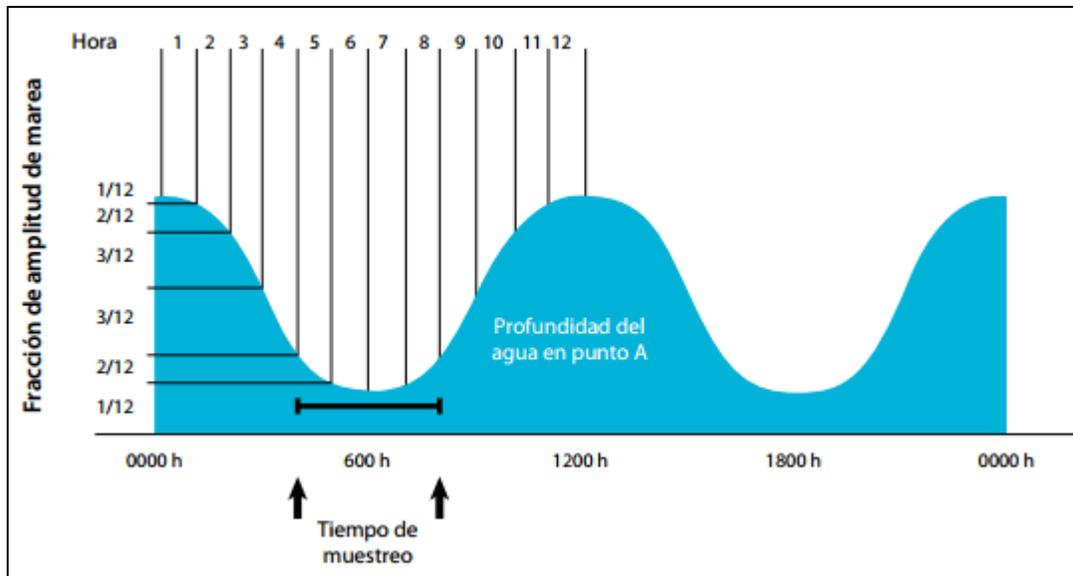


Figura 5. El ciclo de mareas y “La regla de los doceavos” que afecta el tiempo óptimo para muestrear la vegetación y suelos de los manglares. Fuente: Kauffman *et al.* 2013.

6.3. Estructura, composición, riqueza y diversidad florística

El análisis estructural de cualquier tipo de bosque o vegetación, indica el estado actual en que se encuentra la población, esto a partir de la organización física de un ecosistema. Utiliza, en un plano horizontal, variables cuantitativas como diámetro a la altura del pecho (dap) y área basal. La medición del dap es considerada práctica, dado que es la base para el cálculo del área basal; además, está relacionada con la altura del árbol, por lo que es una indicación del volumen del fuste (Delgado *et al.* 1997). La mayoría de estudios de composición florística se centran en árboles, pues estos, además de constituir la mayor parte de la biomasa del bosque, determinan, en gran parte, su estructura y funcionamiento (Berry 2002).

La riqueza de especies es el número total de estas por unidad de área; genera información sobre el incremento de especies en superficies crecientes, a partir de un diámetro mínimo (Manzanero 1999). La diversidad es el número de especies en relación con el tamaño (abundancia) de la población de cada una de ellas. La distribución espacial de los árboles, tanto de manera horizontal como vertical, es una herramienta valiosa para una mejor comprensión de la dinámica de los bosques, ya que no basta con saber la cantidad de individuos que ingresan o mueren, sino cómo están distribuidos estos en el espacio (CATIE 2001).

6.3.1. Estructura vertical

Se refiere a la distribución de los individuos a lo alto del perfil, va a responder a las características de las especies que la conforman y a las condiciones micro climáticas que varían al moverse de arriba abajo en el perfil como: radiación, temperatura, viento, humedad relativa, evapotranspiración y concentración de CO₂. Los estratos que se refieren a la compleja superposición de capas de las copas de árboles y arbustos, están definidos por diferentes condiciones microambientales y, a su vez, conformados por agrupaciones de individuos que han encontrado un lugar adecuado para satisfacer sus necesidades energéticas y expresan plenamente su modelo arquitectural. Según los lineamientos establecidos por la IUFRO en 1968, el bosque tropical está dividido, usualmente, en tres estratos, conocido el primero como estrato superior, luego el estrato medio y el estrato inferior (Valerio y Salas, 1997).

Los diferentes estratos pueden ser dominados por una o varias especies y esto responde a la variedad de temperamentos que presentan las especies. Al existir un claro dentro del bosque, inicia un proceso dinámico de desarrollo de “estratos” donde las diferentes especies pueden llegar a ocupar lugares dentro de los perfiles (no necesariamente de forma permanente), hasta que el ecosistema recupere una estructura similar a la que fue dañada o destruida (Monge 1999). Conforme se asciende en el perfil, el número de especies e individuos por unidad de área disminuye; las características físicas como forma y posición de copa tienden a mejorar paulatinamente e, incluso, permiten, junto con el desarrollo vertical, realizar una caracterización adecuada del bosque (Hernández 1999).

6.3.2. Estructura horizontal

Las condiciones de suelo y del clima, las características y estrategias de las especies y los efectos de disturbios sobre la dinámica del bosque, determinan la estructura horizontal del bosque. Este se refleja en la distribución de los árboles por clase diamétrica. Esta estructura es el resultado de la respuesta de las plantas al ambiente y de las limitaciones y amenazas que este presenta (Louman *et al.* 2001).

La estructura horizontal se refiere al acomodo espacial de los individuos. Este arreglo no es aleatorio, pues sigue modelos complejos difíciles de manejar. Su comportamiento se refleja en la distribución de los individuos por clase diamétrica, la cual sigue generalmente una forma de “J” invertida para el total de las especies, sin embargo, esta tendencia no está siempre presente al realizar el análisis por especie. Algunas de ellas son frecuentes en clases diamétricas superiores, pero

escasas en las inferiores; otras, prácticamente, desaparecen en clases medias y aparecer solo en los extremos de la distribución. Finalmente, hay especies que tienden a comportarse como la masa y presentan un comportamiento como el mencionado anteriormente (Monge 1999).

En el estudio de la composición horizontal del bosque, se analizan diferentes aspectos que ayudan a obtener una mejor comprensión de él, como lo son la riqueza y diversidad florística, distribución diamétrica, área basal, curva de área especie, cociente de mezcla, Índice de Shannon, Índice de Valor de Importancia (IVI) e Índice de Simpson; además, se describe la estructura horizontal en términos de frecuencia, abundancia y dominancia (Hernández 1999). Los valores de abundancia, frecuencia y dominancia, son calculados no solo para las especies, sino también para determinados géneros, familias, así como clases (Lamprecht 1990).

La *frecuencia* se entiende como la posibilidad de encontrar un árbol de una determinada especie, al menos una vez, en una unidad de muestreo. Se expresa como el porcentaje de unidades de muestreo en las que se encuentra el árbol en relación con el número total de unidades de muestreo (100%= existencia de una determinada especie en todas las subparcelas) (Melo y Vargas 2003).

La *abundancia* hace referencia al número de árboles por especie, se distingue la abundancia absoluta (número de individuos por especie) y la relativa (proporción de los individuos de cada especie en el total de los individuos del ecosistema) (Melo y Vargas 2003).

La *dominancia* es el grado de cobertura de las especies, es la expresión del espacio ocupado por ellas. Se define como la suma de las proyecciones horizontales de los árboles sobre el suelo. La dominancia relativa se calcula como la proporción de una especie en el área total evaluada, expresada en porcentaje (Lamprecht 1990).

El *Índice de Valor de Importancia (IVI)*: es calculado para cada especie, a partir de la suma de la abundancia relativa + frecuencia relativa + dominancia relativa; muestra el peso ecológico de cada especie dentro del bosque donde se esté realizando el estudio (Lamprecht 1990).

El *Índice de Shannon (H')* muestra el grado de diversidad de especies en determinada área. Este permite calcular la suma de las probabilidades de las especies. Los valores van entre cero y uno, donde los valores cercanos a uno indican sitios de alta diversidad (Magurran 1988).

El *Índice de Simpson* indica el grado de probabilidad de que dos individuos tomados al azar en una misma población, pertenezcan a la misma especie; varía de 0 a 1, por lo tanto, entre menor sea el valor mayor corresponde a sitios más diversos (Morera 1998).

El *Índice de Jaccard* va a mostrar el grado de similitud por medio de la comparación de dos o más comunidades (Lamprecht 1990).

El *Coefficiente de Mezcla (CM)* expresa la relación entre el número de especies y el número de individuos totales. Proporciona una idea de la intensidad de mezcla, así como una primera aproximación a la heterogeneidad de los bosques (Lamprecht 1990).

6.4. Conectividad ecológica

La conectividad ecológica entre diferentes tipos de hábitat de un paisaje, va a estar definida por su distribución espacial; en cuanto más cerca estén los fragmentos de bosque uno de otro, y menor contraste haya entre estos y el hábitat que los rodea, habrá mayor conectividad estructural ecológica. Al menos, para el factor de distancia, se han propuesto una serie de índices cuantitativos como los sistemas de circuitos, tamaño de las mallas, dimensión de las superficies subdivididas y gráficos que permiten apreciar, claramente, el aumento o disminución de conectividad en un paisaje (Bennett 1999).

El propósito de una red es identificar la ruta de conexión más corta entre fragmentos de bosque, tomando en cuenta los usos del suelo más permeables para el desplazamiento y la dispersión de organismos presentes en las áreas de bosque; de esta manera, se asegura que las subdivisiones de una población puedan mantener el flujo genético (Chassot *et al.* 2011 y Hctor *et al.* 2000). Bennett (1998) señala que los aspectos biológicos que se ha de tomar en cuenta en primer término son: el propósito biológico de la conexión, la ecología y comportamiento de la especie que usará el corredor, la conectividad estructural, calidad del hábitat, efecto de los límites, ancho, ubicación y monitoreo del uso de los enlaces. La perspectiva de IUCN 2004 es más amplia y general, los pasos que señala comprenden: integración de áreas protegidas, conectividad funcional y, específicamente, una red de conectividad, conservación de la biodiversidad y planificación y ordenamiento del territorio y los usos, sobre todo los de tierra compatibles.

Dos estrategias complementarias de conservación de la diversidad biológica y de los servicios ecosistémicos consisten en mantener muestras representativas de comunidades naturales, generalmente, a través de áreas protegidas y la conectividad entre estas comunidades. Esto permite la dispersión de plantas y animales y, por ende, el intercambio de genes para mantener su viabilidad y la colonización de sitios adecuados, usualmente a través de corredores biológicos (Barrett y Bohlen 1991). En este sentido, el concepto de conectividad de paisaje es definido como el grado en el cual éste facilita el movimiento de organismos entre diferentes fragmentos de hábitat (Tischendorf y Fahrig 2000).

La dificultad para la conectividad biológica está determinada por los tipos de cobertura y actividades que existan. Dentro de los principales factores que impiden el desplazamiento de las especies, se pueden mencionar los siguientes:

- **Tipos de cobertura del suelo**

Los diferentes tipos de cobertura presentes en una determinada área, imponen diferentes niveles de dificultad o fricción al movimiento de las especies. La cobertura interactúa con los procesos de dispersión y las distancias ecológicas entre los parches de bosque, siendo la suma de la distancia métrica (línea recta) y la distancia consecuencia del valor de fricción y dificultad de movilidad. De esta manera, áreas no alteradas son la que imponen menos dificultad de movimiento y las más alteradas, la mayor dificultad (Chassot et al. 2011).

- **Red fluvial**

Según Céspedes (2006), las zonas o áreas que se ubican cerca de los sistemas naturales de drenaje (ríos, quebradas, arroyos, acequias o cualquier otro), tienen más posibilidades de conectividad. Estas áreas sirven de hábitat de distintos tipos de especies y como medio de dispersión de semillas. Por lo general, los márgenes de los ríos mantienen bosques de galería que albergan alta biodiversidad.

- **Red vial**

La red vial impone diferentes niveles de dificultad a la conectividad según la cercanía de estas a las áreas boscosas. Las carreteras presentan un obstáculo para el tránsito de especies de un lugar a otro, pero, además, causan perturbación por generación de ruidos y otros tipos de contaminación, que hacen que su efecto vaya más allá del área propiamente dedicada al tránsito vehicular. Por otro lado, la cercanía a una carretera influye en la disminución de la calidad del hábitat por las actividades de explotación y uso de la biodiversidad, así como contaminación tanto del aire como del agua (Chassot et al. 2011)

7. Materiales y métodos

7.1. Tipo y enfoque de la investigación

El tipo de investigación es descriptiva, debido a que se va a determinar la composición y estructura de la vegetación de los manglares, así como de la situación de conectividad ecológica dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal.

El enfoque de este trabajo es de carácter cuantitativo, implica la medición de un fenómeno utilizando la recolección, análisis de datos y el uso de la estadística, con el fin de desarrollar adecuados procedimientos para evaluar el estado actual de los manglares y su conectividad ecológica.

En el estudio se utilizaron dos fuentes de información:

- **Fuentes primarias:** por medio de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), se utilizó material cartográfico digital para la realización de la red de conectividad,) se delimitó la microcuenca con el uso de las curvas de nivel 1:50000 facilitadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), además, con la digitalización de imágenes tomadas de Google Earth de los años 2016-2017, así como el uso de Ortofotos y de la cartografía del año 2005 para la digitalización de las imágenes. Para el muestreo de las parcelas permanentes, se llevó a cabo por medio de visitas de campo a los manglares donde se determinó el diseño más adecuado dependiendo del sitio. También se propiciaron reuniones con expertos en el tema de Monitoreo Integral de Bosques del INISEFOR y otras con instruidos en asuntos de manglares de la Escuela de Biología de la Universidad Nacional.
- **Fuentes secundarias:** corresponde a una revisión bibliográfica en diferentes bibliotecas y bases de datos. Se utilizaron tesis, libros, artículos científicos, revistas y páginas de internet, entre otros.

El área de estudio comprende cuatro diferentes bosques de manglar (Rejoya, Zapote, Puerto Viejo y Tamarindo) los cuales forman parte del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal. La investigación va a contar con tres fases: la primera fase

consiste en determinar la composición florística y diversidad del ecosistema manglar de la franja costera Baulas-Conchal, a través del estudio de su composición, riqueza, diversidad y estructura, mediante la instalación de Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM). La segunda, a través del uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG): *i*) Se identificarán los núcleos de hábitat prioritarios (bosque, manglar, ríos), según el mapa de cobertura 2010 (FONAFIFO 2012); *ii*) Se determinarán las áreas críticas para la conservación por la ausencia o reducción de la cobertura forestal; *iii*). Se establecerán los niveles de fricción que impiden el desplazamiento de las especies silvestres en toda el área intermedia entre las áreas prioritarias identificadas dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal. La última fase consistirá en elaborar una propuesta de conectividad ecológica que posibilite implementar acciones de manejo y conservación en el Corredor Biológico Baulas-Conchal.

7.2. Descripción del área de estudio

7.2.1. Localización político administrativa y geográfica

Las áreas de estudio se encuentran dentro del Área de Conservación Tempisque (ACT) (SINAC 2013), específicamente son los manglares Puerto Viejo, Zapote y Rejoya. Estos se ubican en el distrito Cabo Velas, mientras que el manglar Tamarindo se ubica entre los distritos Cabo Velas y Tamarindo, ambos del cantón Santa Cruz y de la provincia de Guanacaste, Costa Rica (Figura 6). Uno de los puntos a muestrear es el manglar Puerto Viejo, el cual se localiza dentro del Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Conchal (RNVSMC), y se localiza en las

coordenadas geográficas 10°23'31.2"N, 85°48'54"W, aproximadamente a 4 km del pueblo de Matapalo. Dicho refugio fue creado mediante Decreto Ejecutivo N° 35426 – MINAET, publicado el 18 de setiembre del año 2009 y ocupa una superficie de 39.7 ha, de las cuales 11 ha corresponden al área de manglar. Por otro lado, los Manglares Zapote y Rejoya se hallan en la Bahía Brasilito, en las coordenadas 10°24'18.80" N y 85°47'56.38", 10°24'58.47" N y 85°47'31.19" W, respectivamente. Estos no están dentro de un área silvestre protegida, se localizan cerca del pueblo de Brasilito y ocupan una superficie aproximada de 6 y 36 ha respectivamente. El manglar Tamarindo se encuentra dentro del Parque Nacional Marino Las Baulas, en las coordenadas 10°18'45.07" N y 85°47'58.05" W, cuenta con un área de 435 ha de manglar. Cabe mencionar, que se muestreó de manera preliminar un área de 25 ha del manglar de Tamarindo para empezar el estudio.

La zona presenta características climáticas de sequía desde finales de octubre hasta comienzos de mayo (estación seca), cuando soplan los vientos alisios que impiden la convección y la incursión de humedad. La estación lluviosa tiende a iniciar a mediados de mayo y concluye en el mes de noviembre, por lo que tiene un periodo de seis meses secos. Presenta un promedio anual de precipitación entre 1300 – 1700 mm; la temperatura media anual oscila los 27 °C (Herrera 1985). Según Holdridge 1978, el área de estudio se encuentra dentro del bosque seco tropical transición a húmedo.

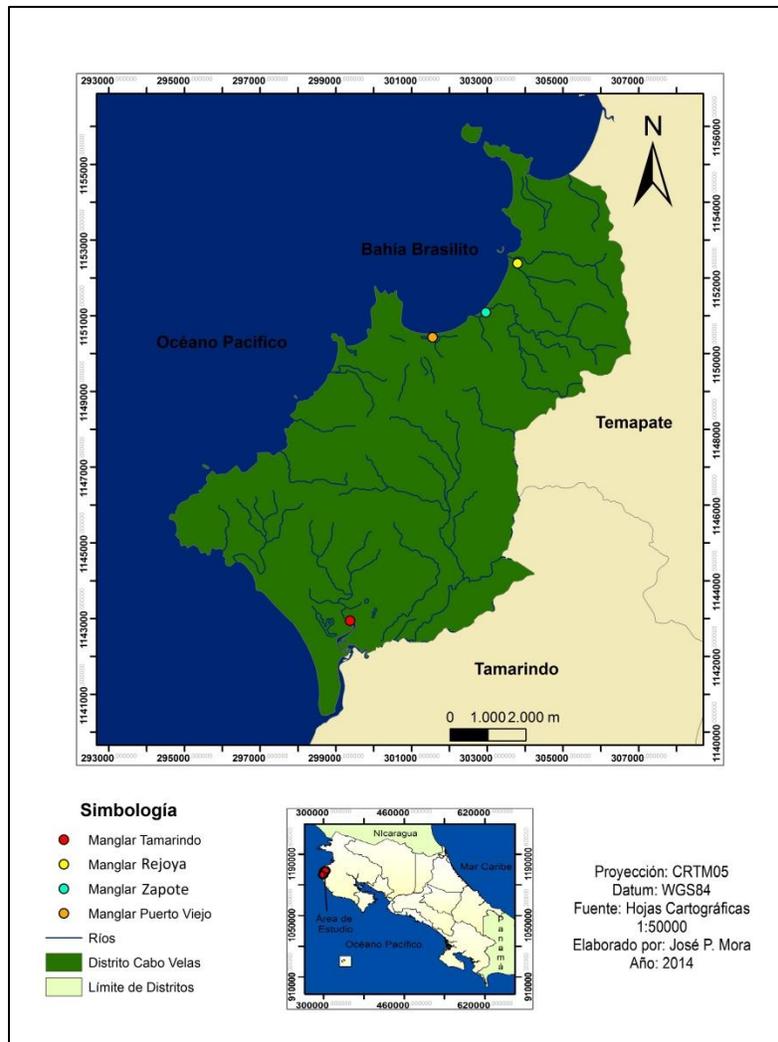


Figura 6. Mapa de Ubicación de los manglares dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal, Guanacaste, Costa Rica.

7.2.2. Descripción de las especies

A continuación, se presenta una descripción detallada de cada una de las ocho especies diferentes encontradas dentro de las PPM (UICN 2015):

1). Nombre científico: *Conocarpus erectus* L.

Familia: Combretaceae

Nombre Común: Mangle botón

Descripción: Árbol o arbusto de hasta de 10 m. Hojas alternas, simples de 3-10 x 1-3.5 cm, de lanceoladas a elípticas, con domacios conspicuos (en las axilas de los nervios secundarios, por el envés) y dos glándulas en la base de la hoja. Inflorescencias cabezuelas coniformes de 1-2 cm de diámetro. Flores amarillo-verdosas o blaquécinas; apétalas; cálices con cinco sépalos. Frutos de hasta 1,25 cm de diámetro, secos, conglomerados, aplanados y más o menos alados, con el hipanto superior persistente.

Usos: Agroforestales: En cercas vivas. Ecológicos: Para el control de la erosión, estabilización de dunas, protección de los ciclos vitales de múltiples organismos típicos de ecosistemas estuarinos, sustento y refugio para poblaciones de avifauna silvestre. Industriales: La corteza y las hojas tienen taninos que pueden usarse en la industria de la tenería. La madera se utiliza en construcción naval (lanchas, bongos) y general (postes para cercas, traviesas para vías férreas, mangos para herramientas), y también como combustible (leña y carbón). Apparently, in some places (without doubt coasters), the trees of this species are cultivated as

ornamentales. Medicinales: Se ha empleado como astringente, tónico y en casos de orquitis.

Requerimientos ambientales: Suelos: Sedimentarios, arcilloso-limosos o arcillosos (incluso limosos), profundos, estacional o permanentemente inundados, muy ricos en materia orgánica, altamente salinos; pH mayor o igual a 7. Temperatura: Media: 22-25 °C; mínima: 10 °C; máxima: 38 °C. Precipitación promedio anual: 750 - 2000 mm.

Fotografías:



Fuente: UICN 2015

2). Nombre científico: *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn.

Familia: Combretaceae

Nombre Común: Mangle Blanco

Descripción: Árbol, de hasta 20 m. Hojas opuestas, simples, de 3-10 x 2-4 cm, elípticas u oblongas, los márgenes enteros; exestipuladas. Inflorescencias espigas solitarias o agrupadas, de 2-20 cm (incluyendo los pedúnculos). Flores blancas o

cremosas. Frutos de ca. 2.5 cm, oblongos u obovados, aplanados, con diez surcos longitudinales, rojizos en la madurez.

Usos: Ecológicos: Control de la erosión, conservación de suelos, protección de los ciclos vitales de múltiples organismos típicos de ecosistemas estuarinos. Industriales: Su madera se usa para construcciones rurales (vigas, horcones), para postes de cercas, muebles, instrumentos musicales y como combustible (leña y carbón). De sus hojas y corteza, se extraen taninos que se emplean en la industria de la tenería. Adicionalmente, los árboles de esta especie son aptos para proyectos de melicultura. Medicinales: La infusión de la corteza tiene propiedades astringentes, tónicas, y se ha empleado para tratar casos de disentería.

Requerimientos ambientales: Suelos: Arenosos, cenagosos, incluso arcillosos, moderadamente profundos a profundos, ricos en materia orgánica, bien drenados, aunque los árboles de esta especie toleran suelos salinos y anegados periódicamente; PH Datos ignotos. Temperatura: Media 15.5°C; Mínima Datos ignotos; Máxima Datos ignotos. Precipitación Promedio Anual: 800-7000 mm.

Fotografías:



Fuente: UICN 2015

3). Nombre científico: *Pithecellobium lanceolatum* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Benth.

Familia: Fabaceae mimosoideae

Nombre Común: Michigüiste

Descripción: Árbol de hasta 12 m. Hojas alternas, compuestas, bipinnadas, con un par de pinnas, cada pinna con un par de folíolos, estos de 3.5-7.5 x 2-3, obovados o asimétricamente oblongos, los márgenes enteros; con estípulas. Inflorescencias espigas de hasta 5 cm, las mismas dispuestas en racimos con ejes de hasta 10 cm. Flores blancas. Fruto de ca. 14 cm, subcilíndricos, rectos o ligeramente curvados, el exocarpo pardo-oscuro cuando maduro, el endocarpo rojizo.

Usos: Agroforestales: Barreras cortafuegos, bosquetes de refugio para el ganado, cercas vivas, corredores riparios, cortinas rompevientos, delimitación de

linderos. Ecológicos: Apoyo en la dieta de poblaciones de avifauna silvestres, conservación de suelos, estabilización de cauces fluviales, protección de mantos acuíferos, restauración de yermos. Industriales: De la corteza se extraen taninos que se usan en la industria de la tenería. La madera se emplea para fabricar postes de cercas y como combustible (leña). Adicionalmente, los árboles de esta especie se han empleado en proyectos de arboricultura y melicultura.

Requerimientos ambientales: Suelos: Arcillosos o incluso calizos, ocasionalmente encharcados.

Fotografías:



Fuente: UICN 2015

4). Nombre científico: *Rhizophora mangle* L.

Familia: Rhizophoraceae

Nombre Común: Mangle Colorado

Descripción: Árbol de hasta 25 m. Hojas opuestas, simples, de 6,5-19 x 2,5-5 cm, oblanceoladas o elípticas, con los márgenes enteros, negro-punteadas por el envés; con estípulas foliáceas. Inflorescencias paniculadas, pedúnculos de 2-4 cm. Flores amarillo-verdosas, cuatro meras, de 8-10 mm. Frutos de 3,5 cm, ovado-lanceolados, las radículas de 15-20 cm.

Usos: Ecológicos: Conservación de suelos, protección contra la erosión y protección de los ciclos vitales de múltiples organismos típicos de ecosistemas estuarinos. Industriales: La corteza es rica en taninos usados en la industria de la tenería. La madera se emplea en construcción pesada (traviesas de vías férreas, puentes), ebanistería (muebles finos, instrumentos musicales), postes para cercas, construcción de botes, entre otros. A esto se le agrega que los árboles de esta especie son apreciados en proyectos de melicultura. Medicinales: Las raíces de los árboles tienen propiedades alexitéricas; la corteza tiene propiedades antiasmáticas, antidiarreicas, febrífugas, hemostáticas, vulnerarias; y las hojas se han empleado contra el escorbuto y la odontalgia.

Requerimientos ambientales: Suelos: Arcilloso-limosos o arcillosos, permanente o temporalmente inundados, pobremente ventilados, ricos en materia orgánica (aunque tolera sitios con baja disponibilidad de nutrientes), excesivamente salinos; pH 2,2 (al estar seco) - 6 (al estar saturado). Temperatura: Media: 21 °C; mínima:

19 °C; máxima: 30 °C. Precipitación promedio anual: 750-6000 (-10000) mm. Meses secos por año: 0-6.

Fotografías:



Fuente: UICN 2015

5). Nombre científico: *Avicennia germinans* (L.) L.

Familia: Avicenniaceae

Nombre Común: Mangle Salado

Descripción: Árbol de hasta 16 m. Hojas opuestas, simples, de 3-17 x 1,5-5 cm, lanceoladas, oblongas, u oblongo-lanceoladas, exestipuladas. Inflorescencias paniculadas de 3-7 cm. Flores blancas o amarillentas; cálices con los sépalos de 3,5-4,5 mm; corolas con los pétalos de 4,5-8 mm. Frutos de 3-4 cm, oblongos u ovoides, bivalvados, con el cáliz persistente.

Usos: Ecológicos: Conservación de suelos, protección contra la erosión, protección de los ciclos vitales de múltiples organismos típicos de ecosistemas

estuarinos. Industriales: La corteza tiene taninos que se emplean en la industria de la tenería. Su madera se usa como combustible (leña y carbón), también para postes de cerca, pilotes, traviesas para vías férreas, botes, muebles, instrumentos musicales, pulpa para papel, y construcción rural general. Sus flores ricas en néctar son bien acogidas en proyectos de melicultura. Medicinales: Se ha empleado para tratar la diarrea, las hemorroides y la piorrea, también como alexitérico, estíptico y vulnerario.

Requerimientos ambientales: Suelos: Arenosos o arcillosos, sedimentarios, profundos, mal drenados o permanentemente inundados, altamente oxidados, moderados en materia orgánica y con elevada salinidad; pH: mayor o igual a 7. Temperatura: Media: 22-28 °C; mínima (las plantas mueren a temperaturas entre -3 y -11 °C): datos ignotos, máxima: datos ignotos. Precipitación promedio anual: 800-7000 mm.

Fotografías:



Fuente: UICN 2015

6). Nombre científico: *Avicennia bicolor* Standl.

Familia: Avicenniaceae

Nombre Común: Mangle Salado

Descripción: Árbol de 5 a 20 m de alto, tronco con la corteza exterior negra y neumatóforos alrededor de la base. Los neumatóforos son raíces respiratorias que emergen en forma de pequeños tubos alargados cubriendo el suelo alrededor del árbol. Hojas simples y opuestas, de 8 a 12 cm de largo y de 3 a 8 cm de ancho, ovadas o elípticas, con ápice obtuso o redondeado, bordes enteros o revolutos y base obtusa o redondeada. Florece y fructifica durante todo el año, principalmente de marzo a octubre, y de septiembre a enero. Flores blancas. Frutos en cápsulas elipsoidales, de 1 a 2 cm de largo.

Usos: Industrial: Madera empleada para la construcción de muebles, soleras, horcones, postes de cercas y leña para carbón.

Fotografías:



Fuente: UICN 2015

7). Nombre científico: *Pelliciera rhizophorae* Planch. & Triana

Familia: Tetrameristaceae

Nombre Común: Mangle Piñuela

Descripción: Arbusto o árbol, de 2-15 m. Hojas alternas, simples de 5,5-18,5 x 1,6-5 cm, ovadas u obovado-elípticas, subasimétricas, con los márgenes enteros (aunque a veces glandular-aserrados en el lado más ancho, en las hojas juveniles); exestipuladas. Inflorescencias unifloras y axilares. Flores blancas o rosadas. Frutos de 7-10 cm (incluyendo el rostro), ovoide-turbinados, coriáceos a leñosos e irregularmente sulcados.

Usos: Ecológicos: Conservación de suelos, protección contra la erosión y protección de los ciclos vitales de múltiples organismos típicos de ecosistemas estuarinos. Industriales: La madera se usa para construir horcones, soleras, postes para cercas y como combustible (leña).

Requerimientos ambientales: Suelos: Arenosos, cenagosos, incluso arcillosos, moderadamente profundos a profundos, ricos en materia orgánica, bien drenados, aunque los árboles de esta especie toleran suelos salinos y anegados periódicamente; pH: datos ignotos. Temperatura: Media: 21 °C; mínima: 19 °C; máxima: 30 °C. Precipitación promedio anual: 750-6000(-10000) mm. Meses secos por año: 0-6.

Fotografías:



Fuente: UICN 2015

8). Nombre científico: *Hippomane mancinella* L.

Familia: Euphorbiaceae

Nombre Común: Manzanillo de Playa

Descripción: Árbol, de hasta 10 m. Hojas alternas, simples, de 5-10 x 4-6 cm, de ovadas a elípticas, los márgenes finamente aserrados; con estípulas. Inflorescencias espigas, de 5-13 cm. Flores verdes o verde-amarillas. Frutos de 2,5-3,5 cm de diámetro, subglobosos, lisos y blanco-amarillentos o amarillos al madurar.

Usos: Ecológicos: Estabilización de dunas. Industriales: La madera es de color pardo-amarillenta, con manchas pardas y negras, lustrosa, de textura fina y uniforme, de alta durabilidad y fácil de trabajar. Ha sido empleada en ebanistería y otras aplicaciones semejantes. Medicinales: Se ha empleado como catártico,

diurético, emético, en casos de cáncer, enfermedades venéreas, hidropesía, infecciones, llagas y tétanos.

Requerimientos ambientales: Suelos: Arenosos, salinos, profundos, bien aireados, con buen drenaje; pH: $\geq 8,0$. Temperatura: Media: 24-28 °C; mínima: -2 °C.

Fotografías:



Fuente: UICN 2015

7.3. Establecimiento de las parcelas permanentes de muestreo

7.3.1. Diseño, error e intensidad de muestreo

Se instalaron un total de 16 PPM, donde la selección del sitio de las parcelas se efectuó mediante recorridos de campo para su debida implementación, tanto en condición ecológica, accesibilidad y área sin fragmentación. Fue utilizado un error

de muestreo menor a un 20%. El diseño de muestreo se adaptó dependiendo de la condición ecológica de los manglares en el momento en que se hicieron las visitas de campo. Hubo diferenciación en sitios perturbados y poco perturbados; se instalaron 6 PPM en los manglares Rejoya y Zapote (tres en cada sitio). Ahora bien, en el manglar de Puerto Viejo, se ubicó un total de 4 PPM, y para el manglar de Tamarindo, 6 PPM. Se catalogaron los sitios de Rejoya, Zapote y Puerto Viejo como áreas perturbadas, donde el diseño de muestreo utilizado fue aleatorio. Las parcelas se instalaron en sitios en donde el nivel de perturbación fue menor para asegurar la mayor representatividad posible a la hora de la medición de las PPM.

Mientras tanto, la orientación de las parcelas en Tamarindo fue ubicada de manera paralela al estero y de forma perpendicular a la entrada de agua al ecosistema del manglar. Para ello, se utilizaron dos transeptos continuos de tres parcelas cada uno; cada una de ellas está separada por cien metros de distancia, y los transeptos tienen un retiro entre sí de trescientos metros. Se desarrolló este diseño con el fin de determinar la influencia del agua del estero en función de las especies presentes en el sitio, dependiendo de la ubicación de las parcelas (Figura 9).

7.3.2. Tamaño y forma de las parcelas

Los manglares de Rejoya y Zapote y se catalogaron como sitios perturbados, donde era imposible instalar las parcelas en un transepto continuo, y, por ende, se tomó la decisión de instalar parcelas cuadradas de 20 x 20m (400 m²), con una parcela anidada dentro de la principal de 400 m², con una dimensión de 10 x 10 m (100 m²) (Figura 7). Para el manglar de Puerto Viejo se utilizaron el mismo tamaño y forma

de las parcelas que en los manglares de Rejola y Zapote. Cabe mencionar, que en las parcelas de 400 m² se midieron aquellos árboles con un diámetro igual o mayor a 10 cm quedando estos marcados con una placa metálica, mientras que en las parcelas anidadas (100 m²), se tomaron únicamente los datos de los árboles con un diámetro igual o mayor a 5 cm; estos árboles no quedaron identificados con una placa de metal.

Para el manglar de Tamarindo (sitio poco perturbado), se instalaron parcelas de 20 x 10m (200 m²) (Figura 8), donde se midieron los árboles con un diámetro igual o mayor a 2.5 cm de diámetro dentro de la PPM. Los árboles que presentaban un DAP mayor o igual a 10 cm fueron los individuos que quedaron plaqueados con la numeración correspondiente; los menores de 2.5 cm no quedaron identificados con placas metálicas.

La referencia o punto de inicio en este proceso fue la parcela de la esquina suroeste, con el objetivo de ser consistentes en un sistema convencional de coordenadas XY.

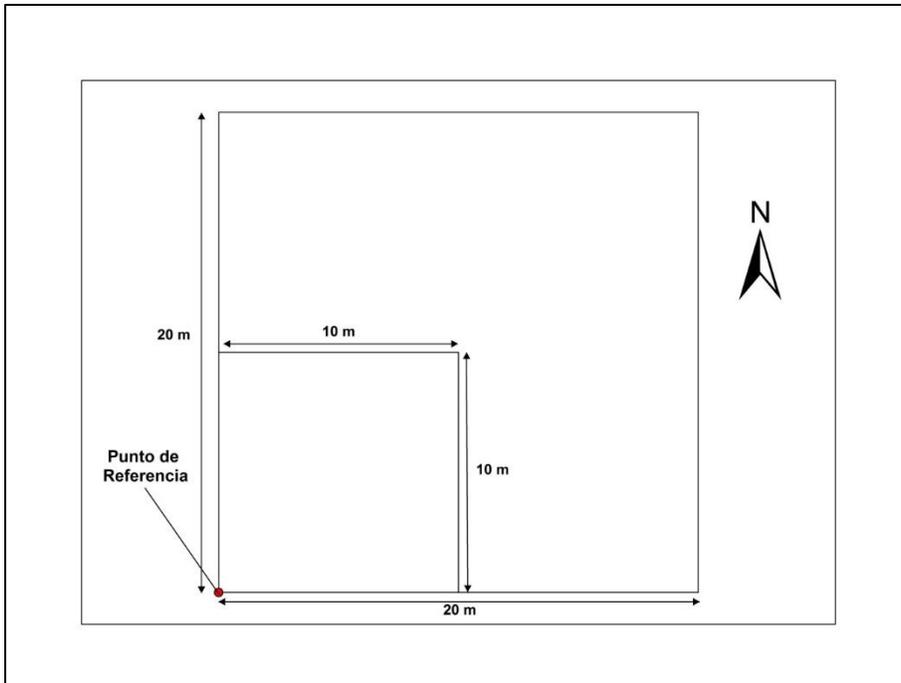


Figura 7. Forma, dimensiones y rumbo de las parcelas de campo (20 x 20 m).

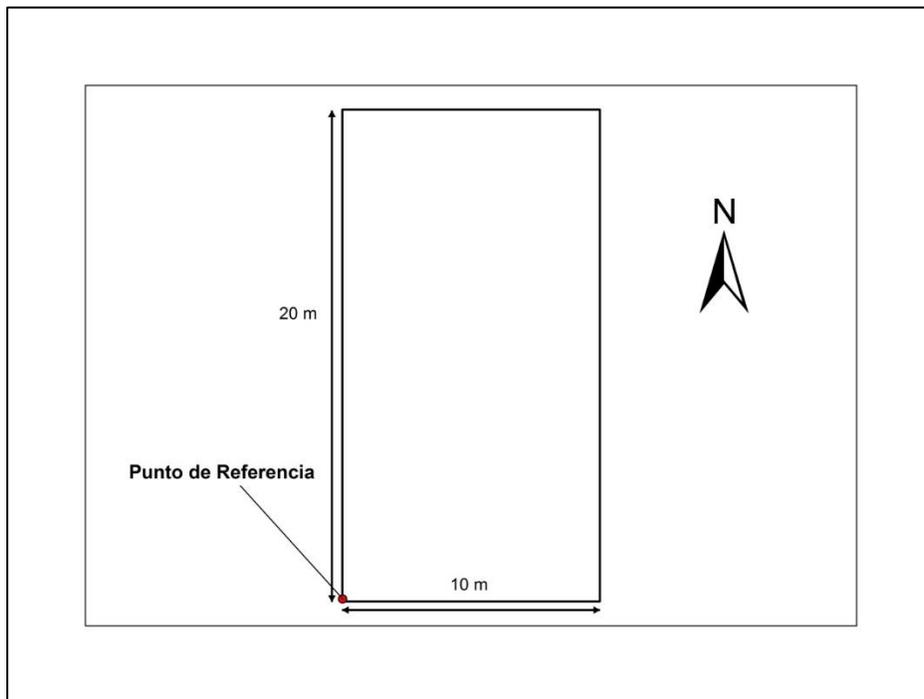


Figura 8. Forma, dimensiones y rumbo de las parcelas de campo (20 x 10 m).



Figura 9. Ubicación de las parcelas por transeptos

7.3.3. Delimitación y marcación de las parcelas

Para la demarcación de las parcelas, se utilizaron tubos de PVC de cuatro tubos de $\frac{3}{4}$ de pulgada de diámetro para las esquinas de la parcelas; para el marcaje interno de la subparcela anidada (100 m^2), se colocaron unicamente tres balizas temporales para la ubicación de dicha parcela. La longitud mínima de los tubos es de 1.5 m, los cuales deben enterrarse entre 30 y 50 cm para que prevalezcan durante los periodos entre mediciones y así ser ubicados fácilmente cuando se requieran (Figura 10 y 11).

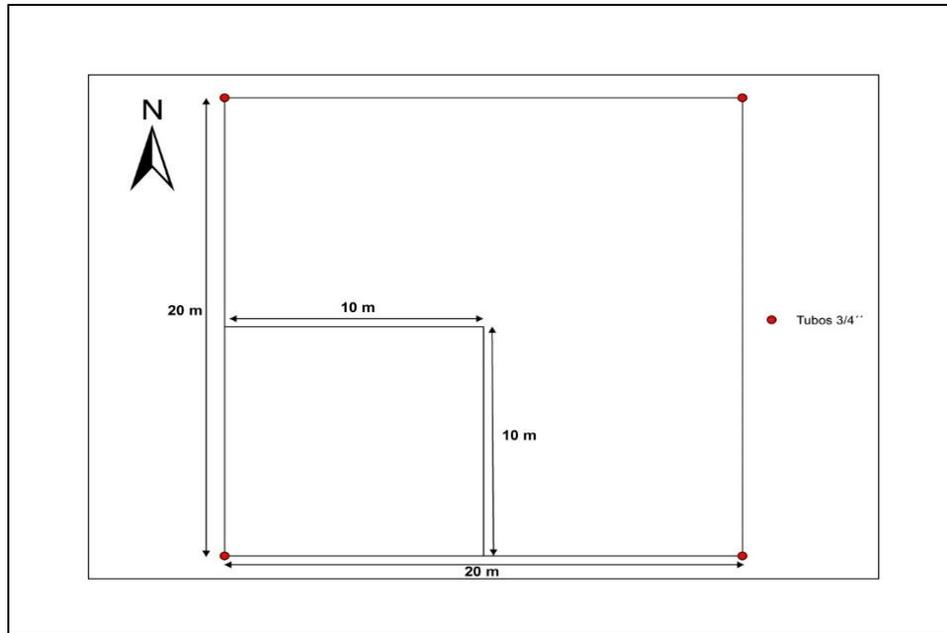


Figura 10. Delimitación de las parcelas de 0,04 ha y subparcelas de 0,01 ha.

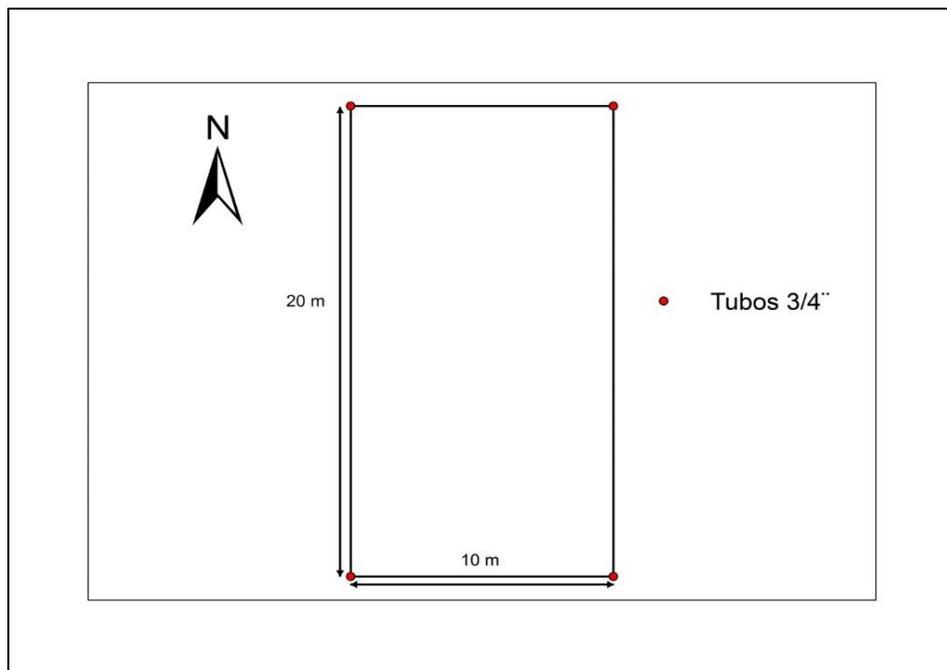


Figura 11. Delimitación de las parcelas de 0.02 ha

7.4. Marcación y codificación de los árboles

Los individuos que se encuentren dentro de las parcelas de 400 m² y 200 m² se identificaron con un código de cuatro dígitos; los primeros dos dígitos significan el número de parcela y los últimos dos, el número consecutivo de árbol dentro de cada una. Los árboles serán marcados en el punto de medición del diámetro, a una altura de 1.30 cm. Además, se utilizaron placas de aluminio permanentes, las cuales fueron clavadas en el fuste 10 cm arriba de donde se realiza la medición del diámetro. Para realizar mediciones a través del tiempo, es menester que las mismas se hagan en el mismo lugar, es por ello que se marcaron los árboles en el punto de medición del diámetro (Anexo 2) Los clavos utilizados fueron de tres pulgadas, preferiblemente de aluminio. A la hora del clavado, se procuró no introducir el mismo en su totalidad al árbol, para que la corteza no afectara la placa por el crecimiento del árbol. El clavo quedó en ángulo de inclinación para favorecer el escurrimiento del agua (Sánchez 2013).

7.5. Variables de medición

Según (Sánchez 2013) las principales variables por medir son:

- **Identificación de especies:** se realiza en el campo, y de no ser posible, se colectan muestras botánicas para su posterior identificación.
- **Condición del árbol:** a cada individuo medido se le evaluará su condición y particularidades, con el fin de identificar los árboles al momento de cada remediación (Anexo 2).

- **Iluminación de copa y clasificación del dosel:** a los individuos medidos, se le evaluará su condición de iluminación de copa y clasificación del dosel, con el fin de conocer la posición relativa de la copa de cada árbol respecto de sus vecinos de igual o mayor tamaño (Anexo 3).
- **Forma de copa:** según Camacho (2000), la copa sirve como un índice de vigor del individuo y se relaciona con las probabilidades de sobrevivir y crecer del árbol (Anexo 4).
- **Presencia de lianas en fuste y la copa:** según Sánchez (2013), se desea evaluar la abundancia de lianas en los individuos inventariados (Anexo 5).
- **Forma de fuste:** con el fin de evaluar la calidad y estado fitosanitario del rodal, se evaluarán las formas de fuste en cada individuo ubicado dentro de las PPM (Anexo 6).
- **Variables del suelo:** para conocer la composición de suelos y la asociación que tienen con la vegetación presente en el sitio, se coleccionarán muestras de estos para su posterior análisis de laboratorio.
- **Diámetro a la altura del pecho (1,30 m):** con el uso de una cinta diamétrica, y en caso de presencia de gambas o deformaciones al 1,30 m, se midió el diámetro de 30 cm arriba de la terminación del efecto de estas.
- **Altura total:** Se calcula la altura total utilizando un hipsómetro Vertex IV Haglof y Transponder T3; esto para todos los individuos mayores a 5 cm de diámetro (Sánchez 2013).

7.6. Determinación de la estructura y composición florística

7.6.1. Estructura horizontal

Para el análisis de la estructura horizontal, se utilizó la información de área basal para la dominancia y número de árboles por hectárea para determinar la abundancia y frecuencia, según Lamprecht (1990).

Índice de Valor de Importancia (IVI): Este índice es la suma de la dominancia, la abundancia y la frecuencia en términos relativos. Representa el peso ecológico de cada especie dentro del tipo de bosque correspondiente (Lamprecht 1990).

$$\text{IVI} = (\text{ab}\% + \text{dom}\% + \text{frec}\%)$$

Donde:

ab= abundancia

dom=dominancia

frec=frecuencia

7.6.1.1. Índices de diversidad florística

El cálculo de la diversidad florística se realizó con índices basados en la abundancia relativa de las especies. Se analizaron los siguientes:

- **Índice de Shannon-Wiener**

Se calcula mediante la siguiente fórmula (Magurran 1988):

$$-H' = \sum p_i \ln p_i$$

Dónde:

H': Promedio de incertidumbre por especie en una comunidad finita

p_i = Abundancia proporcional de la i-ésima especie. $p_i = n_i / N$

n_i = Número de individuos pertenecientes a la i-ésima especie en la muestra

N = Número total de individuos en la muestra

ln = Logaritmo natural

- **Índice de Simpson**

El cálculo se realiza como se muestra a continuación (Simpson 1949):

$$D = \sum p_i^2$$

Donde:

D = Probabilidad de que dos individuos tomados al azar de determinada muestra, pertenezcan a la misma especie

p_i = Abundancia proporcional de la i-ésima especie

7.6.1.2. Coeficiente de mezcla

Se refiere al grado de intensidad de la mezcla de especies en una superficie dada.

Se determina por:

$$\mathbf{CM} = \# \text{ Total de individuos} / \# \text{ total de especies}$$

7.6.1.3. Coeficientes de Similitud y Afinidad florística

Para poder comparar la similitud de Jaccard entre los distintos sitios de manglar muestreados de una manera más gráfica, se utilizó el programa estadístico Past Versión 2.17 (Hammer *et al* 2001), donde se logró comprobar estadísticamente la similitud entre los manglares en estudio.

- **Coeficiente de similitud de Jaccard (Ij)** (Montero 2013).

$$\mathbf{Ij} = (c/(a+b-c)) * 100$$

Donde:

a: número de especies de sitio **a**

b: número de especies de sitio **b**

c: número de especies compartidas en **a** y **b**

Ij: coeficiente de similitud de Jaccard

- **Coefficiente de afinidad florística de Sorensen (K_s)** (Montero 2013).

$$K_s = (2c/a+b) * 100$$

Donde:

a: número de especies de sitio **a**

b: número de especies de sitio **b**

c: número de especies de sitio **a y b**

K_s : coeficiente de afinidad florística de Sorensen

El coeficiente de afinidad de Sorensen compara muestreos con enfoque florístico; indica si el valor obtenido de “ K_s ” es igual a 100, los sitios evaluados son idénticos florísticamente y si el valor es = 0, significa que son totalmente diferentes (Lamprecht 1990).

7.7. Diseño de la red de conectividad ecológica en el Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal

En esta etapa, el propósito es la identificación de rutas alternativas para la conectividad entre los fragmentos que vinculan los manglares presentes dentro del CBC-NC. En este caso, se tomaron como base para el estudio, los parches de bosque hallados en la zona que funcionarían como conectores entre los manglares debido a la lejanía entre cada uno. Esto se llevaría a cabo con base en la adaptación de metodologías utilizadas por Jiménez (2000), Ramos y Finegan (2006), Céspedes

(2006), Murrieta (2006), Useche (2006), Baltodano y Zamora (2010), Chassot *et al.* (2011). El objetivo es definir una ruta de conectividad ecológica para la conservación de la biodiversidad de dicho corredor biológico.

La herramienta del SIG fue el modelo utilizado para el diseño de la red de conectividad ecológica. En el presente estudio, se tomaron en cuenta las siguientes fases:

1. Identificación de núcleos de hábitat prioritarios para la conservación (bosques, manglares, agua, bosque ripario) y áreas protegidas, incluso las que no se encuentran protegidas legalmente (áreas no protegidas), consideradas críticas para la conservación.
2. Establecimiento de niveles de dificultad o fricción al desplazamiento de las especies silvestres en toda el área intermedia entre las áreas protegidas.
3. Modelación de la red de conectividad que integra los núcleos prioritarios para la conservación a través de las rutas de menor dificultad al desplazamiento.

7.7.1. Identificación de la presencia de cobertura forestal (núcleos de hábitat prioritarios) y áreas críticas, para la determinación de niveles de fricción

La identificación de los núcleos de hábitat y áreas críticas para la determinación de los niveles de fricción, se realizó en dos etapas: la etapa # 1 consistió en la identificación de los núcleos de hábitat prioritarios y áreas críticas; mientras que en la etapa # 2, se determinaron los niveles de dificultad o fricción al desplazamiento.

7.7.1.1. Identificación de núcleos de hábitat prioritarios (cobertura forestal) a conectar dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal

Para la identificación de los núcleos de hábitat prioritarios a conectar, el área de estudio se enfocó a partir de la delimitación de una microcuenca, para obtener una mayor exactitud en el área que se va a trabajar; en dicha área de estudio van a estar ubicados los cuatro manglares.

Por medio de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), se delimitó la microcuenca con el uso de las curvas de nivel 1:50000 facilitadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y la digitalización de imágenes tomadas de Google Earth de los años 2016-2017. Con este fin, se realizó la inclusión de Ortofotos y el manejo de la cartografía del año 2005 para la georreferenciación respectiva de las imágenes. Los núcleos de hábitat prioritarios por conectar en la red de conectividad, se identificaron en las áreas con cobertura natural (bosques y manglares) mayores a dos hectáreas, según la definición de bosque y la Ley Forestal 7575, incluso la identificación del cumplimiento de las áreas de protección (AP) de los ríos (bosques riparios), en este caso, de quince metros para zonas rurales, según la Ley Forestal 7575. La identificación de estas áreas, entre las cuales deben trazarse las rutas de conectividad, obedecen a criterios de vulnerabilidad en el mantenimiento de la biodiversidad y cuyo aislamiento ha contribuido en su detrimento (SINAC 2007).

7.7.1.2. Identificación de áreas críticas para la conservación

Las áreas críticas para la conectividad por identificar, fueron aquellas en donde se requerían acciones de restauración ecológica para mejorar la conectividad estructural del paisaje, esto debido a que la dispersión o conectividad se ve afectada o inhibida por la pérdida de hábitat. Dichas áreas críticas van a ser determinadas con el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) una vez que se haya identificado las coberturas del uso del suelo, determinadas en la etapa # 1. Serán consideradas áreas críticas aquellos sitios que estén definidos por cobertura no forestal y agrícola, ya que este tipo de coberturas son consideradas como hostiles para el desplazamiento y dispersión de especies.

7.7.1.3. Niveles de dificultad o fricción del desplazamiento de las especies

El cálculo del costo de desplazamiento, se realizó sobre la base de un mapa de fricción, el cual indica los elementos del paisaje que ofrecen mayor resistencia al desplazamiento de los organismos (Chassot *et al.* 2011). Las variables escogidas correspondieron a los criterios para priorizar las unidades de mayor calidad de hábitat, y disminuir la prioridad de acuerdo con el nivel de amenaza a desplazarse.

Los valores de dificultad fueron determinados con base en el análisis de tres factores:

1. Cobertura de la tierra
2. La red fluvial

3. La red de carreteras

- **Cobertura de la tierra**

La cobertura de la tierra presente en un determinado sitio, impone diferentes niveles de dificultad o fricción al movimiento de especies. Para esto, se utilizó como fuente de información la cartográfica y Ortofortos del año 2005 y así lograr georreferenciar, adecuadamente, las fotos obtenidas de Google Earth de los años 2016 y 2017. Estas últimas se digitalizaron para determinar la cobertura de la tierra actual. Para efectos de la homogenización de la información cartográfica disponible, se utilizó la proyección oficial para el país CRTM05 (Costa Rica Transversal Mercator 2005), con el Datum esferoide WGS84. Este mapa (cobertura) considera cinco categorías de uso del suelo (forestal, manglar, agua – estos del bosque ripario –, agricultura y no forestal); estas interactúan con los procesos de dispersión y las distancias ecológicas entre los parches de bosque (categoría forestal), siendo la suma de la distancia métrica (línea recta) y la distancia consecuencia del valor de fricción y dificultad de movilidad (Montoya 2013).

Cabe mencionar que esta distribución del tipo de cobertura, se aplicó también para determinar el uso del suelo para las áreas de protección de los ríos, se utilizó el área buffer de los ríos. De esta manera, se definió el índice de fricción para las áreas mencionadas. Es así como las áreas no alteradas son la que imponen menos dificultad de movimiento y las más alteradas, la mayor dificultad (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores de fricción según tipo de cobertura.

Tipo de cobertura	Índice de fricción
Forestal	1
Manglar	2
Agua (Bosque Ripario)	3
Agricultura	4
No Forestal	5

Fuente: Adaptado de Céspedes (2006)

- **Red fluvial**

Las zonas (bosques riparios) que se ubican cerca de los sistemas naturales de drenaje (ríos, quebradas, arroyos, acequias o cualquier otro), tienen más posibilidades de conectividad y cuanto más alejados se encuentren, la dificultan; estas áreas, aparte de servir de abrevaderos para especies silvestres, transportan semillas y a otras especies que viven en él. También, por lo general, los márgenes de los ríos mantienen bosques de galería que albergan alta biodiversidad (Céspedes 2006) (Cuadro 3).

Cuadro 2. Valores de fricción según la distancia a la red fluvial.

Distancia a ríos principales (m)	Índice de fricción
0 – 50	1
51 – 100	2
101 – 150	3
151 – 200	4
> 200	5

Fuente: Adaptado de Céspedes 2006

- **Red vial**

Mediante el uso de la capa de carreteras, se tomará la red vial como una variable que impone diferentes niveles de dificultad a la conectividad según la cercanía de estas a las áreas boscosas. Las carreteras imponen un obstáculo para el tránsito de especies de un lugar a otro, asimismo, generan perturbación por generar ruidos y otros tipos de contaminación, cuyo efecto va más allá del área propiamente dedicada al tránsito vehicular, el cual disminuye, de forma paulatina, conforme se está más lejos de estas áreas de tránsito. Simultáneamente, la cercanía a una carretera influye en la disminución de la calidad del hábitat por las actividades de explotación y uso de la biodiversidad, así como contaminación tanto del aire como del agua (Cuadro 5) (Céspedes 2006).

Cuadro 3. Valores de fricción según la distancia a carreteras.

Distancia a carreteras (m)	Índice de fricción
0 – 250	5
251 – 500	4
501 – 750	3
751 – 1000	2
> 1000	1

Fuente: Adaptado de Céspedes 2006

7.7.2. Modelación de la red de conectividad ecológica

Se realizó el modelaje de las rutas de conectividad ecológica mediante un análisis de conexión de menor costo transversal, donde el costo propiamente es el empleo de fricción definida mediante las funciones que presente el ecosistema en estudio. Para ello, es necesario definir las rutas más cortas, de tal manera que conecten los parches de bosque. Esta operación se realizó mediante la utilización de software de SIG, con las extensiones Cost Distance y su función Cost Path (Hoctor *et al.* 2000). La red de conectividad se distribuyó por cada escenario de valores de dificultad (fricción) al desplazamiento, fueron utilizados los mismos puntos de origen y núcleos prioritarios para la conectividad. La intención de esta red es conectar el Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal del manglar Tamarindo hasta el manglar Rejoya, por medio de áreas protegidas y sitios con cobertura forestal.

Los valores de la calidad del hábitat analizado, fueron caracterizados por la dificultad (fricción) de desplazamiento obtenido, dependiendo de los valores asignados en los procesos anteriores, tal y como se muestra en el siguiente cuadro (Cuadro 6):

Cuadro 4. Dificultad al desplazamiento para calcular el mapa de superficie de costos.

Calidad de hábitat	Fricción o grado de dificultad	Valores asignados
Muy alta	No hay	1
Alta	Muy baja	2
Mediana	Mediana	3
Pobre	Alta	4
Muy Pobre	Muy Alta	5

Fuente: Adaptado de Céspedes 2006

8. Resultados y discusión

Se instalaron un total de 16 PPM, tres parcelas en Rejoya, tres en Zapote y cuatro en Puerto Viejo de 400 m² cada una (0,04 ha), mientras que en el Manglar de Tamarindo se establecieron seis parcelas de 200 m² (0,02 ha), para un total de 0,52 ha muestreadas. Estas fueron distribuidas de manera aleatoria en el área efectiva, con el fin de determinar las condiciones del sitio para caracterizar la flora presente (Figuras 11, 12, 13 y 14).

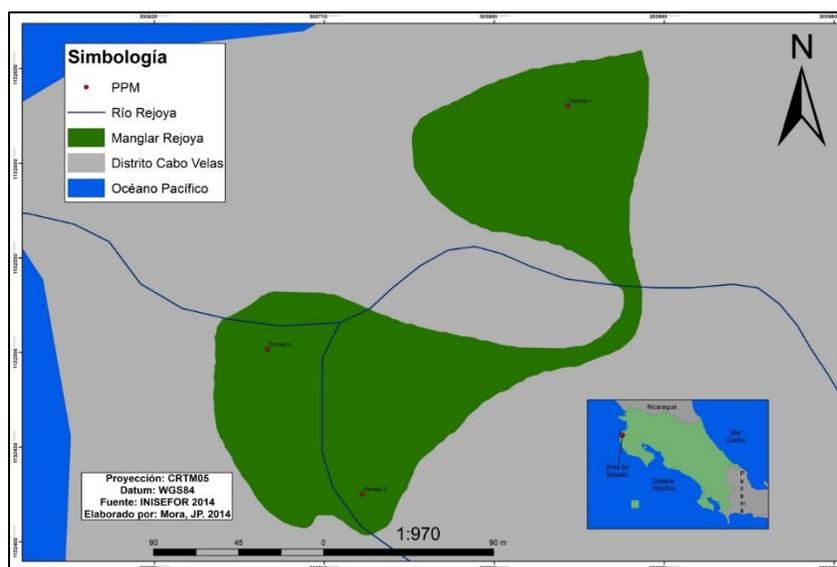


Figura 11. Ubicación de la PPM dentro del manglar Rejoya.

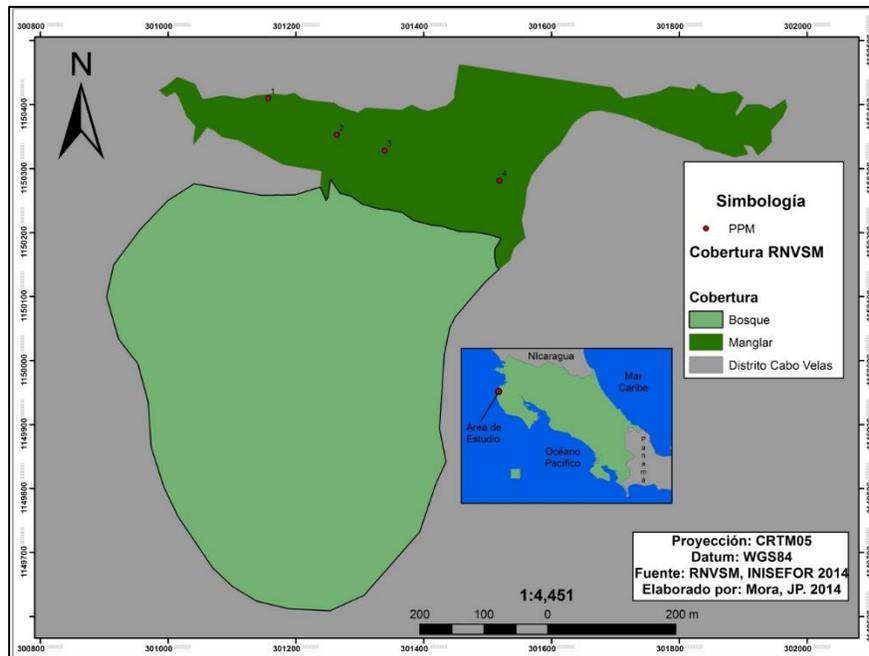


Figura 12. Ubicación de las PPM en el manglar de Puerto Viejo.

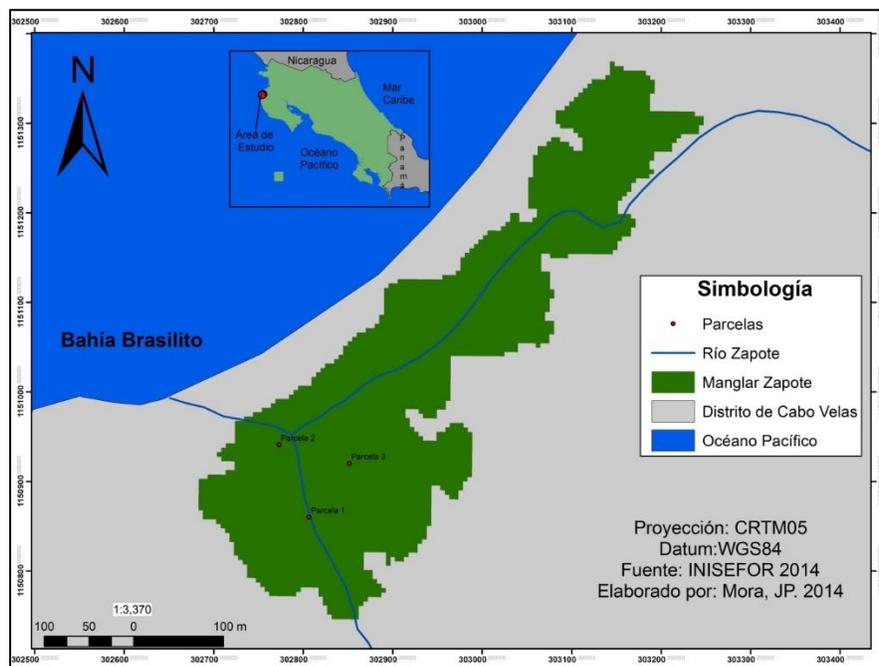


Figura 13. Ubicación de las PPM en el manglar de Zapote.

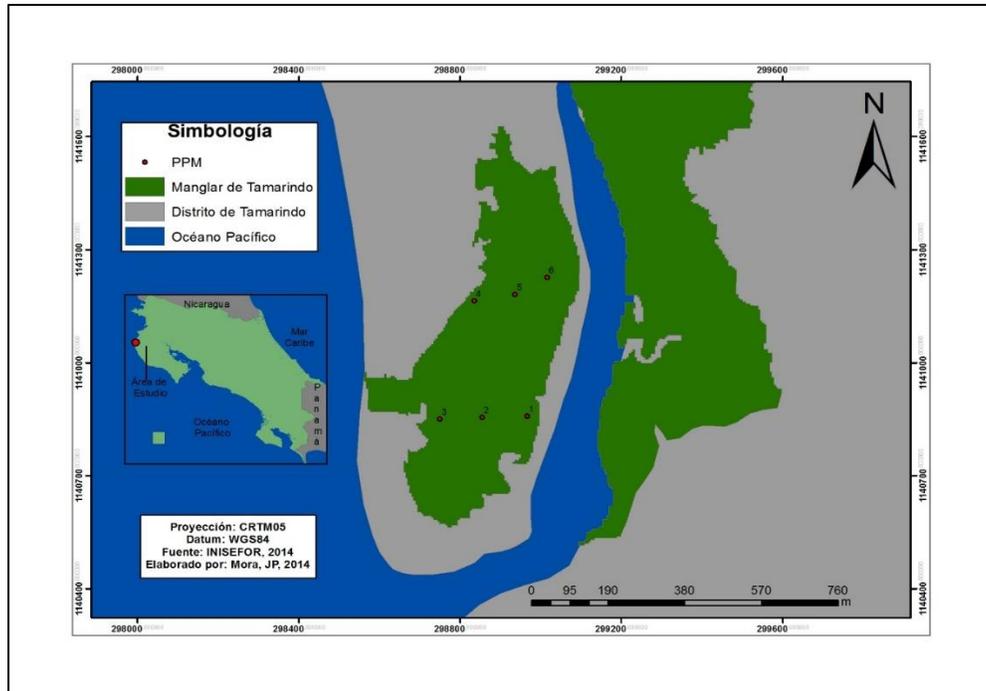


Figura 14. Ubicación de las PPM en el manglar de Tamarindo.

En el manglar de Rejoja y Zapote, se instalaron únicamente tres parcelas por sitio, ya que ambos presentaban una condición muy alterada con respecto a su composición y estructura, por lo tanto, las parcelas fueron instaladas de la manera más representativa posible. Caso contrario sucedió en la instalación de las parcelas en el manglar de Puerto Viejo y Tamarindo, donde se instalaron cuatro y seis parcelas respectivamente. Estos dos sitios presentan una mejor conservación de su estado físico, ya que se encuentran protegidos: el primero por Reserva Conchal y el segundo por parte del MINAE. Ambos se encuentran dentro del Parque Nacional Marino Las Baulas.

8.1. Caracterización de los manglares en estudio

Se midieron un total de cuatrocientos ejes, los cuales se distribuyen en trescientos doce individuos, lo que equivale a doscientos cuarenta y tres árboles por hectárea. Las parcelas instaladas en Tamarindo son las que presentan la mayor cantidad de individuos muestreados con un 40,21 % del total (ciento diecisiete individuos), seguido del manglar Puerto Viejo con ochenta y cuatro árboles (21,65%). En los sitios de Rejoya y Zapote se encontraron apenas el 38,15% de los individuos, lo que los convierte en los sitios más alterados dentro de los manglares muestreados (Cuadro 5).

Cuadro 5. Diámetro (dap) promedio, altura (H), área basal total (G/sitio y ha) y número de individuos encontrados por sitio en los manglares del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.

Manglar	N° de parcelas	N° Individuos	N° Individuos/ha	Dap (cm)	H (m)	G/ha	% individuos
Rejoya	3	54	450	17.84	9.9	17.833	18.56
Zapote	3	57	475	12.20	7.6	10.150	19.59
Puerto Viejo	4	84	525	14.35	10.1	13.756	21.65
Tamarindo	6	117	975	12.28	8.5	14.417	40.21

Promedio		78	606	14.17	9.0	14.04	25.00
Total	16	312	2425			56.16	100.00

Fuente: datos de campo, elaboración propia, 2017.

El diámetro (dap) promedio encontrado en todos los sitios es de 17,84 cm, por consiguiente, Rejoja y Puerto Viejo son los sitios con mayores dimensiones. A pesar de que en el sitio de Rejoja la presencia de individuos es menor, es el sitio que mayor Dap presenta, esto se debe a la presencia de individuos remanentes de grandes dimensiones. Los manglares de Tamarindo y Zapote fueron los que presentaron el menor diámetro promedio (12,2 cm), esto debido a que Zapote es el sitio que se encuentra más alterado por la presencia humana y se encuentra en regeneración natural debido a estos efectos. Por otro lado, el manglar de Tamarindo es el sitio donde se encuentra mayor cantidad de ejes por parte de la especie *Rhizophora mangle*. Así mismo, el promedio en el diámetro tiende a disminuir considerablemente en los dos sitios.

Las mayores alturas (H) promedio, se presentan en Rejoja y Puerto Viejo, y como se mencionó anteriormente, se encuentran árboles remanentes los cuales se posicionan en el dosel superior. Asimismo, el manglar de Zapote presenta el mismo comportamiento que el dap, y reporta la menor H promedio debido a la alta competencia que establece la gran cantidad de ejes presentes en este sitio; esto provoca un rápido cierre del dosel superior y suprime a los demás individuos.

El área basal (G) promedio para los cuatro sitios muestreadas es de 14,04 m²/ha, el cual se encuentra bien distribuido entre las áreas muestreadas, donde los sitios de

Rejaya y Tamarindo fueron los manglares donde presentaron mayor grado de ocupación por sitio, con 17,83 m²/ha y 14,41 m²/ha respectivamente. Rejaya, entonces, resulta ser el manglar que presenta un mayor grado de ocupación con un 37,74%, debido a que presenta especies con dimensiones de diámetro mayores. Por su parte, el sitio de Zapote fue el que presentó menor G con 10,15 m²/ha. Esto porque este ecosistema, en este sitio, se encuentra muy alterado por la acción del hombre.

En el estudio del manglar de Gandoca y Moín, se hallaron diámetros promedio de los árboles de 21,43 cm y 20,10 cm, alturas totales promedio de 12,8 m y 10,5 m, con una abundancia de seiscientos ochenta y siete árboles/ha y setecientos árboles/ha, y una dominancia de 26,35 m²/ha y 26,37 m²/ha, respectivamente. La especie más importante en la Laguna Gandoca fue *Rhizophora mangle*, mientras que en Moín fue *Pterocarpus officinalis*. Además, en ambos sitios, se encontraron especies como *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*. (Villalobos y Alvarado 2012). Al realizar una comparación entre los resultados obtenidos en los manglares del CBC-BC y de Gandoca y Moín, se nota que estos dos últimos se encuentran mucho mejor desarrollados y conservados, ya que presentan una dominancia en grado mayor, que supera los manglares del Pacífico Norte en un 53%.

8.2. Estructura y composición florística

8.2.1. Estructura horizontal

Se registraron un total de trescientos doce individuos, distribuidos en siete géneros, ocho especies y seis familias. En general, las familias con mayor riqueza de especies fueron la Combretaceae (25%) y la Acanthaceae (25%); esto representa dos especies diferentes por familia, las cuales equivalen a un 50% del total. Las familias Fabaceae mimosoidea (12%), Rhizophoraceae (12%), Tetrameristaceae (13%) y Euphorbiaceae (13%), representan una especie por familia (Figura 15 y Cuadro 6).

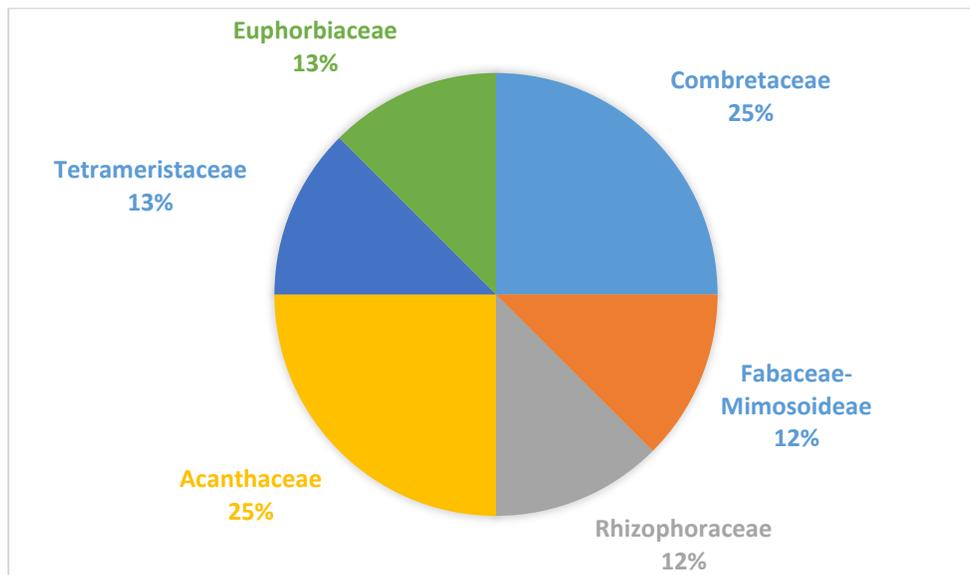


Figura 15. Porcentajes de las familias más abundantes en los manglares del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.

Cuadro 6. Lista de especies encontradas por sitio en los manglares del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.

		Manglares			
Familia	Especie	Rejoya	Zapote	PV	Tamarindo
Combretaceae	<i>Conocarpus erectus</i>	X	X	X	
	<i>Laguncularia racemosa</i>	X	X	X	X
Fabaceae -	<i>Pithecellobium</i>			X	
Mimosoideae	<i>lanceolatum</i>				
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>	X	X	X	X
Acanthaceae	<i>Avicennia germinans</i>	X			
	<i>Avicennia bicolor</i>				X
Tetrameristaceae	<i>Pelliciera rhizophorae</i>	X			X
Euphorbiaceae	<i>Hippomane mancinella</i>		X		

Fuente: Datos de campo, elaboración propia, 2017.

Las especies que se encuentran en todos los sitios muestreados fueron la *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* (Cuadro 6), muestra que son especies resistentes ante un fuerte grado de degradación del manglar. Estas fueron encontradas en las orillas de los manglares en las partes más externas del ecosistema. Las especies que fueron encontradas únicamente en un sitio fueron: *Avicennia germinans*, *Avicennia bicolor* e *Hippomane mancinella*, lo cual denota que

dichas especies solo se desarrollan, adecuadamente, en las condiciones de suelo de los manglares donde se encontraron (Rejoya, Zapote y Tamarindo).

En total, se encontraron ocho especies dentro de las PPM, establecidas en los cuatro sitios de muestreo. La especie *Laguncularia racemosa* (94%) (Mangle blanco) fue la de mayor abundancia en dos de los manglares Puerto Viejo (94%) y Rejoya (46,30%), mientras que en el Manglar de Zapote la especie más abundante fue el *Conocarpus erectus* (63,16%) y en Tamarindo, el *Rhizophora mangle* (82,91%) (Mangle Colorado) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Abundancia (%), dominancia (%), frecuencia (%), e Índice de Valor de Importancia para los manglares dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.

	Especie	Ab (%)	Dom (%)	Frec (%)	IVI Abs
Puerto Viejo	<i>Conocarpus erectus</i>	3.6	8.1	14.3	28
	<i>Laguncularia racemosa</i>	94.0	91.4	57.1	240
	<i>Pithecellobium lanceolatum</i>	1.2	0.4	14.3	16
	<i>Rhizophora mangle</i>	1.2	0.1	14.3	16
	Total	100	100	100	300
Rejoya	Especie	Ab (%)	Dom (%)	Frec %	IVI Abs
	<i>Avicennia germinans</i>	5.56	13.79	14.29	37
	<i>Conocarpus erectus</i>	9.26	23.10	14.29	48
	<i>Laguncularia racemosa</i>	46.30	41.58	42.86	121

	<i>Pelliciera rhizophorae</i>	33.33	20.77	14.29	73
	<i>Rhizophora mangle</i>	5.56	0.76	14.29	21
	Total	100	100	100	300
Zapote	Especie	Ab (%)	Dom (%)	Frec %	IVI Abs
	<i>Conocarpus erectus</i>	63.16	80.52	50.00	190
	<i>Laguncularia racemosa</i>	24.56	10.68	16.67	53
	<i>Hippomane mancinella</i>	1.75	2.74	16.67	22
	<i>Rhizophora mangle</i>	10.53	6.06	16.67	35
	Total	100	100	100	300
Tamarindo	Especie	Ab (%)	Dom (%)	Frec (%)	IVI Abs
	<i>Avicennia bicolor</i>	1.71	3.85	10.00	16
	<i>Laguncularia racemosa</i>	0.85	2.02	10.00	12
	<i>Pelliciera rhizophorae</i>	14.53	4.79	20.00	40
	<i>Rhizophora mangle</i>	82.91	89.34	60.00	232
	Total	100	100	100	300

Dentro de las especies con mayor abundancia en los sitios de muestreo, se encuentran *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* y el *Rhizophora mangle*. Estas mismas especies son las que presentan mayor dominancia. Conforman, aproximadamente, el 95% de la dominancia total, lo cual refleja la poca dominancia que tienen las cinco especies restantes.

Según el Índice de Valor de Importancia (IVI) (Cuadro 7), para el Manglar de Puerto Viejo y Rejoja, la especie *Laguncularia racemosa* presenta el mayor peso ecológico

dentro de los dos sitios con 60% del IVI calculado; se indica, pues, que las restantes cinco especies encontradas en estos sitios equivalen a un 40% del valor de importancia del total halladas en esos dos sitios. En los manglares de Zapote y Tamarindo, las especies con mayor peso ecológico son el *Conocarpus erectus* y el *Rhizophora mangle*, respectivamente. Estas son, las especies con mayor peso ecológico en estos manglares, por ende, presentan los valores más altos de abundancia y frecuencia relativa, así como de dominancia.

a. Índices de Diversidad Florística

El índice de Shannon (H') (Cuadro 8) para el Manglar de Rejoya, presentó un valor de 1,2. Es este el más alto en comparación de los demás manglares, los cuales obtuvieron valores menores a Uno (1). Esto implica que los cuatro manglares en estudio poseen una diversidad muy baja, ya que, según Magurran (1988), el índice de diversidad de Shannon – Wiener varía entre 1,5 y 3,5. Este rara vez alcanza valores de 4,5, por lo que valores cercanos a 3,5 reflejan sitios muy diversos, lo que resulta un bosque poco diverso de acuerdo con este rango establecido.

Cuadro 8. Índices de Diversidad de Shannon (H') y Simpson (D) en los manglares dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.

Manglares				
Índice	Rejoya	Zapote	PV	Tamarindo
H'	1.264	0.943	0.282	0.546

D	0.660	0.529	0.114	0.291
----------	-------	-------	-------	-------

El índice de Simpson (Cuadro 8) varía entre 0 y 1, el cual indica el grado de probabilidad de que dos individuos tomados al azar en una misma población pertenezcan a la misma especie; por lo tanto, entre menor sea el valor, mayor corresponde a sitios más diversos (Morera 1998). En este caso, los manglares en estudio muestran poca heterogeneidad, por consiguiente, el Manglar de Rejoja obtiene el valor más alto con (0,660), mientras que el Manglar de Puerto Viejo presenta el valor más bajo (0,114), lo que da como resultado su caracterización como sitio poco diverso. Esto indica, por ejemplo, en el caso del manglar de Rejoja, que de cada cien veces que se tome al azar un par de individuos, sesenta y seis oportunidades corresponderán a la misma especie; mientras, para el manglar de Zapote, tomarían cincuenta y dos oportunidades; en el de Puerto Viejo, once; y Tamarindo, veintinueve para que los individuos tomados al azar correspondan a este criterio; por tanto, estos dos últimos sitios corresponden a los manglares en donde existen menos individuos de la misma especie.

Según un estudio realizado en las costas del mar Caribe de nuestro país, específicamente los manglares de Laguna Gandoca y Estero Moín, presentaron valores correspondientes al índice de diversidad de Shannon (H') de 0,33 y 0,69, de forma respectiva, lo que ocasiona que estos valores no estén cercanos a 0, por ende, son considerados como manglares pocos diversos (Villalobos y Alvarado 2012). Estos son valores de esperar, ya que la diversidad en los ecosistemas de

manglar es baja, debido a que en él solo habitan especies especializadas capaces de soportar altos contenidos de salinidad.

b. Coeficientes de Similitud

El coeficiente de Jaccard muestra que, entre los sitios muestreados, existe una similitud equivalente a un 43% por medio de la comparación de los cuatro sitios de muestreo.

Con respecto al coeficiente de afinidad de Sorensen, se puede considerar que los sitios son casi idénticos florísticamente y que el nivel de similitud obtenido fue de un 75% de semejanza entre los sitios. Lamprecht (1990) menciona que, si este coeficiente es igual a 100%, los sitios evaluados son idénticos florísticamente y si el valor es = 0, significa que son totalmente diferentes (Cuadro 9).

El coeficiente de mezcla (Cuadro 9) proporciona una indicación somera de la intensidad de mezcla, que se presenta al nivel de interacción intra e interespecífica en el ámbito de ecosistemas o de bloques de bosques, o bien, al nivel de parcelas dentro de un ecosistema (Lamprecht 1990). El cociente de mezcla para los manglares en estudio fue de treinta y nueve individuos por especies diferentes (ind/sp dif). Esto indica que, aproximadamente, por cada treinta y nueve individuos muestreados, es posible encontrar una nueva especie, por lo que los manglares en cuestión poseen una baja diversidad.

Cuadro 9. Coeficientes de similitud para los manglares dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.

Coeficiente	Valor (%)
Jaccard	29-43
Sorensen	67-75
COC de mezcla (ind/sp dif)	39

8.2.2. Estructura vertical

a. Distribución diamétrica

En general, para todos los sitios muestreados, se tiene que la clase diamétrica 5-14,9 cm y 15 – 24,9 cm muestra la mayor cantidad de árboles con una acumulación del 91,95% (2230 árb/ha) del total presentes en los manglares (Figura 16). Se trata de especies como *Laguncularia racemosa* en los Manglares de Rejoya y Puerto Viejo, *Conocarpus erectus* en el manglar de Zapote y *Rhizophora mangle* en Tamarindo.

En la clase de 25 – 34,9 cm, se da un 6,18% del total de individuos. Conforme aumenta la clase diamétrica, el número de árboles disminuye drásticamente hasta alcanzar el 0,577 % (14 árb/ha) en la clase 35 – 44,9 cm, mientras que en la clase 45-54.9 cm alcanzó solamente un 0,948 (Figura 16). De acuerdo con Monge et al. (2009) esto se debe a la gran cantidad de árboles que son capaces de establecerse durante los primeros años. No obstante, mencionan que conforme aumenta la clase diamétrica, la cantidad de individuos disminuye como producto de la competencia y

las exigencias lumínicas que requieren algunas especies para mantenerse dentro del bosque, esto produce una alta mortalidad de individuos de especies que no logran adaptarse a nuevas condiciones.

Para los manglares en estudio, se muestra una forma típica de J invertida mostrando una estructura discetánea. Es importante mencionar que el manglar de Rejoja fue el único sitio en donde se encontraron individuos con diámetros mayores a 45 cm, por esta razón, casi en todas las clases diamétricas se hallan especies dentro de este manglar.

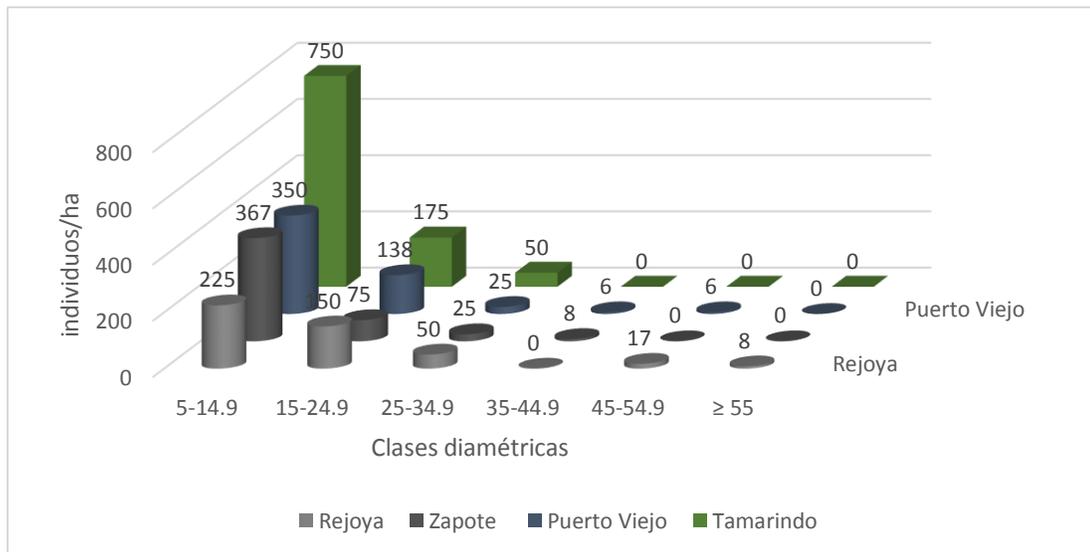


Figura 16. Número de individuos por clase diamétrica por hectárea para los manglares dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.

En los manglares de Tamarindo, Puerto Viejo y Zapote (Figura 17), se concentra la mayor cantidad de área basal dentro de las categorías diamétricas menores a 35 cm, debido a una mayor concentración de individuos. Lo anterior, ocasiona un gran incremento en el área basal; caso contrario sucede en el manglar de

Rejoya, pues la acumulación de esta área se distribuye a lo largo de casi todas las clases diamétricas, excepto la clase de 35 cm donde decrece. Rejoya fue el único manglar dentro de las parcelas muestreadas, en donde se logró medir individuos mayores a 55 cm de diámetro y fueron ocupadas por la especie *Avicennia germinans*.

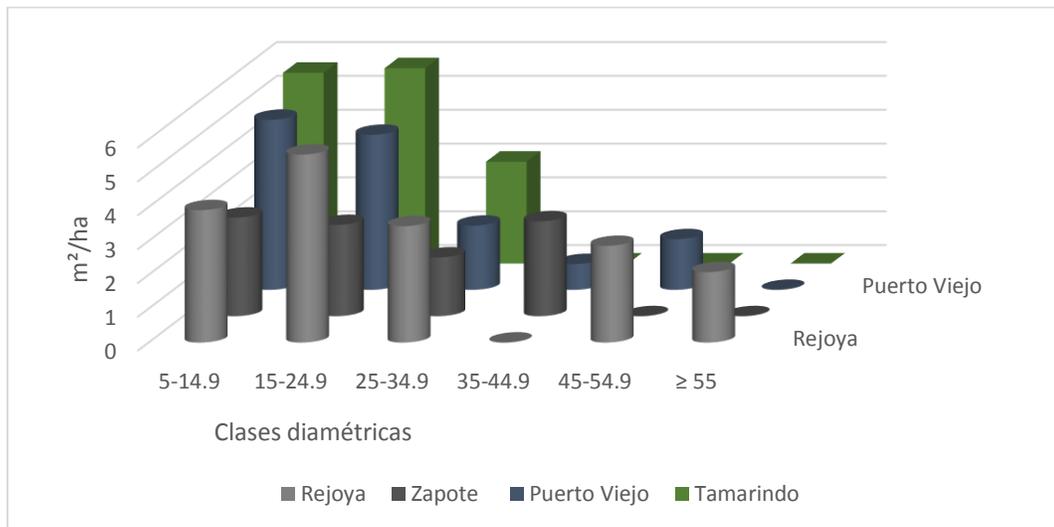


Figura 17. Área basal por clase diamétrica por hectárea para los manglares dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.

b. Estado fitosociológico

Según la clasificación del dosel (Figura 18), el manglar de Tamarindo presenta un 72% en la clase I, lo que lo convierte en un sitio que presenta la abundancia más alta, seguido por el manglar de Zapote con un 24%. Estos individuos son catalogados como emergentes, se posicionan en el dosel superior libres de competencia. En su gran mayoría, los manglares en estudio son árboles remanentes. Además, 250 árb/ha de los cuatros sitios en estudio, se encuentran en la clase III y IV, lo que quiere decir que los individuos posicionados dentro de estas

categorías pertenecen al dosel intermedio o inferior. Por ello, existe una alta competencia de las copas por ocupar el dosel superior (Clase II); dentro de la Clase IV, el manglar de Puerto Viejo presenta un 42.3% de los individuos, se encuentra, por lo visto, en el dosel inferior del ecosistema, mientras que en el manglar de Tamarindo, apenas un 3.8% está dentro de esta clase.

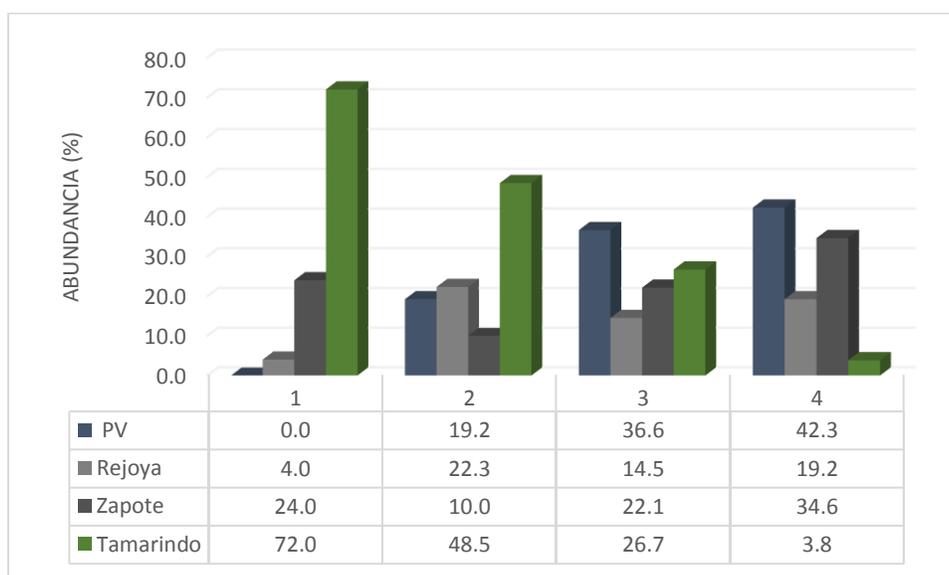


Figura 18. Distribución de la abundancia (%) según la clasificación del dosel para los manglares dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017

De acuerdo con la Figura 19, el total de individuos en el manglar de Tamarindo presenta casi el 100% de árboles en la clase I, se cataloga, pues, como árboles en claros o emergentes; caso contrario sucede en los sitios de Puerto Viejo, Rejoya y Zapote, con menos de un 10% del total de individuos que presentan esta categoría. Existe una alta concentración de árboles en las clases III, IV y V en los manglares de Rejoya, Zapote y Puerto Viejo, que exhiben condiciones normales a deficientes

de iluminación. Los individuos de estas clases apenas reciben alguna luz parcial vertical o lateral, o bien, no reciben alguna luz vertical.

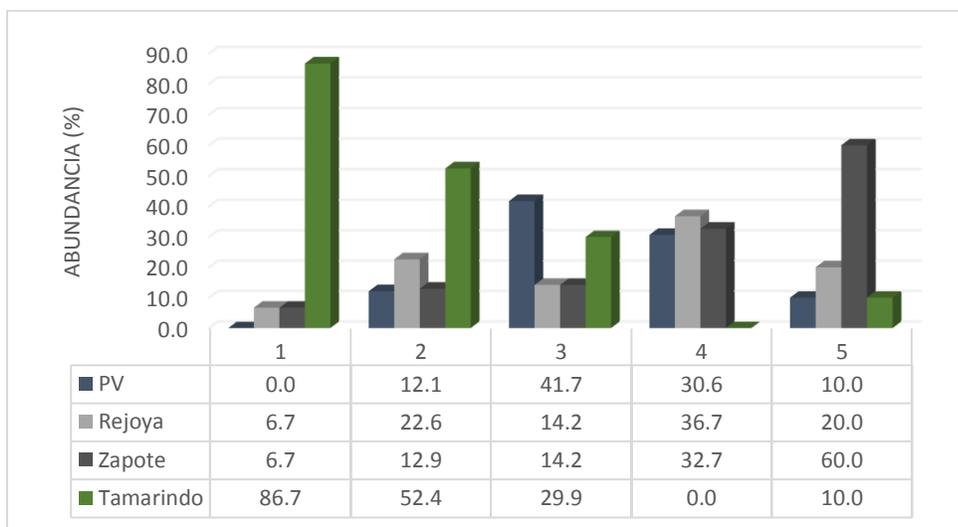


Figura 19. Distribución de la abundancia (%) según la exposición de copa para los manglares dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.

Según la categoría de forma de copa (Figura 20), el manglar de Tamarindo presenta el mayor porcentaje de sus individuos dentro de las categorías I, II y III donde se considera que forman un círculo completo, un círculo irregular o media copa. Caso contrario sucede para los manglares Zapote, Rejoya y Puerto Viejo, donde presentan condiciones de copa tolerable, pobre y muy pobre (Clases III, IV y V). Esta situación se da por la alta competencia por luz de las especies dominantes: *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*, donde prácticamente los árboles presentan una misma altura, entrelazando sus copas y ocasionando mortalidad de los árboles suprimidos.

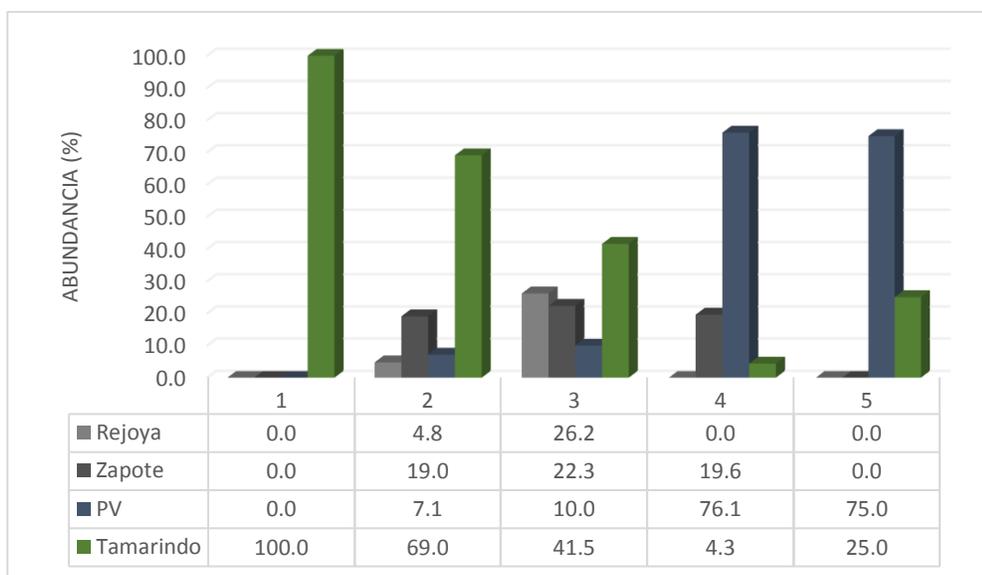


Figura 20. Distribución de la abundancia (%) según la forma de la copa para los manglares dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.

Mediante la forma de fuste, es posible evaluar la calidad y estado fitosanitario en que se encuentran los manglares en estudio (Figura 21). El manglar de Zapote es el sitio con mayores problemas fitosanitarios y con los mayores valores en las categorías III, IV y V. Aquí, los árboles son deformados, muestran defectos severos, dañados o con porcentaje bajo de sobrevivencia. Sucede la misma situación en el manglar de Rejoya, ubicada dentro de las categorías III y IV, pero un 71.4% de individuos se encuentran en la categoría II, la cual revela condiciones buenas en sus fustes. Caso contrario sucede en el manglar de Tamarindo, donde la totalidad de individuos contienen un fuste rollizo totalmente sano, libre de enfermedades; misma situación sucede en el manglar de Puerto Viejo, donde un 54.3% luce muy buenas condiciones en los fustes.

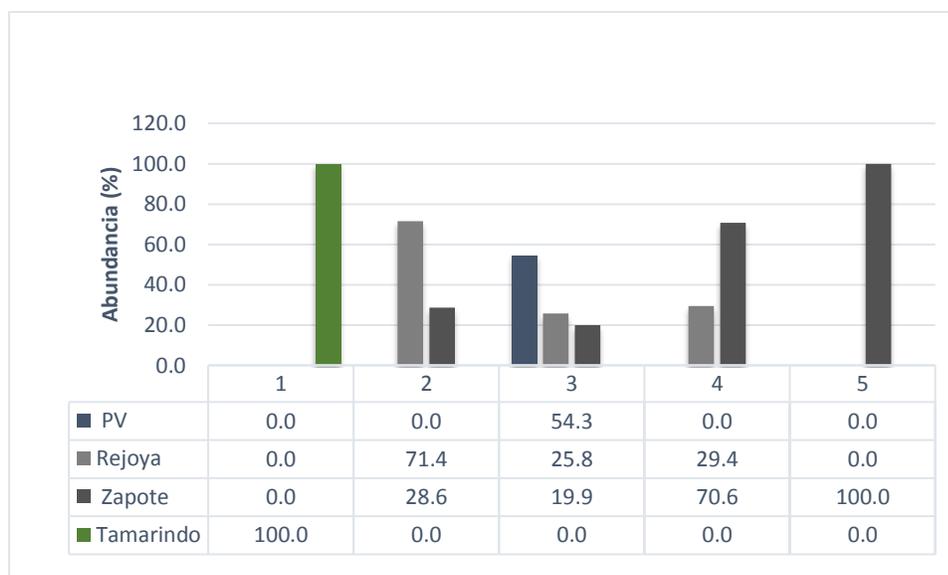


Figura 21. Distribución de la abundancia (%) según la forma del fuste para los manglares dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.

8.3. Comparación parcelas Tamarindo

Según la información obtenida a partir de las parcelas muestreadas en el Manglar de Tamarindo, y mediante la comparación según el distanciamiento de estas con la entrada de agua del estero, se pudo observar que las parcelas ubicadas a 50 y a 250 metros del estero, presentan individuos más desarrollados en el diámetro, por ende, tal condición influye en el cálculo del área basal, donde, por ejemplo, a los 50 y a los 250 metros se obtuvo un área basal de 14,725 m²/ha y 14,675 m²/ha respectivamente. Esto se debe a que los árboles que están a la orilla del parche de manglar muestreado, reciben luz por parte del sol de manera horizontal y vertical, con lo cual se desarrolla de mejor manera con respecto a los individuos muestreados a los ciento cincuenta metros, en donde la entrada del sol se hace de

manera más vertical, por ende, el área basal disminuye a más de 4 m²/ha (Cuadro 10).

Cuadro 10. Diámetro (dap) promedio, altura (H), área basal total (G/sitio y ha) y número de individuos encontrados a variadas distancias dentro del manglar de Tamarindo del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.

Distanciamiento	N°	N°	dap	H	G/ha	%
(m)	Individuos	Individuos/ha	(cm)	(m)		individuos
50	27	675	14,55	10,8	14,73	23,08
150	39	975	9,84	8,4	10,15	33,33
250	51	1275	12,95	11,4	14,68	43,59
Promedio	39	975	12,45	10,2	13,18	33,33
Total	117	2925			39,55	100.00

Dentro del Manglar de Tamarindo, a los cincuenta metros de distancia, se encontró la especie *Rhizophora mangle*, que es la más abundante y de mayor peso ecológico (84.19%), la cual se ubica en la franja más cercana del canal y se mezcla con *Pelliciera rhizophorae*. En la parte del centro del manglar (150 metros), sucede el mismo patrón que se cumplía a los 50 metros, se ubica, pues, a 100 metros del borde del manglar, en donde el *Rhizophora mangle* se mezcla con el *Pelliciera rhizophorae*; dicho caso se proyecta de igual forma, ya que son las parcelas que

están más cercanas al estero y tienen mayor cantidad de salinidad en el suelo (Pizarro & Angulo 1993). En el interior del manglar, a 250 metros del estero, donde los valores de salinidad son menores, la especie *Pelliciera rhizophorae* no se encuentra dentro de las parcelas de muestreo. Se muestrearon individuos de *Avicennia bicolor*, los cuales presentan una abundancia de 3.92% junto con las especies *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*; esta última resulta ser la más abundante (94.12%) y con mayor peso ecológico (229.45%) de todo el Manglar de Tamarindo (Cuadro 11).

Cuadro 11. Abundancia (%), dominancia (%), frecuencia (%) e Índice de Valor de Importancia, a diversas distancias del manglar de Tamarindo dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.

Distanciamiento (m)	Especie	Ab (%)	Dom (%)	Frec (%)	IVI Abs
50	<i>Pelliciera rhizophorae</i>	14,81	3,94	33,33	52,09
	<i>Rhizophora mangle</i>	85,19	96,06	66,67	247,91
	Total	100	100	100	300
	<i>Pelliciera rhizophorae</i>	33,33	14,69	33,33	81,36

150	<i>Rhizophora</i>	66,67	85,31	66,67	218,64
	<i>mangle</i>				
	Total	100	100	100	300,00
	<i>Avicennia bicolor</i>	3,92	11,34	25,00	40,26
250	<i>Laguncularia</i>	1,96	3,34	25,00	30,30
	<i>racemosa</i>				
	<i>Rhizophora</i>	94,12	85,33	50,00	229,45
	<i>mangle</i>				
	Total	100	100	100	300

8.4. Análisis de variables del suelo y su relación con la vegetación

En general, los suelos del área de estudio se caracterizan por presentar valores de pH neutros a alcalinos (5,8 – 8) (Cuadro 12). Al encontrarse con niveles de pH arriba de 7,5 y acercarse a condiciones neutras, no existe la posibilidad de que el Al^+ se encuentre soluble. Esta es una condición normal en los suelos de orden Inceptisoles presentes en las PPM en los manglares de Rejoya, Puerto Viejo y Zapote (Cuadro 14). Mientras, el manglar de Tamarindo presenta suelos de orden Entisol, donde el pH para este sitio está dentro del nivel medio (5,8), son suelos con un alto grado de lixiviación, lo que genera que los nutrimentos se transporten de los

horizontes superficiales como el A hacia horizontes más profundos como el B; lo que genera una decoloración característica de este orden (Méndez y Bertsch 2012).

Con respecto a los micronutrientes que inciden en el crecimiento de los manglares, se muestra que el Cu, Zn y Mn, para los manglares en estudio, exceptuando el de Tamarindo, se encuentran dentro de los niveles medios, donde se denota que, en cada sitio, estos nutrientes están bien distribuidos y en buenas cantidades. El caso de Tamarindo es el que presenta los valores más bajos de cada micronutriente, debido a la gran cantidad de agua que ostenta el suelo, de acuerdo con las visitas de campo efectuadas. Con respecto al Fe, el manglar de Tamarindo incluye el más alto contenido (superior a 100) de dicho micronutriente en relación con los demás sitios, se puede decir que es un factor limitante (tóxico) en suelos que exteriorizan una constante inundación casi toda la época del año (Cuadro 12).

La agrupación de las parcelas en los manglares de Puerto Viejo (32,2%) y la de Zapote (20,2%) presentan los porcentajes de arcilla más altos. En este caso, conforme aumentan los porcentajes de arcillas en el suelo, el desarrollo de los árboles se da de una manera más óptima, ya que, a mayores contenidos de arcillas en el suelo, mayor va a ser la disponibilidad de agua, lo cual favorece el mayor contenido de humedad en el desarrollo de los individuos presentes en estos sitios. Por su parte, en los cuatros sitios muestreados, al disminuir el contenido de arcillas, se da un aumento en los porcentajes de arena (relación indirecta), este comportamiento provoca que haya una menor disponibilidad de nutrientes por la pérdida por lixiviación del suelo al existir mayor drenaje y poca retención de humedad.

Cuadro 12. Relaciones positivas (directas) e inversas (indirectas) de las variables edáficas, para los manglares dentro del Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.

Relaciones directas								Relaciones indirectas	
Nombre del manglar	pH H ₂ O	Cu (µg / ml)	Zn (µg / ml)	Mn (µg / ml)	Fe (µg / ml)	% MO	% Arcilla	Ca+Mg/K	% Arena
Rejoya	7,9	6,2	0,5	18,8	26,6	1,85	16,27	11,43	60,43
Puerto Viejo	7,5	9,9	0,8	14,2	44,6	2,41	32,25	13,05	42,93
Zapote	8	6,3	0,6	24,3	44,2	1,79	20,27	11,26	66,63
Tamarindo	5,8	1,4	0,5	5,3	103	3	19,52	26,38	69,50
Nivel medio	5,6-6,5	3,0-20	2,0-10	6,0-50	11-100	-	-	10,0-40	-

8.5. Diseño de la red de conectividad para el Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC-BC)

8.5.1. Identificación de Ecosistemas Forestales y Áreas Críticas de Conservación

A partir de la digitalización de imágenes aéreas, se identificaron cinco tipos de cobertura presentes dentro de la microcuenca (Cuadro 13). Con esta caracterización de la cobertura, se lograron determinar tres áreas consideradas como ecosistemas forestales aptos para la conectividad de especies, por ejemplo: cobertura forestal (bosques, potrero arbolado, charral arbolado), manglar, donde se logró identificar 22 sitios con esta condición, cuatro de ellos equivalen a los manglares que están en estudio. Por último, la cobertura catalogada como agua, donde se incluyen los bosques riparios que son indispensables para la conexión de ecosistemas forestales, para un 58% de cobertura en el área de estudio.

Por otro lado, se determinaron dos áreas catalogadas como críticas para la conexión de ecosistemas, entre ellas, se tiene: áreas con cobertura agrícola (potreros, charrales y cultivos anuales) y no forestal (calles, edificios, urbanizaciones, complejos hoteleros, entre otros), lo cual abarca un 42% de la cobertura total de la microcuenca.

Cuadro 13. Identificación de los tipos de coberturas y áreas críticas dentro de la microcuenca ubicada en el Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.

Cobertura	Área (has)	Ecosistemas Forestales	Áreas críticas
Forestal	5459,63	X	
Manglar	438,15	X	
Agua (Bosque Ripario)	48,51	X	
Agricultura	1898,29		X
No Forestal	2390,75		X
Total	10235,33		

8.5.2. Propuesta de la red de conectividad para el Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC-BC)

El índice de fricción va a ser el parámetro que impone el desplazamiento de las especies a través de ecosistemas naturales. Los índices con valores más bajos (fricción 1-3) son los que muestran la mayor importancia para la conectividad entre fragmentos paralelos al uso del suelo, y conforme aumente el índice de fricción, se dificulta más la conexión de ecosistemas. Las áreas de conectividad más importantes (índices 1,2 y 3) corresponden a las áreas de mayor cobertura boscosa

y están ubicadas en la parte más cercana a la costa. Por ejemplo, se detectaron dos áreas protegidas, como lo es el Manglar de Tamarindo, ubicado dentro del Parque Nacional Marino Las Baulas, con aproximadamente 348 ha y el Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Conchal, que posee un total de 6 ha de manglar. Dichas áreas se lograron conectar con la red de conectividad ecológica propuesta junto con los manglares de Zapote y Rejoja, gracias a los fragmentos de vocación forestal y a los bosques riparios, ya que la cobertura presente al borde de los ríos son los últimos remanentes boscosos en algunos sectores considerados críticos por su baja cobertura forestal. Estos resultan conectores al encontrarse una calle que divide dos parches de bosque o de cobertura arbolada. Este caso surge para conectar los manglares de Rejoja y Zapote, ya que el lugar donde se encuentran es de carácter urbano, pero al contar con la cobertura ribereña de los ríos, se logró realizar la conectividad ecológica entre los cuatro manglares en estudio (Figura 22).

Para las áreas con valores de fricción entre cuatro y cinco, donde según Céspedes (2006), la calidad del hábitat va de pobre a muy pobre y la conectividad entre ecosistemas es de baja a muy baja, es significativa la implementación de proyectos de restauración ecológica, de tal manera que se pueda aumentar la conectividad entre fragmentos considerables de unidades de ecosistema (Simberloff et al. 1999, Harris et al. 2005). La restauración ecológica trata de recuperar ambientes degradados y reiniciar sus procesos en condiciones similares a las iniciales, de tal forma que se compensen los daños causados por actividades humanas o procesos naturales (Lamb et al. 1997). Esta es una disciplina relevante que incluye el estudio y las técnicas de revegetación, reforestación, rehabilitación, reconstrucción y

mantenimiento de las áreas naturales, tanto en ecosistemas urbanos como rurales (Chassot et al. 2011).

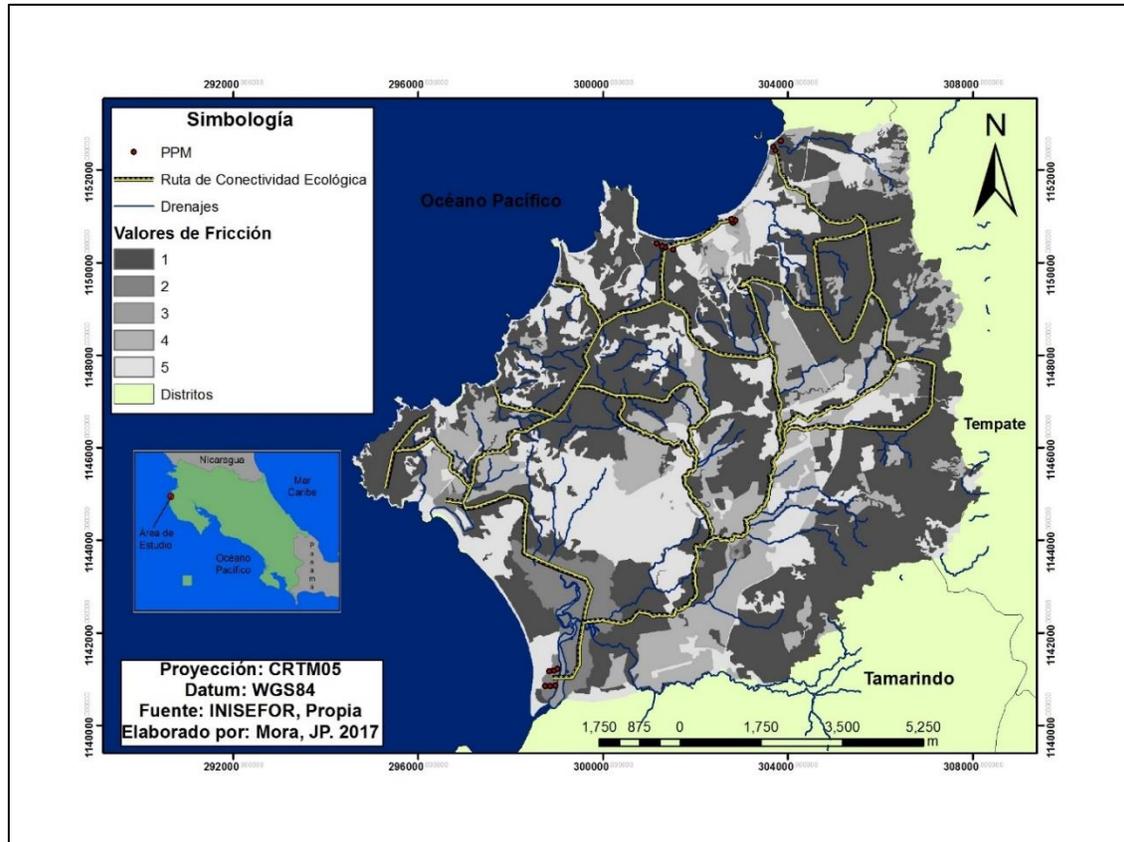


Figura 22. Propuesta de la Red de Conectividad Ecológica mediante el menor costo de desplazamiento para el Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal (CBC), Guanacaste, Costa Rica, 2017.

9. Conclusiones y recomendaciones

- Las especies *Laguncularia racemosa* (Puerto Viejo y Rejoya), *Conocarpus erectus* (Zapote) y *Rhizophora mangle* (Tamarindo) son las que poseen mayor peso ecológico, debido a su alta abundancia, dominancia y frecuencia.
- El manglar que presentó el mayor grado de ocupación (área basal) fue el de Rejoya (17,8 m²/ha), seguido por el de Tamarindo (14,4 m²/ha).
- Las familias con mayor riqueza para los cuatro sitios muestreados fueron la Combretaceae (25%) y Acanthaceae (25%), que aportaron el 50% del total de las especies presentes.
- Las especies *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle* son las únicas que se encuentran presentes en todos los manglares muestreados.
- Los manglares en estudio se caracterizan por ser sitios poco diversos, de acuerdo con los índices de diversidad florística de Shannon y Simpson.
- Los coeficientes de similitud de Jaccard, Sorensen y el Coeficiente de Mezcla, muestran que los sitios en estudio presentan altos porcentajes de similitud entre los manglares, debido a que son ecosistemas particulares cuya diversidad está bastante definida.

- La distribución de individuos por clase diamétrica, únicamente mostró una tendencia de J invertida para los manglares de Puerto Viejo, Zapote y Tamarindo, no así para el área basal.
- De acuerdo con el estado fitosociológico de los cuatro sitios muestreados, Tamarindo es el manglar que se encuentra en mejor conservación en comparación con los demás.
- En el manglar de Tamarindo, las parcelas ubicadas a 50 y 250 metros del estero, presentan individuos más desarrollados en el diámetro.
- Según la ubicación de las parcelas (50 m y 150 m del estero) en el manglar de Tamarindo, las especies que toleran los niveles más altos de salinidad son el *Rhizophora mangle* y *Pelliciera rhizophorae*.
- Las especies menos tolerantes a la salinidad dentro del manglar de Tamarindo, son *Avicennia bicolor* y *Laguncularia racemosa*, ubicadas en las parcelas a 250 m de distancia del estero.
- Es importante darle un seguimiento a las mediciones de las PPM para evaluar el comportamiento de los manglares con el paso del tiempo.

- La propuesta de red de conectividad ecológica, al haberse trabajado solo desde el punto de vista biofísico, se recomienda que sea complementada con los aspectos sociales y de gestión, pues estos no se enfocaron en esta investigación con el fin de establecer la viabilidad real de la ruta de conectividad.
- Si bien la cobertura establecida como agricultura no es muy alta en relación con el área total de estudio, se recomienda investigar su impacto en la funcionalidad de las redes de conectividad propuestas, con el fin de que en el futuro no vayan a establecerse cultivos anuales muy agresivos y deterioren las áreas catalogadas como forestales.
- Para los manglares considerados como disturbados, se recomienda llevar a cabo medidas de restauración con el fin de restablecer sus paisajes, mejorar su entorno acuático y favorecer su regeneración natural, para lograr una mayor integridad ecológica en estos ecosistemas.
- Aumentar o recuperar las zonas de manglares a través de acciones de restauración con el fin de contribuir al mantenimiento de la biodiversidad y favorecer la capacidad para el almacenamiento de carbono como un medio de mitigación del cambio climático, por medio de la creación de viveros con especies de estos ecosistemas.

- Se recomienda restablecer el régimen hidrológico de los manglares afectados por sedimentación y obras de infraestructura como carreteras y barreras, esto para el caso del manglar de Zapote y Rejoja.
- Como medida de mejora y restauración de los manglares, es menester involucrar a las instituciones públicas (ACT, MINAE, Ministerio de Salud de Santa Cruz, Municipalidad de Santa Cruz, ASADAS) y comunidades locales (Asociaciones de Desarrollo y la empresa privada), como trabajo multidisciplinario en las acciones de restauración de estos ecosistemas. Además de llevar acabo medidas en la gestión y manejo de residuos sólidos y líquidos para mantener en buen estado los manglares, así como una adecuada gestión del territorio apegado al plan regulador y a la legislación que protege estos ecosistemas.
- Es importante realizar un estudio profundo de la distribución y abundancia de las especies de mangle, de acuerdo a otros factores como suelo, salinidad, temperatura etc.
- Se recomienda llevar a cabo el estudio realizado en esta investigación para el establecimiento de parcelas permanentes en otros manglares del ACT como, por ejemplo: en el RNVS Cipancí, RNVS Ostional, en Playa Junquillal (Humedal Nandamojo), Playa Avellanas, etc, para establecer conectividad entre ecosistemas costeros y bosques circundantes.

10. Bibliografía

Arias, E; Chacón, O; Herrera, B; Induni, G; Acevedo, H; Coto, M; Bárborak, J. R. 2008.

Las redes de conectividad como base para la planificación de la conservación de la biodiversidad: propuesta para Costa Rica. Recursos Naturales y Ambiente, No. 54: 37 – 43.

Baltodano-Fuentes, A. y J. C. Zamora-Pereira. 2010. Estrategia para la consolidación de la conectividad en un sector del Corredor Biológico San Juan-La Selva: un esfuerzo para preservar las rutas de migración en los ecosistemas mesoamericanos. Lic. en Geografía. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 111 p.

Barrett, GW; Bohlen, PJ. 1991. Landscape ecology. In Hudson, WE. Landscape linkages and biodiversity. Washington, DC. Island Press. pp. 149-161.

Bennett, A. 1998. Enlazando el paisaje: el papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. UICN, Gland, CH/ Cambridge, RU. 276 p.

Bennett, AF. 1999. Linkages in the landscape. The role of corridors and connectivity in wildlife conservation. Gland, Suiza, Cambridge, UK. IUCN. 254 p.

Berry, PE. 2002. Diversidad y endemismo en los bosques Neotropicales de bajura. In Guariguata, MR. y Kattan (eds.). 2002. Ecología y Conservación de Bosques

- Neotropicales. EULAC/GTZ. Primera edición. Ediciones LUR. Cartago, Costa Rica. 83-96 p.
- Bran, C. 2014. Humedales de Zapote y Potrero están en peligro (en línea). Periódico La Nación. San José, CR. Consultado el 28 may. 2014. Disponible en http://www.nacion.com/nacional/Humedales-Zapote-Potrero-peligro_0_1415258545.html
- Camacho, M.; Finegan, B. 1997. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del norte de Costa Rica: Crecimiento diamétrico con énfasis en el rodal comercial. Serie Técnica/Informe Técnico n° 295 CATIE, Turrialba, Costa Rica. 38 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Eds. B Louman, D Quirós y M Nilsson. Turrialba, CR. 265 p.
- Chassot, O; Finegan, B; Monge Arias, G. 2011. Red de conectividad ecológica en el Caribe norte de Costa Rica. Revista Latinoamericana de Conservación 2(1): 60-70.
- Céspedes Agüero, M.V. 2006. Diseño de una red ecológica de conservación entre la Reserva de Biosfera La Amistad y las áreas protegidas del Área de Conservación Osa, Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, CR. 164 p.
- Delgado, D; Finegan, B; Zamora, N; Meir, P. 1997. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa

- Rica: Cambios en la riqueza y composición de la vegetación. Serie técnica. Informe técnico. CATIE, 298, Turrialba Costa Rica. 55 p.
- Farina, A. 2000. Principles and Methods in Landscape Ecology. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. Nederland. 434 p.
- Feoli, S. 2009. Corredores biológicos: una estrategia de conservación en el manejo de cuencas hidrográficas. Kurú: Revista Forestal (Costa Rica) 6 (17). 5 p.
- Finegan, B; Bouroncle, C. 2005. Patterns and impacts of fragmentation in neotropical lowland moist forest, and approaches to their mitigation: a review. In C.A. Harvey and J. Sáenz (editors), Conservation and evaluation of biodiversity in fragmented landscapes of Mesoamerica. Flora C, Flora J, Fey S. 2004. Rural Communities: Legacy and Change. Boulder, CO: Westview Press.
- FONAFIFO. 2012. Estudio de Cobertura Forestal de Costa Rica 2009 – 2010. Cooperación Financiera Alemania – Costa Rica. FONAFIFO. San José, Costa Rica. 26p.
- Fundación Neotrópica-CCT. 1994. Mapa de capacidad de uso de las tierras forestales de Costa Rica (Digitalizado por el CCT).
- García R. 2002. Biología de la Conservación: conceptos y prácticas. Heredia, Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio). 166 p.
- Goldsmith, B. 1991 Monitoring for Conservation and Ecology. Chapman y Hall Medical. London. 275p.

- Hammer, H; Harper, D.A.T; Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Paleontological Data Analysis 4(1). 9pp.
- Hernández, Z. 1999. Cronosecuencia del bosque seco tropical en el Parque Nacional Palo Verde, Bagaces, Costa Rica. Tesis Bach. Cartago, CR: ITCR. Esc. Ingeniería Forestal. 72 p.
- Herrera, W. 1985. Clima de Costa Rica. Vegetación y Clima de Costa Rica. Volumen 2. Gómez, L.D. y Herrera, W. editores. UNED, San José, Costa Rica. 121 p.
- Hector, TS; Carr, M.H; Zwick, P.D. 2000. Identifying a linked reserve system using a regional landscape approach: the Florida ecological network. Conservation Biology 14(4): 984- 1000 p.
- Holdridge, L.R. 1978. Ecología basada en las zonas de vida. San José, CR. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 216 p.
- IDEAM. 2002. Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales Sistema de Información ambiental de Colombia - SIAC - Tomo 1. Conceptos, Definiciones e Instrumentos de la Información Ambiental de Colombia. ISBN: 958-8067-06-5. Bogotá. 293 p.
- Instituto Tecnológico de Costa Rica. 2008. Atlas Digital ITEC 2008. Cartago, Costa Rica.
- IUCN. 2004. The Durban Action Plan (en línea). Consultado 27 may. 2014. Disponible en: <http://cmsdata.iucn.org/downloads/durbanactionen.pdf>

Jiménez, J. 1994. Los Manglares del Pacífico Centroamericano. Heredia, Costa Rica, EFUNA. 336 p.

Jiménez, G. 2000. Propuesta metodológica en el diseño y evaluación de un corredor biológico en la Reserva Forestal Golfo Dulce, Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, CR. 89p.

Kattan, G. 2002. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. In Guariguata, M; y Kattan, G (eds). Ecología y Fragmentación de Bosques Tropicales. Cartago, Costa Rica. Ediciones LUR. 559 – 590 p.

Kauffman, J; Donato, D; Adame, MF. 2013. Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares. Documento de Trabajo 117. Bogor, Indonesia: CIFOR.

Lamb, D. & D. Gilmour. 2003. Issues in forest conservation. Rehabilitation and restoration of degraded forests. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources and World Wide Fund, Cambridge, Inglaterra.

Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Carrillo, A. (Trad.). Eschborn. DE. GTZ (Cooperación Técnico Alemana). 335 p.

Ley de Aguas número 276. 27 de agosto de 1942.

Ley de la Zona Marítimo Terrestre (Ley 6043 del 2 de marzo de 1977).

Ley de Conservación de la Vida Silvestre. (LCVS), Numero 7317, 1993.

Ley Orgánica del Ambiente (Ley N 7554 del 4 de octubre de 1995)

Ley Forestal N 7575. 1996.

Louman, B. Quirós, D; Nilsson, M. 2001. Bases ecológicas. In: Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Turrialba, CR, CATIE. 57 – 62 p.

Magurran, A. 1988. Ecological diversity and its measurement. Croom Helm, London-Sydney.

Manzanero, J. 1999. Evaluación de la estructura y composición florística de la sucesión secundaria en áreas disturbadas, bosque húmedo subtropical en la Concesión Forestal Comunitaria de Carmelita, San Andrés, Petén. Tesis Lic. Petén, GT: Universidad de San Carlos de Guatemala. Esc. Ingeniería Forestal. 190 p.

Matteucci, S.D; Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Secretaría de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D.C. 168 p.

Meli, P. 2003. Restauración ecológica de bosques tropicales. Veinte años de investigación académica. Revista Interciencia. 10(28): 581 – 589.

Melo, O; Vargas, R. 2003. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Ibagué, CO, Universidad del Tolima. 239 p.

Méndez, JC; Bertsch, F. 2012. Guía para la interpretación de los suelos de Costa Rica. San José, CR. ACCS-Editorama. 108 p.

- Monge, A. 1999. Estudio de la dinámica del bosque seco tropical a través de parcelas permanentes de muestreo en el Parque Nacional Palo Verde, Bagaces, Guanacaste, Costa Rica. Tesis Bach. Cartago, CR: ITCR. Esc. Ingeniería Forestal. 65 p.
- Montero, W. 2013. Evaluación de la Composición Florística y Estructura de la Vegetación de la Reserva Biológica San Luis (RNSL) como proceso de Restauración Forestal, San Luis, Puntarenas, Costa Rica. Proyecto de Graduación Lic. UNA. Heredia, Costa Rica. 81 p.
- Montoya, P. 2013. Identificación y caracterización florística del Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Conchal y propuesta de una red de conectividad ecológica en el Área de Conservación Tempisque (ACT), Guanacaste, Costa Rica. UNA. Heredia, Costa Rica. 92p.
- Mora, S. 2000. Estudio de la problemática de los Manglares Lagarto y Malanoche, Playa Samara, cantón de Nicoya, Guanacaste. Tesis Lic. Heredia, Costa Rica, UNA.
- Morera Beita, A.A. 1998. Estructura y composición florística de los bosques secundarios del piso montano alto en la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Tesis M.Sc. Göttingen, DE. Universidad Georgia Augusta de Göttingen. 74 p.
- Murrieta Arévalo, E. 2006. Caracterización de cobertura vegetal y propuesta de una red de conectividad ecológica en el Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca, Costa Rica. Tesis M.Sc CATIE, Turrialba, CR. 141p.

- Nielsen, V; Quesada; M. 2006. Informe Técnico: Ambientes Marino Costeros de Costa Rica. Centro de Investigacion en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica, San José, CR. 23-35 p.
- Noss, RF. 2003. A checklist for wild lands network designs. *Conservation Biology* 17(5): 1270-1275.
- Pérez, R. 2011. Estructura Espacio Temporal del Bosque de Manglar del Refugio de Vida Silvestre Playa Hermosa-Punta Mala, como base para la implementación de acciones de manejo y conservación. Tesis M.Sc UNA. Heredia, CR. 69 p.
- Pizarro, F; Angulo, H. 1993. Diagnóstico de los manglares de la costa Pacífica de Costa Rica. Informe para la Comisión Nacional de Manglares. UICN. San José, Costa Rica. 67 p.
- Pizarro, F; Piedra, L; Bravo, J; Ash, J; Asch, C. 2004. Manual de Procedimientos para el Manejo de los Manglares en Costa Rica. Heredia, Costa Rica, EFUNA. 132 p.
- Primack, R; Roíz, R; Feinsinger, P; Dirzo, R; Massardo, F. 2001. Fundamentos de conservación biológica. México DF. Fondo de Cultura Económica. 797 p.
- Ramos Bendaña, Z. S; & Finegan, B. 2006. Red Ecológica de Conectividad Potencial. Estrategia para el manejo del paisaje en el Corredor Biológico San Juan - La Selva. *Recursos Naturales y Ambiente* No. 49 – 50: 112 – 123 p.
- Restrepo, J; Vivas, J. 2007. Manual metodológico sobre el monitoreo de los manglares del Valle del Cauca y fauna asociada. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR - Santa Marta. 40 p.

Sánchez, H; Ulloa, H.; Tavera, A. 2004. Manual sobre zonificación y planificación para el manejo sostenible de los manglares-Caribe de Colombia. Proyecto PD 60/01 Rev. 1 (F) “Manejo sostenible y restauración de los manglares por comunidades locales del Caribe de Colombia” MINAMBIENTE-CONIF-OIMT, Bogotá. 32 p.

Sánchez Monge, M. 2013. Protocolo de establecimiento y medición de Parcelas Permanentes de Muestreo en bosque natural para la Red de Parcelas Permanentes de Monitoreo de Ecosistemas Forestales (RedMEF). INISEFOR – UNA, Heredia. 47p.

Sandoval Verdugo, G.S. 2009. Análisis del proceso de cambio de uso y cobertura de suelo en la expansión urbana del gran Valparaíso, su evolución y escenarios futuros. Memoria de título profesional de Geógrafo. Universidad de Chile. 85p.

SINAC-MINAE. 2013. Establecimiento de Parcelas de Monitoreo Permanentes (PMP) en el Humedal Nacional Terraba-Sierpe (HNT-S). Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Ministerio de Ambiente y Energía. San José, Costa Rica. 12 p.

Simberloff D & Cox J. 1987. Consequences and costs of conservation corridors. *Conservation Biology* 1: 63- 71.

SINAC. 2013. Panfleto informativo del Refugio Nacional de Vida Silvestre Conchal. Área de Conservación Tempisque (ACT). 2p.

SINAC-MINAE. 2007. GRUAS II: Propuesta de ordenamiento territorial para la conservación de la biodiversidad de Costa Rica. Volumen 1. Análisis de vacíos

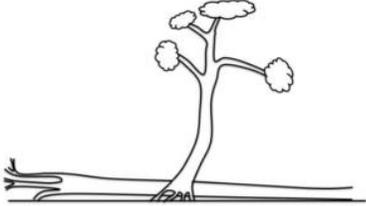
- en la representatividad e integridad de la biodiversidad terrestre. Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Ministerio de Ambiente y Energía. San José, Costa Rica. 100 p.
- Skole, D; Tucker, C. 1993. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978 to 1988. *Science* 260, 1905–1910.
- Tischendorf, L; Fahrig, L. 2000. On the usage and measurement of landscape connectivity. *Illumina* 90 (1): 7-19 p.
- UICN. 2015. Especies para Restauración (en línea). Consultado 5 may 2017. Disponible en: <http://www.especiesrestauracion-uicn.org/index.php>
- Useche Rodríguez, D.C. 2006. Diseño de redes ecológicas de conectividad para la conservación y restauración del paisaje en Nicaragua, Centroamérica. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, CR. 233p.
- Valerio, J; Salas, C. 1997. Selección de prácticas silviculturales para bosques tropicales. Manual técnico – Proyecto de manejo sostenible (BOLFOR). San Cruz, BO, El País. 85p.
- Valiela, I; Bowen, J; York, J. 2001. Mangrove forests: one of the world's threatened major tropical environments. *BioScience* 51 (10). 807-815 p.
- Vargas, G. 1993. Costa Rica y sus ambientes naturales. Euroamericana de ediciones S.A. San José, Costa Rica.

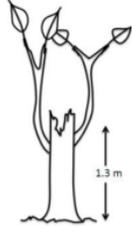
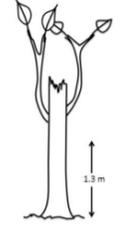
Villalobos, M; Alvarado, B. 2012. Estructura, composición florística, biomasa y carbono arriba del suelo en los manglares Laguna de Gandoca y Estero Moín, Limón, Costa Rica. Kurú: Revista Mesoamericana Forestal (Costa Rica) 9 (23).

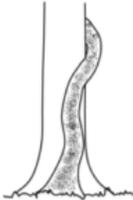
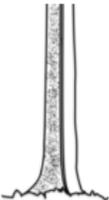
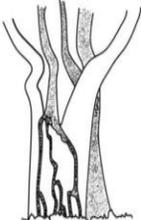
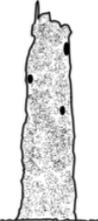
Yáñez, A; Lara, A. 1999. Ecosistemas de Manglar en América Tropical. Instituto de Ecología, A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. 380.

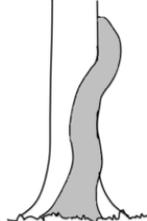
11. Anexos

Anexo 1. Clasificación de la condición de los individuos por identificar en las PPM, en el Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal, Guanacaste, Costa Rica.

Caso	Descripción	Código
	Árbol vivo, recto, en pie	1
	Árbol inclinado pero con proyección vertical.	2
	Árbol totalmente inclinado.	3
	Árbol vivo caído.	4
	Árbol vivo caído con rebrotes que tienen raíces.	5

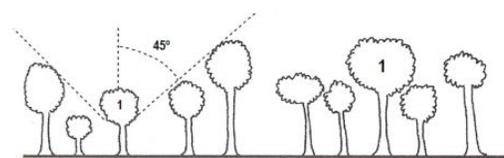
Caso	Descripción	Código
	Árbol cortado (tocón).	6
	Árbol cortado pero presenta rebrotos.	7
	Árbol quebrado al 1,30m o por debajo del 1,30m.	8
	Árbol quebrado por encima del 1,30m.	9
	Árbol con anomalías al 1,30m.	10

Caso	Descripción	Código
	<p>Árbol con trepadoras o árboles parásitos que miden más de 10 cm de grosor al 1,30 m</p>	11
	<p>Dos o más árboles contiguos que no permiten el paso de la cinta</p>	12
	<p>Grupo de árboles que ocupan el mismo sitio</p>	13
	<p>Árbol muerto en pié</p>	14
	<p>Árbol muerto caído</p>	15

Caso	Descripción	Código
	Árbol no encontrado	16
	Lianas o bejucos, pueden estar enredadas en los árboles o postradas	17

Fuente: Sánchez, 2013.

Anexo 2. Iluminación de copa y clasificación del dosel para los individuos identificados en las PPM, en el Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal, Guanacaste, Costa Rica.

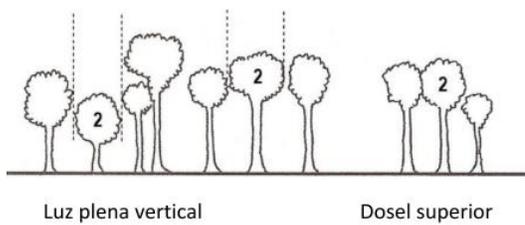
Iluminación de copa – clasificación del dosel	Descripción
	1
Árbol en claro	Árbol en claro o Emergente: parte superior de la copa totalmente expuesta a luz vertical y libre de competencia lateral, al menos en un cono
Emergente	

***Iluminación de copa – clasificación del
dosel***

Descripción

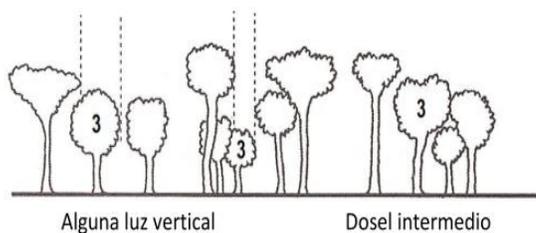
invertido de 90° con el vértice en el punto de la base de la copa.

2



Luz plena vertical o Dosel superior: parte superior de la copa plenamente expuesta a luz vertical, pero adyacente a otras copas de igual o mayor tamaño dentro del cono de 90°.

3

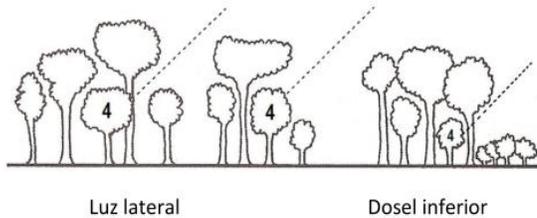


Alguna luz vertical o Dosel intermedio: parte superior de la copa expuesta a luz vertical, o parcialmente sombreada por otras copas.

***Iluminación de copa – clasificación del
dosel***

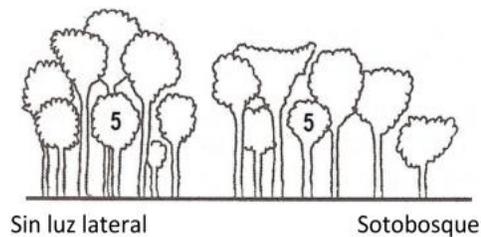
Descripción

4



Luz lateral o Dosel inferior:
parte superior de la copa
enteramente sombreada de luz
vertical, pero expuesta a
alguna luz directa lateral
debido a un claro o borde del
dosel superior.

5



Sin luz lateral o Sotobosque:
parte superior de la copa
enteramente sombreada tanto
de luz vertical como lateral.

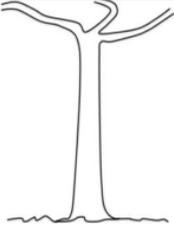
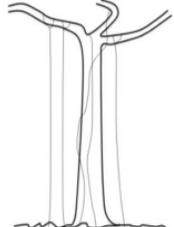
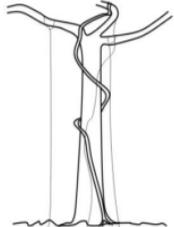
Fuente: Dawkins (1958), modificado por Camacho (2000).

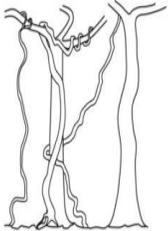
Anexo 3. Clasificación de forma de copa para los individuos identificados en las PPM, en el Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal, Guanacaste, Costa Rica.

<i>Forma de copa</i>	<i>Descripción</i>
	<p style="text-align: center;">1</p> <p>Copa perfecta, círculo completo.</p>
	<p style="text-align: center;">2</p> <p>Copa buena, círculo irregular.</p>
	<p style="text-align: center;">3</p> <p>Copa tolerable, media copa.</p>
	<p style="text-align: center;">4</p> <p>Copa pobre, menos de media copa.</p>
	<p style="text-align: center;">5</p> <p>Copa muy pobre, una rama o pocas ramas</p>

Fuente: Dawkins (1958), modificado por Camacho (2000).

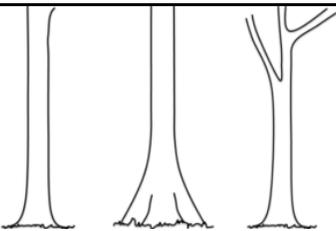
Anexo 4. Clasificación de presencia de lianas para los individuos identificados en las PPM, en el Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal, Guanacaste, Costa Rica.

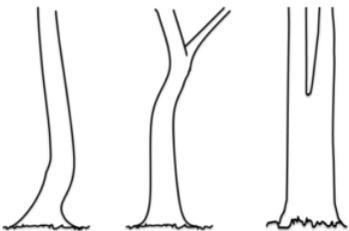
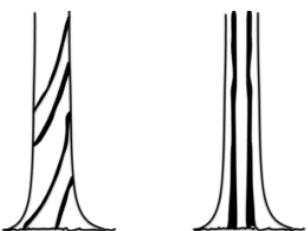
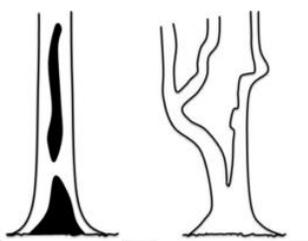
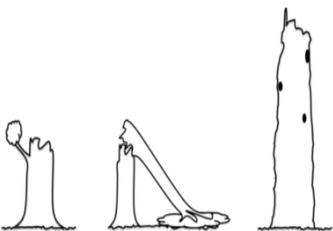
<i>Representación</i>	<i>Descripción</i>	<i>Código</i>
	Libre: árbol libre de bejucos y lianas.	1
	Leve: presencia de bejucos delgados, no leñosos que bajan desde las ramas, están presentes en el fuste o la combinación de ambas.	2
	Moderada: presencia de bejucos delgados no leñosos y algunas pocas lianas leñosas que bajan desde las ramas, están presentes en el fuste o la combinación de ambas.	3

<i>Representación</i>	<i>Descripción</i>	<i>Código</i>
	<p>Abundante: presencia de muchas lianas leñosas gruesas que bajan desde las ramas, están presentes en el fuste o la combinación de ambas. Incluso lianas que provienen de otros árboles.</p>	4

Fuente: Sánchez, 2013.

Anexo 5. Clasificación de formas de fuste para los individuos identificados en las PPM, en el Corredor Biológico Costero Baulas-Conchal, Guanacaste, Costa Rica.

<i>Representación</i>	<i>Descripción</i>	<i>Código</i>
	<p>Fuste rollizo en la mayoría de su extensión.</p>	1

<i>Representación</i>	<i>Descripción</i>	<i>Código</i>
	<p>Fuste con una sección rolliza aserrable, aunque presenta torceduras o bifurcaciones.</p>	2
	<p>Fuste con grano en espiral o acanalado, no aserrable (podría ser utilizado para postes decorativos)</p>	3
	<p>Fuste con podredumbres, completamente hueco, o con formas no rollizas.</p>	4
	<p>Fuste dañado gravemente o en descomposición.</p>	5

Fuente: Departamento de Recursos Naturales y Ambiente (CATIE), 2013, citado por Sánchez

2013.

