



Universidad Nacional de Costa Rica
Facultad de Tierra y Mar
Escuela de Ciencias Ambientales

Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Ciencias
Forestales: Manejo Forestal

Modalidad: Pasantía

**“Stock de carbono en el bosque natural y en sitios de regeneración asistida en la
Estación Biológica Osa Verde y su aporte a la mitigación del cambio climático”**

Tutor:
M.Sc. Luis Guillermo Acosta Vargas
Lectores:
M.Sc. Ronny Villalobos Chacón
M.Sc. Jonathan Navarro Picado

Estudiante:
Paulina María Salazar Corrales

Heredia, Costa Rica
Agosto, 2022

Hoja de miembros del tribunal

Pasantía de Grado presentada a la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ciencias Forestales con énfasis en Manejo Forestal


Tribunal examinador

PhD. Federico Alice Guier
Representante del Decanato
de la Facultad de Ciencias de la
Tierra y el Mar

MSc. Damián Sánchez Rodríguez
Representante de la Escuela de
Ciencias Ambientales

M.Sc. Luis Guillermo Acosta Vargas
Tutor de pasantía


LUIS
GUILLERMO
ACOSTA
VARGAS (FIRMA)



Firmado digitalmente
por LUIS GUILLERMO
ACOSTA VARGAS
(FIRMA)
Fecha: 2022.08.19
12:57:01 -06'00'

M.Sc. Ronny Villalobos Chacón
Lector de pasantía

RONNY
VILLALOBOS
CHACON (FIRMA)



Firmado digitalmente
por RONNY VILLALOBOS
CHACON (FIRMA)
Fecha: 2022.08.22
11:38:01 -06'00'

M.Sc. Jonathan Navarro Picado
Lector de pasantía

Paulina María Salazar Corrales
Estudiante

Resumen

Los bosques desempeñan un papel importante en el ciclo del carbono, al presentar degradación estos desfavorecen la capacidad para almacenar carbono en la vegetación y aumentan las emisiones. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el estado silvicultural de los ecosistemas forestales en la Estación Biológica Osa Verde, Puerto Jiménez, para determinar la capacidad de contribuir a la mitigación del cambio climático. Se implementaron tres parcelas cuadradas de 5042 m² para el Ecosistema de Referencia (ER). En las parcelas de Regeneración Asistida (RA) establecidas de previo por la organización, se tomaron como referencia 20 unidades cuadradas de 5042 m², cinco por cada tratamiento (L= 0% balsa, todos los individuos son especies autóctonas, M= el 33% de los árboles son balsa y 67% de otras especies nativas, H= el 75% son balsa y 25% de otras especies nativas y N= no se plantaron árboles, las parcelas son testigo o control del experimento). Dentro de cada unidad de muestreo se midió el DAP (≥ 10 cm) la altura y se identificó la especie de todos los árboles plantados o remanentes. Se realizaron dos infografías con información de cambio climático para dos grupos meta. Se planificó un taller dinámico presencial para niños, niñas y jóvenes, donde se aplicaron encuestas a los participantes, estas fueron recopiladas y analizadas para conocer la comprensión de las personas sobre el cambio climático. La clase diamétrica con mayor abundancia en las parcelas de RE y RA fue la de 10 a 19,9 cm. Conforme aumentó el proceso sucesional del ecosistema se incrementó el área basal. El porcentaje de heliófilas durables fue mayor en el ER, y en la RA fue variado y altamente ligado a las especies clasificadas según el objetivo de cada uno de los tratamientos. El uso de la balsa (*Ochroma pyramidale*), ayuda a generar condiciones más idóneas para la regeneración de otras especies y del bosque. El stock de carbono para el ER es de 158,41 Mg* ha y en la RA el promedio para cada tratamiento fue de 14,5 Mg, 13,7 Mg, 13,4 Mg y seis Mg para H, N, M y L, respectivamente. Se replicó ocho veces un taller dinámico presencial, asistieron participantes entre los seis y 22 años. Los resultados fueron positivos porque las personas entienden el significado de “cambio climático”, pero la mayoría no conoce sobre sus causas, efectos y acciones a tomar para mitigar su impacto.

Dedicatoria

A Dios, quien me ha dado todo y que por medio del Espíritu Santo dirige mis pasos.

A mamita Xinia Corrales Herrera y a papá Sergio Salazar Quesada por creer en mí, por enseñarme lo que es el amor más puro e incondicional.

A mis hermanas Anita, Lili, Faby, Jaci y hermanos Félix, Ito y Nachito por apoyarme y hacerme sentir que cuando les necesitaré estaban ahí para mí.

A mi tía Lucí, por chinearne, escucharme y recibirme en su hogar haciéndome sentir como en casa.

A dos excelentes profesionales William Fonseca González y Luis Guillermo Acosta Vargas, por no dejar que perdiera los ánimos cuando más lo necesite.

Agradecimientos

A Diosito, por demostrarme su gran amor y bondad, por darme tantas maravillas por las que sonreír a lo largo de esta aventura de licenciatura. Gracias por estar presente en cada etapa de mi vida ofreciéndome lo mejor, gracias por cada detalle, eres fiel a tus promesas.

A mi familia, mi pilar de mayor importancia, principalmente a mamita y a papá, quienes me enseñaron que puedo lograr todo lo que me proponga de la mano de Dios. A mis hermanas y hermanos por estar siempre presentes acompañándome a lo largo de esta etapa. Gracias a Tía Lucí por ser bendición para mí, estaré eternamente agradecida por amarme y recibirme como una hija.

A los profesores y comité asesor que me acompañaron en el proceso, desde que empecé en el proyecto del Parque Nacional Isla del Coco hasta concluir en Península de Osa, gracias, William Fonseca, Luis Guillermo Acosta, Esteban Herrera, Ronny Villalobos y Jonathan Navarro, siempre fueron un gran apoyo para mí en todo momento.

A las amistades tan lindas que conocí en Península de Osa, quiero agradecer a Don Pipo por ser como un papá para mí, a Doña Emi por chinearme tanto, a Yuli y Manchas, Johan, Kassandra, Julia, Marvin, Paulina (tocaya) y Gil por ser como mis hermanos y hermanas en mi estadía por Piro y Puerto Jiménez, gracias por dejar huella en mi corazón. A Fray, Holly, Dennis Tenorio, Jonathan, Frances y Roberto por sudarse la camisa conmigo en campo y compartir una que otra locura. A Javier y Vera por apoyarme y ser los causantes de la oportunidad de realizar la pasantía en la ONG.

A Chonga, Kenry, Damaris, Alex, Henry, Adrián, Don Marco, Elisa, Luis, Eliecer, Neil, Carolina, Barbará, Jen, Leo Ramírez, Obed, Marilaura, Debby, Don Miguel, Sergio y Hilary por también ser parte de la gran aventura de estar en Osa y demostrarme un gran cariño.

Quiero agradecer a Conservación Osa y a María José por abrirme las puertas de la organización cuando más lo necesite, gracias por el apoyo y por permitirme conocer a personas tan especiales y a tesoros naturales tan únicos e inolvidables.

Índice general

.....	1
1 Introducción y justificación	16
2 Objetivos.....	18
2.1 Objetivo general.....	18
2.2 Objetivos específicos	18
3 Marco teórico.....	19
3.1 Cambio climático (mitigación)	19
3.2 Bosques tropicales y la importancia de su estudio.....	20
3.3 Servicios ecosistémicos de los bosques	20
3.4 Medición de biomasa y carbono	21
3.5 Restauración ecológica	22
3.6 Especies pioneras y diseño establecido en las parcelas de regeneración asistida.....	24
3.7 Educación ambiental y extensión comunitaria.....	26
4 Marco metodológico	29
4.1 Descripción del sitio.....	29
Mapa de ubicación	29
Caracterización del sitio.....	30
4.2 Parcelas de regeneración asistida	31
Experimento de regeneración previo a el presente estudio.....	31

4.3	Diseño de muestreo para el presente estudio de las parcelas de regeneración asistida ..	32
4.4	Diseño de muestreo de las parcelas del ecosistema de referencia (ER)	32
4.5	Procesamiento de datos	33
4.6	Medición y/o cálculo de variables.....	33
	Estructura horizontal y vertical.....	33
4.7	Diversidad florística	36
	Índice de valor de importancia (I.V.I)	36
	Índice de Shannon-Wiener.....	36
	Índice de Simpson.....	36
	Gremios ecológicos.....	37
4.8	Cuantificación de biomasa aérea.....	37
4.9	Cuantificación de carbono.....	37
4.10	Educación y extensión comunitaria	37
5	Resultados y discusión	39
5.1	Abundancia de individuos	39
	Ecosistema de referencia.....	39
	Regeneración asistida.....	41
	Comparación del Ecosistema de referencia y Regeneración asistida	43
5.2	Distribución diamétrica de los árboles	44
	Ecosistema de referencia.....	44

Regeneración asistida.....	46
5.3 Distribución de árboles por estratos de altura	48
Ecosistema de referencia.....	48
Regeneración asistida.....	49
5.4 Área basal.....	50
Área basal del ecosistema de referencia	50
Área basal de regeneración asistida	51
Comparación del área basal del ecosistema de referencia y regeneración asistida.....	51
5.5 Distribución de área basal por clase diamétrica	52
Ecosistema de referencia.....	52
Regeneración asistida.....	53
5.6 Distribución de área basal por estrato vertical	54
Ecosistema de referencia.....	54
Regeneración asistida.....	55
5.7 Gremios ecológicos	57
Gremios ecológicos ecosistema de referencia	57
Gremios ecológicos regeneración asistida	60
5.8 Índice de Valor de Importancia.....	62
Índice de Valor de Importancia ecosistema de referencia	62
Índice de Valor de Importancia regeneración asistida.....	64

5.9	Índice de Shannon-Wiener e Índice de Simpson	67
	Índice de Shannon-Wiener e Índice de Simpson Ecosistema de referencia	67
	Índice de Shannon-Wiener e Índice de Simpson regeneración asistida.....	68
5.10	Carbono	69
	Carbono almacenado en el ecosistema de referencia y en regeneración asistida.....	69
5.11	Distribución de carbono por clase diamétrica	71
	Distribución de carbono por clase diamétrica en el ecosistema de referencia	71
	Distribución de carbono por clase diamétrica en regeneración asistida	73
5.12	Distribución de carbono por estratos verticales.....	75
	Distribución de carbono por estratos verticales en el ecosistema de referencia	75
	Distribución de carbono por estratos verticales en regeneración asistida.....	76
5.13	Distribución de carbono por gremio ecológico.....	77
	Distribución de carbono por gremio ecológico en el ecosistema de referencia	77
	Distribución de carbono por gremio ecológico en regeneración asistida.....	78
5.14	Educación y extensión comunitaria.....	80
6	Análisis FODA de la organización	86
7	Conclusiones.....	88
8	Recomendaciones	90
9	Referencias bibliográficas.....	91
10	Anexos	102

.....	106
11 Apéndices.....	116

Índice de cuadros

Cuadro 1. Características de suelo, hidrología, clima, zona de vida, actividades socioeconómicas de la zona de estudio.	30
Cuadro 2. Fórmulas para el cálculo de variables.....	35
Cuadro 3. Análisis de las fortalezas, amenazas, deficiencias y oportunidades de mejora de los procesos realizados en la organización.	86

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de ubicación de la Estación Biológica Osa, Sector Piro, Puerto Jiménez, Golfito.	29
Figura 2. Especies registradas en cada familia botánica en el bosque de referencia, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.	40
Figura 3. Número familias, géneros y especies en cada parcela de muestreo en el bosque de referencia, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.....	41
Figura 4. Familias, géneros y especies en los tratamientos de las parcelas de regeneración asistida, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2021.....	42

Figura 5. Número de individuos en las parcelas de muestreo en el bosque de referencia y en los tratamientos de regeneración asistida, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.	44
Figura 6. Distribución diamétrica de los árboles en el bosque de referencia, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.....	46
Figura 7. Distribución diamétrica de los árboles en los tratamientos de las parcelas de regeneración asistida, Estación biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2021.	47
Figura 8. Distribución de los árboles por estratos de altura en el bosque de referencia, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.	49
Figura 9. Distribución de los árboles por estratos en el bosque de referencia, Estación biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2021.....	50
Figura 10. Área basal en las parcelas de muestreo en el bosque de referencia y tratamientos de regeneración asistida, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.	52
Figura 11. Distribución del área basal por clase diamétrica en el bosque de referencia, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.	53
Figura 12. Distribución del área basal por clase diamétrica en los tratamientos de las parcelas de regeneración asistida, Estación biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2021.....	54
Figura 13. Distribución de área basal por estrato vertical en el bosque de referencia, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.	55
Figura 14. Distribución de área basal por estrato vertical en las parcelas de regeneración asistida, Estación biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2021.	57
Figura 15. Clasificación de las especies según los gremios ecológicos en el bosque secundario de referencia, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.....	59

Figura 16. Clasificación de las especies según los gremios ecológicos en los tratamientos de regeneración asistida, Estación biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.....	62
Figura 17. Índice de Valor de Importancia en el bosque de referencia de referencia, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.	63
Figura 18. Índice de Valor de Importancia en el tratamiento H de las parcelas de regeneración asistida, Estación biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.	65
Figura 19. Índice de Valor de Importancia en el tratamiento M de las parcelas de regeneración asistida, Estación biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.	66
Figura 20. Índice de Valor de Importancia en el tratamiento L de las parcelas de regeneración asistida, Estación biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.	66
Figura 21. Índice de Valor de Importancia en el tratamiento N de las parcelas de regeneración asistida, Estación biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.	67
Figura 22. Índice de Shannon-Wiener e Índice de Simpson en los tratamientos de las parcelas de regeneración asistida, Estación biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.....	68
Figura 23. Carbono almacenado en las parcelas de muestreo en el ecosistema de referencia y tratamientos de regeneración asistida, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.	71
Figura 24. Distribución de carbono por clase diamétrica en el ecosistema de referencia, Estación biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.....	73
Figura 25. Distribución de carbono por clase diamétrica en las parcelas de regeneración asistida, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.....	75
Figura 26. Distribución de carbono por estratos de altura en el ecosistema de referencia, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.	76

Figura 27. Distribución de carbono por estratos de altura en los tratamientos de regeneración asistida, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.....	77
Figura 28. Distribución de carbono por gremio ecológico en ecosistema de referencia, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.	78
Figura 29. Distribución de carbono por gremio ecológico en las parcelas de regeneración asistida, Estación Biológica Piro Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.....	80
Figura 30. Edades de las personas participantes de los talleres de educación impartidos a Grupos Ambientales Organizados dentro de la Península de Osa, en Puerto Jiménez, Golfito.	81
Figura 31. Primera pregunta de la encuesta a participantes del taller de educación en Puerto Jiménez, Golfito: ¿Qué cree usted que es el de Cambio Climático?.....	82
Figura 32. Segunda pregunta de la encuesta a participantes del taller de educación en Puerto Jiménez, Golfito: ¿Cuáles son actividades que ocasionan el cambio climático?.....	83
Figura 33. Tercera pregunta de la encuesta a participantes del taller de educación en Puerto Jiménez, Golfito: De las opciones proporcionadas ¿Cuáles están relacionadas con cambio climático?.....	84

Índice de anexos

Anexo 1. Distribución de parcelas y aplicación de tratamientos en RA.....	102
Anexo 2. Lista de especies nativas plantadas en cada parcela, RA	103
Anexo 3. Metodología para medir DAP (Camacho, 2000).	104
Anexo 4. Distribución de las tres parcelas del ecosistema de referencia.....	105
Anexo 5. Parada estratégica para ver el efecto del Cambio Climático en la pérdida de los bordes de la playa	106

Anexo 6. Medición del diámetro de un árbol, para saber la absorción de dióxido de carbono y la producción específica de oxígeno.....	106
Anexo 7. Explicación de que es una parcela permanente y el objetivo de la investigación del presente estudio.....	107
Anexo 8. Visita a la parcela dos (unidad muestral permanente del bosque del presente estudio) para la explicación de cómo hacer la medición de diámetro y para qué sirve en la regeneración.	107
Anexo 9. Participantes de uno de los talleres, con su bitácora, donde contestaban las preguntas.	108
Anexo 10. Lista de especies encontradas en el bosque secundario de referencia, según familia, gremio ecológico e Índice de Valor de Importancia (IVI).....	108
Anexo 11. Lista de especies encontradas en las parcelas de regeneración asistida, según tratamiento, familia, gremio ecológico e Índice de Valor de Importancia (IVI).	111
Anexo 12. Respuesta de las encuestas en las bitácoras proporcionadas en los talleres presenciales.	113
Anexo 13. Preguntas generadoras en el bosque de: ¿Que es dióxido de carbono? ¿qué función cumplen los árboles al adsorber del aire ciertos compuestos contaminantes?.....	115

Índice de apéndices

Apéndice 1. Infografía parte uno para redes sociales con información de cambio climático y algunos impactos.....	116
---	-----

Apéndice 2. Infografía parte dos para redes sociales con información de cambio climático, acciones para mitigar los efectos del cambio climático y la importancia de la vegetación arbórea para este 117

Apéndice 3. Preguntas proporcionadas en la bitácora-folleto en del taller educativo. Está encuesta se aplicó a todas las personas participantes del taller impartido de manera presencial (edades de 6 a 22 años). 118

Apéndice 4. Preguntas generadoras a las personas participantes del taller educativo. Está encuesta se aplicó a los niños, y niñas que participaron en el taller impartido de manera presencial (edades de 6 a 22 años). De manera indirecta se les pregunto sobre que perciben o conocen sobre cambio climático..... 119

1 Introducción y justificación

Las regiones de Osa y Golfito, por sus características complejas y de aislamiento, presentan ecosistemas de importancia mundial con alta fragilidad de conservación (Rosero-Bixby et al., 2002). Los bosques secundarios de estos cantones tienen un gran potencial para la conservación y la conectividad de áreas con alto valor ecológico como los Parques Nacionales Corcovado y Piedras Blancas. Estos parques resguardan y potencializan el desarrollo de especies de bosques primarios, endémicas y en diferentes estados de amenaza, incluyendo en peligro de extinción (Morales-Salazar et al., 2013).

Sin embargo, los bosques de Osa y alrededores presentan una creciente degradación, desfavoreciendo la capacidad de fijación de carbono en estos sitios y favoreciendo el aumento en emisiones (Dirzo et al., 2014). La degradación está siendo principalmente provocada por la mala gestión de tierras arables, grandes extensiones de pastizales con fines ganaderos, el uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas, el desmonte de tierras marginales para el cultivo, el vertimiento incontrolado de desechos y una deficiente planificación de la utilización de las tierras (Munguía y Zúñiga, 2013).

Estos factores provocan efectos negativos en el almacenamiento de carbono, uno de los servicios ambientales más importantes que brindan los bosques, porque mitiga los efectos del cambio climático (Dirzo et al., 2014). Entre las prácticas de gestión forestal que contribuyen a aumentar la fijación de carbono cabe recalcar la forestación, reforestación y restauración forestal, favoreciendo al aumento de las reservas tanto en biomasa aérea como en los suelos (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2010). Asimismo, al evaluar los bosques en las diferentes etapas de la sucesión, los cambios estructurales, florísticos y funcionales, se obtiene información elemental para crear estrategias de conservación y favorece la toma de decisiones en el manejo de los bosques (Morales-Salazar et al., 2013).

Otras acciones importantes de implementar en el sitio de estudio según Dirzo et al. (2014), es formular e implementar planes de acción multidisciplinarios sostenibles, con el fin de reducir las amenazas a la conectividad e integridad de los ecosistemas terrestres. También, es necesario potenciar el involucramiento y la participación de los diferentes actores sociales, para forjar un cambio cultural hacia el desarrollo sostenible. Al fortalecer el conocimiento teórico-práctico de las

poblaciones en el manejo de los recursos, se logra mejorar el uso adecuado de estos, y con ello se propicia una mejor calidad de vida de las comunidades y las organizaciones (Dirzo et al., 2014).

Es por esto, que el 2003 nace la Organización No Gubernamental (ONG) Conservación Osa, dedicada a proteger la biodiversidad de la Península de Osa (Osa Conservation, 2020). Esta organización cuenta con varias estaciones experimentales, entre ellas, la Estación Biológica Osa (Piro). Conservación Osa, ostenta diversos programas en los temas de conservación y restauración del hábitat, siendo uno de ellos el de Restauración y Refaunación; enfocado a acelerar la recuperación y aumentar la resiliencia de los nuevos bosques, a través de estrategias de reforestación, refaunación y educación (Osa Conservation, 2020).

En el año 2017, nació el proyecto experimental de restauración ecológica ubicado en la Finca Orgánica Osa Verde, en Playa Piro, Puerto Jiménez. El proyecto tiene como objetivo activar y acelerar la restauración del sitio con la forestación de especies heliófilas nativas (pioneras), en combinación con técnicas de refaunación pasiva, monitoreando la estructura, la función y la vida silvestre del bosque. Asimismo, este busca que sea un proceso que contribuya a la mitigación del cambio climático de manera accesible, eficiente y rentable (Mata-Quirós, 2020).

Es por ello por lo que, surge la necesidad de cuantificar el CO₂ de la regeneración asistida en la finca como línea base para compararlo con un ecosistema de referencia aledaño al sitio. Esta investigación permitirá inventariar los recursos forestales, el servicio ecosistémico de fijación de carbono en la finca, para futuros estudios, comparar los cambios en el largo plazo de la regeneración y restauración de los ecosistemas de la zona. Además, brindará información a la ONG de la población circundante para determinar la capacidad de mitigación y adaptación al cambio climático (CC) de la región, junto con la generación de insumos para la resolución de problemas socioambientales a futuro.

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

Evaluar el estado silvicultural de los ecosistemas forestales en la Estación Biológica Osa Verde, Puerto Jiménez, para determinar la capacidad de contribuir a la mitigación del cambio climático.

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar la estructura y composición florística en el ecosistema de referencia para conocer el potencial de regeneración de la cobertura forestal en el sitio.
- Cuantificar el almacenamiento de carbono en los sitios de regeneración asistida y en el ecosistema de referencia en la Estación Biológica Osa Verde, para determinar la capacidad de mitigación del cambio climático.
- Elaborar material educativo sobre la importancia de la regeneración del bosque en la mitigación y adaptación al cambio climático para incrementar el conocimiento de las comunidades sobre el tema.

3 Marco teórico

3.1 Cambio climático (mitigación)

“El cambio climático es quizás el mayor problema que enfrenta la humanidad, razón suficiente para brindarle la atención requerida y asignar recursos para generar información que pueda evitar un desastre mayor” (Fonseca, 2016, p.2). Se llama cambio climático a la variación global del clima del planeta tierra. Esta variación se debe a causas naturales y a perturbaciones de origen antrópico. Sus efectos se ven reflejados, a muy diversas escalas de tiempo, en la dinámica de factores climáticos como temperatura, precipitación más elevada, nubosidad, modificación de pautas pluviales, fenómenos climáticos extremos, entre otros (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2020 y Soto-Montoya, 2011).

Según Hugel (2018), Aparisi (2019), González-Guerrero et al. (2017), los cambios en la distribución espacio temporal de los ecosistemas arbóreos son un reflejo de la dinámica del clima (cubierta nival, humedad del suelo, duración del periodo de crecimiento, elevado régimen de incendios, cambios en la idoneidad de las especies, etc.). Así mismo, por los cambios provocados por las perturbaciones de origen antrópico como la deforestación, quemas con finalidades: agrícolas, ganaderas, urbanísticas o lúdicas, entre otros.

La rehabilitación de tierras degradadas se incluye en la gama de posibles acciones humanas para mitigar el calentamiento global (Soto-Montoya, 2011). Sin embargo, se deben considerar las implicaciones del cambio climático para implementar prácticas más amplias en restauración ecológica. La probabilidad de la restauración de las condiciones históricas de los ecosistemas no es fácil, o incluso posible, en las cambiantes condiciones biofísicas del futuro (Harris et al., 2006). Es por ello por lo que, se sugieren mayores consideraciones y debate sobre las implicaciones del cambio climático para la práctica de la restauración (Grassi et al., 2017). Es necesario contar con información confiable para hacer una correcta gestión ambiental y poder así combatir el calentamiento global (Soto-Montoya, 2011).

En el mundo se estima que hay 850 millones de hectáreas de bosques degradados, estas podrían restaurarse y rehabilitarse con el fin de contribuir a la mitigación del cambio climático y a la adaptación a sus efectos (FAO, 2010). Con las crecientes presiones sobre los bosques a nivel mundial es importante comprender los patrones y los controles sobre la biomasa y la dinámica forestal; principalmente en los trópicos húmedos donde la absorción del CO₂ terrestre puede ser

muy alta asociada a la su gran diversidad biológica (Taylor et al., 2015). Este tema tiene mayor relevancia en regiones como Osa y Golfito, que representan entre el 50% y el 30% de todas las especies de flora conocidas en Costa Rica (Rosero-Bixby et al., 2002).

3.2 Bosques tropicales y la importancia de su estudio

El bosque tropical húmedo es el ecosistema más complejo del planeta tierra, y por ello se ha llevado mucho tiempo para comenzar a entender parte de su dinámica y su estructura. Conocer la biología de las especies que habitan este ecosistema, permite explicar la importancia que tienen las especies sobre la comunidad del bosque tropical y el por qué se debe de velar por su conservación (Lobo y Bolaños, 2005).

Los bosques tropicales al ser tan heterogéneos y estar conformados por una gran diversidad de especies, con diferentes edades, implica el diseño de mecanismos que permitan un adecuado manejo y conservación de sus potencialidades. La comprensión de los aspectos ecológicos y estructurales permiten orientar de forma más eficaz el manejo de los bosques (Alvis, 2009). La mayoría de las comunidades vegetales están conformadas por una estructura espacial horizontal y vertical. El estudio de estas permite identificar las especies que hacen parte de este, permitiendo definir la importancia ecológica y grado de heterogeneidad del ecosistema (Alvis, 2009).

Muchas entidades en todo el mundo han realizado acciones en pro de la conservación, y cada vez son más personas las que creen en la necesidad de comprender y complementar la protección de los bosques primarios con información de bosques en regeneración. Sin embargo, sigue siendo poco conocida, la dinámica y biodiversidad de áreas que fueron sometidas a diferentes usos antropogénicos y consecutivamente tuvieron largos períodos de regeneración. Cuando el objetivo es evaluar el valor futuro que la regeneración del bosque puede tener para la conservación, entonces es recomendable realizar comparaciones directas en bosques en regeneración más antiguos (Whitworth et al., 2018).

3.3 Servicios ecosistémicos de los bosques

Molina-Bustamante y Crowder (2014), mencionan que los servicios ecosistémicos que brindan los bosques están directamente relacionados con el bienestar de todo ser vivo. Estos servicios son los vínculos entre la naturaleza y la economía, desde la perspectiva de un “dividendo” que la sociedad recibe de su capital natural.

Los servicios ecosistémicos se dividen en cuatro categorías. Unos brindan beneficios indirectos como los servicios de apoyo (fotosíntesis, formación y almacenamiento de materia orgánica, formación del suelo, ciclo de nutrientes, asimilación neutralización y desintoxicación de los residuos) y los servicios culturales (placer estético, oportunidades recreativas, de educación, sustento espiritual y cultural). Mientras los servicios de aprovisionamiento (alimentos, agua o medicinas derivadas de las plantas, etc.) y los servicios de regulación (inundaciones, degradación del suelo, salinización del suelo, desecación, salinización, filtración de contaminantes en los humedales, el ciclo del agua, la protección contra desastres, regulación en el almacenamiento del carbono, entre otros) brindan beneficios directos a la sociedad (Molina-Bustamante y Crowder, 2014).

El servicio ecosistémico de regulación más relevante que brindan los ecosistemas forestales es el almacenamiento del dióxido de carbono atmosférico en la biomasa, cumpliendo así una función muy importante en la regulación del cambio climático (Fonseca, 2016). Las plantas toman el CO₂ de la atmósfera a través de la fotosíntesis, la clorofila captura la energía del sol y convierte el dióxido de carbono del aire y el agua en carbohidratos, para ser almacenada en biomasa. Cuando estos carbohidratos se queman, regresan a su forma de CO₂ y agua, liberando la energía que contienen (Soto-Montoya, 2011).

3.4 Medición de biomasa y carbono

Tradicionalmente las parcelas de inventario de campo que se han utilizado para estimar el almacenamiento de carbono de los bosques han facilitado la comprensión de los procesos ecológicos. Cuando se desea información de las diferencias que surgen por condiciones ambientales y tipos de bosques altamente variables, incluidos los bosques sucesionales, las parcelas preexistentes o también conocidas como permanentes, son las que se usan activamente en estudios del ciclo del carbono y la biodiversidad. Este tipo de parcelas albergan una amplia gama de información que no pueden ser obtenidas en las parcelas temporales, que solo son medidas en un momento determinado (Taylor et al., 2015).

El monitoreo de la vegetación permite tomar decisiones sobre su gestión, ajustar los procesos ecológicos, adaptar estrategias de manejo, determinar cambios en el ecosistema, brindar claridad entre los actores y donantes y conocer experiencias exitosas (Bustos, 2018). Cordero-Montoya et al. (2008) indican que el monitoreo es una de las etapas primordiales de la planificación de un

proyecto, usualmente es orientado para dejar ver cambios de los parámetros o indicadores de un proceso. Además, es fundamental al generar información sobre la dinámica (línea base) para el registro de cambios y tendencias futuras. Es por ello por lo que se lleva a cabo por observaciones periódicas o intervalos regulares para medir la respuesta de los sistemas a la aplicación del cambio. Consecuentemente, el monitoreo es crucial porque permite a los tomadores de decisiones comprender los impactos, el efecto de otros factores en el recurso manejado y las tendencias que se observan.

El carbono o la biomasa se determinan por métodos directos e indirectos. El método directo consiste en el muestreo destructivo, reside en cortar el individuo de interés, pesando directamente cada uno de sus componentes (raíz, fuste, ramas, hojas). Este es el que genera resultados más precisos, pero la inversión de tiempo y recursos es alta. Lo importante es que gracias a que una vez que se cuentan con los modelos matemáticos para estimar la biomasa o el carbono, las estimaciones por árbol o por hectárea requieren de variables muy sencillas (diámetro, área basal, altura, etc.) (Fonseca, 2016). De lo anterior, surgen los métodos indirectos, que son aquellos que se realizan por medio de modelos matemáticos, sin necesidad de derribar los árboles, relacionando los resultados en base a las dimensiones del individuo en pie (Hernández, 2006). Cuando se usan modelos alométricos, una buena práctica es usar aquellos desarrollados localmente y específicos para las especies involucradas en el análisis (Casanoves et al., 2017).

3.5 Restauración ecológica

La recuperación de sitios degradados consiste en restaurar el ecosistema lo más similar posible al bosque nativo original. Según Fundación para la Innovación Agraria Chile (2001), los bosques nativos son ecosistemas donde un sitio es compartido por la predominancia de árboles nativos maduros con diversidad de especies de flora y fauna nativas, de diferentes edades y alturas variadas; que están asociadas unas con otras según el espacio que los rodea (suelo, subsuelo, atmósfera, clima, recursos hídricos). Este tipo de sistemas en su estado natural proporcionan equilibrio dinámico y brindan servicios ambientales y económicos a la sociedad.

Según Fernández (2006), Barrientos y Monje (2010), la restauración ecológica reconstruye un ecosistema perturbado, para que vuelva a ser lo más parecido posible a su estado natural en cuanto a suelo, agua, aire y las especies que lo habitaron originalmente. Pero la restauración integral se logra sólo si el ecosistema y su entorno mantienen un nivel aceptable de conservación, y tras un

período de tiempo a veces considerable. Fernández (2006), aconseja que antes de comenzar un proyecto de restauración, es necesario diagnosticar la situación del ecosistema degradado y definir los resultados que se pretenden.

Un aspecto muy importante al realizar la restauración de un ecosistema es la fragmentación del bosque. Se entiende como un fenómeno dinámico que genera división progresiva en la estructuración del paisaje. Este término se utiliza para describir el proceso de transformación que sucede cuando segmentos de la vegetación o hábitat a priori son eliminados, creando así, un conjunto de fragmentos más pequeños aislados unos de otros, quedando en un entorno degradado, cualitativamente muy diferente al original, el cual puede impedir la dispersión de la fauna y flora hacia hábitats más apropiados (Alemán, 2014).

La fragmentación de los hábitats impacta conforme al tamaño, la densidad y la disposición espacial de los segmentos. De esta manera, conforme mayor es el nivel de fraccionamiento, mayor será la afectación en los procesos de dispersión de semillas, el ciclaje de nutrientes, la regulación hídrica y climática, entre otros. Además, la biodiversidad se ve afectada por la incapacidad del paisaje de permitir el desplazamiento de especies o poblaciones. La conectividad es una medida que permite el flujo de materia y energía a través del paisaje. Por lo tanto, la restauración a escala de paisaje debe considerar elementos biofísicos para dar continuidad a los procesos ecológicos que faciliten los procesos (Bustos, 2018).

La regeneración ecológica intencional es la que por medio de actividades premeditadas se inicia o acelera el proceso de recuperación de un ecosistema que se encuentra degradado. Se considera intencional cuando existe una intervención humana en la recuperación de estos sitios (Schnitzer et al., 2012). Dada la complejidad de la restauración ecológica, se aconseja realizar un análisis integral de los procesos y la participación de profesionales de distintas disciplinas. Se debe contemplar la interacción de los diferentes puntos de vista como, por ejemplo: aspectos técnicos del ecosistema, usos de la tierra, procesos económicos, compromiso requerido y la vinculación entre los diversos actores e instituciones. Esto permite un enfoque integrador del proceso, pero se debe estar consciente de que los resultados de una correcta restauración ecológica solo pueden ser vistos a largo plazo (Barrientos y Monge, 2010 y Bustos, 2018).

Desde el punto de vista ecológico, el método más sencillo de restauración es eliminar la fuente de perturbación y permitir al ecosistema recuperarse natural o pasivamente. Este método es el más indicado cuando los recursos económicos son escasos y/o las condiciones de degradación no son excesivas. Cuando se logra satisfactoriamente, este tipo de restauración genera una mayor diversidad estructural y funcional del ecosistema. Sin embargo, el abandono no siempre dará lugar al desarrollo sucesional deseado (Celentano et al., 2010).

Contrario al método de sucesión natural, es más común la restauración activa con el método de la plantación de árboles en alta densidad. Este tiene como fin establecer rápidamente especies plantadas para suprimir las gramíneas y mejorar la diversidad del ecosistema. Sin embargo, al plantar grandes cantidades de individuos se presentan altos costos iniciales e inversión en mantenimiento. Existen técnicas menos costosas en términos financieros como son las islas de árboles, que consiste en crear espacios o parches de vegetación que funcionen como microhábitats favorables para el establecimiento de otras especies tardías imitando el proceso de regeneración natural (Celentano et al., 2010). Gracias a los métodos activos se obtiene mayor facilidad para acelerar el restablecimiento de procesos ecológicos como los ciclos de nutrientes y el secuestro de carbono. Al alinear los objetivos y prácticas de restauración con la regeneración natural, se pueden lograr múltiples beneficios sociales y ambientales a un costo mínimo (Chazdon y Guariguata, 2016).

Elegir las especies para programas de reforestación o silvicultura en ecosistemas de bosques tropicales diversos es una tarea compleja (Chechina y Hamann, 2015). La recuperación de ecosistemas únicos, de especies exclusivas, amenazadas o fauna altamente móvil y con amplias áreas mínimas de hogar, generalmente son componentes altamente valorados dentro de proyectos o programas de restauración ecológica mayores. Estos buscan recuperar una parte sustancial de la biota nativa encontrada en un ecosistema inestimable por ser “único” (McDonald et al., 2016).

3.6 Especies pioneras y diseño establecido en las parcelas de regeneración asistida

Las especies pioneras o cobertoras, son predominantes en los sitios muy perturbados o moderadamente perturbados. Se caracterizan por sus frutos de fácil dispersión en forma de legumbre, folículos o cápsulas con semillas aladas o autocoras. Son muy demandantes de luz, por ello cubren los claros en los bosques generando una cobertura forestal inicial de manera rápida (Salmerón et al., 2016).

Según Díaz-Martín et al. (2008) los parches formados por especies pioneras colonizadoras, ya sea en potreros o áreas en suelo desnudo, son considerados como sitios idóneos para implementar restauración ecológica. Una técnica utilizada para programas de restauración es plantar especies nativas en estos parches, ya que estas especies pueden ofrecer condiciones más favorables desde el punto de vista micro climático, edáfico, entre otras. Al tener en cuenta el microhábitat se han encontrado diferencias en los efectos sobre el crecimiento de las plantas (Díaz-Martín et al., 2008). Sin embargo, el mismo autor enfatiza que esto puede depender de las especies y otras variables, ya que el desempeño de la vegetación de interés podría ser positivo, negativo o neutro.

Restaurar la cubierta vegetal se ha convertido en una necesidad inaplazable, pero esta debe estar sustentada en la comprensión de la biodiversidad y complejidad de cada sitio (Chechina y Hamann, 2015). Sin embargo, gran parte de la reforestación en los trópicos se basa en el empleo de algunas especies en la mayoría de los casos exóticos para la región. Para enfrentar labores concernientes a la reforestación o a la rehabilitación de un área, es esencial tener conocimientos no solo de su riqueza biológica, sino también sobre los mecanismos reproductivos de las especies que la integran (Muñoz et al., 2012).

En la Finca Orgánica Osa Verde, en Playa Piro, Puerto Jiménez, se encuentran establecidas desde el 2017, la red de parcelas de regeneración asistida (RA), el cual consiste en monitorear el comportamiento de la recuperación de cobertura. El sitio del ensayo consta de 20 hectáreas, anterior al 2016 era ocupado por potrero, se aplicaron cuatro tratamientos, es decir 10 parcelas o repeticiones por cada uno (Mata-Quirós, 2020) (Anexo 1).

Para los tratamientos, la especie pionera que se utilizó pertenece a la familia Malvaceae, se le conoce con el nombre científico de *Ochroma pyramidale* (balsa), esta especie se distribuye en toda América Tropical, desde México hasta Brasil. Se clasifica en el grupo funcional de pionera tardía, considerada como indicador de bosques alterados, donde se ve beneficiada por la plena exposición al sol. Usualmente se emplea en sistemas agroforestales como sombra o protección del suelo donde puede llegar a medir aproximadamente 30 m, además, se recomienda su uso en la rehabilitación ecológica en áreas degradadas del oriente de Cuba (Muñoz et al., 2012).

Para la reproducción en vivero de las semillas de *O. pyramidale* se siembran en camas de germinación, una vez que las plántulas emergen (el brote inicia entre los cinco a seis días, se puede obtener hasta un 90 % de germinación) y tienen una altura de cinco cm, se trasladan a bolsas. Estas

se colocan a la sombra y gradualmente se trasladan al sol; al cabo de los cuatro meses cuando las plantas idealmente hayan alcanzado un tamaño de 20 cm, pueden ser trasplantadas al campo (Muñoz et al., 2012). Los tratamientos del ensayo en estudio son:

- L: 0% balsa, todos los individuos son especies autóctonas.
- M: el 33% de los árboles son balsa y 67% de otras especies nativas.
- H: el 75% son balsa y 25% de otras especies nativas.
- N: regeneración natural, no se plantaron árboles, las parcelas son testigo o control del experimento.

Con el fin de comparar el éxito de restauración en los tratamientos, anualmente se ha cuantificado la mortalidad en todos los árboles. Para la variable altura y diámetro se escogieron tres individuos de cada especie en las parcelas. Todo árbol medido se le colocó una etiqueta para darles continuidad en el monitoreo anual (Mata-Quirós, 2020).

3.7 Educación ambiental y extensión comunitaria

La educación es promotora del desarrollo humano, potencia en las personas un conjunto de habilidades, destrezas y valores, permitiendo a su vez desarrollar la autonomía, la creatividad y la razón, características necesarias para un adecuado desenvolvimiento de la persona como agente moral, político y social (Fernández et al., 2012). En la educación ambiental, la falta de información y conocimientos adecuados, suelen ser un obstáculo para determinar los problemas, las necesidades y las prioridades de acción, y aún más si es un tema tan amplio como el del cambio climático (FAO, 2010).

Murga y Novo (2008) mencionan que en la educación ambiental, es fundamental empezar a educar con el concepto de pensar a largo plazo, que son los tiempos de la naturaleza. Sin duda, la adopción de enfoques integrados y participativos son imprescindibles para la mitigación del cambio climático y la adaptación al mismo (FAO, 2010). Según Quesada-Alpízar et al. (2006), en la zona de Osa y Golfito, es fundamental promover aún más la educación ambiental como una herramienta vital para la preservación presente y futura de los ecosistemas y todo lo que estos implican.

En muchos bosques del mundo importantes reservas de carbono, se han mantenido y recuperado gracias a las prácticas de gestión comunales. Una participación activa de las comunidades en todos los aspectos de la gestión forestal, contribuye a la eficiencia, la sostenibilidad y la equidad

de las medidas para confrontar el cambio climático (FAO, 2010). A partir de los saberes, conocimientos previos, intereses y las aspiraciones de las diferentes partes, las comunidades se convierten en objetos y sujetos de su propia investigación; es decir, son los protagonistas principales de cada proceso investigativo, desde el diagnóstico e identificación de los problemas, hasta la ejecución, seguimiento y evaluación de las acciones desarrolladas (Araujo y Acosta (2012).

FAO (2010), señala que la pérdida de los bosques no implica solamente el incremento de las emisiones de carbono, sino también, un alto costo debido a la reducción de los servicios, los medios de subsistencia y los valores culturales. Muchas personas dependen económicamente de los servicios que brindan los bosques, es por esto que la pobreza es uno de los principales elementos que propician la deforestación. La adaptación al cambio climático y la mitigación deben propiciar la disminución de la pobreza y la promoción del desarrollo sostenible (FAO, 2010). Asimismo, la salud humana depende enormemente de la calidad del ambiente en que la gente vive. Es erróneo cuando se excluye a los humanos de la ecuación ecológica, cuando la población mundial puede llegar a ser de 9 000 o 10 000 millones de habitantes en los próximos 50 años (Fernández et al., 2012).

En el cantón de Golfito y sitios aledaños, la sobreutilización de los bienes naturales y sociales (suelos, paisajes, servicios públicos, entre otros) causa, en el medio y largo plazo, empobrecimiento ecológico y nuevos problemas de habitabilidad (Quesada-Alpízar et al., 2006). No es posible un desarrollo sostenible, si éste no estimula la autosuficiencia de las comunidades que lo experimentan (energética, alimentaria, etc). Esta autosuficiencia está ligada íntimamente a la diversidad, es decir, a mayor diversidad (ecológica, cultural), menor vulnerabilidad de los ecosistemas (Murga y Novo, 2008).

Es importante trabajar con grupos comunales, y con diferentes actores, para vislumbrar necesidades y actividades que contribuyan al manejo integral de los recursos disponibles. Según Araujo y Acosta (2012), el enfoque metodológico basado en la investigación-acción-participación supone que todo investigador al estudiar los fenómenos de la realidad de un sitio determinado, no solo propicia la transformación, sino que se reconoce como parte de esa realidad.

Cada grupo comunal o población de interés, requiere ser estudiado con el fin de transmitir de manera apropiada lo que se desea abordar. Los niños/adolescentes es una población característica que intenta socializar, pertenecer a un grupo, buscar simpatía y focalizar su energía física (Silva y Mejía, 2014). Artavia y Oreamuno (2016) mencionan que para este tipo de población es necesario incorporar estrategias de aprendizaje que permitan desarrollar autonomía, seguridad y capacidad de aprender en forma independiente. Además, se debe de fomentar la adquisición de conocimientos a través de la exploración de conceptos, la indagación y el desarrollo de habilidades que fomenten el pensamiento crítico y la creatividad.

En el caso de las personas adultas, se debe generar una motivación o sensibilización, usando una terminología atractiva y haciendo que la predisposición de los participantes sea receptiva a la problemática. Además, deben ser localizadas y evidenciados las amenazas y problemáticas, convirtiéndolas en hechos palpables y visibles al ojo humano. Pero para que todo esfuerzo realizado, individual y/o colectivo, se materialice en resultados, es necesaria una transformación del medio a través del paso a la acción por parte de los participantes (Junta de Andalucía, 2015).

4 Marco metodológico

4.1 Descripción del sitio

Mapa de ubicación

El área de estudio se ubica en la Estación Biológica Osa Verde, en el Sector Piro, entre las coordenadas 8°16'-8°55' N, 83° 4'-83°47 O (Dirzo et al., 2014). Administrativamente, la estación se encuentra al sursuroeste del distrito de Puerto Jiménez del cantón de Golfito, provincia de Puntarenas (Figura 1). Posee una extensión territorial de aproximadamente 1426 hectáreas (M. Mata, comunicación personal, 22 de octubre, 2020).

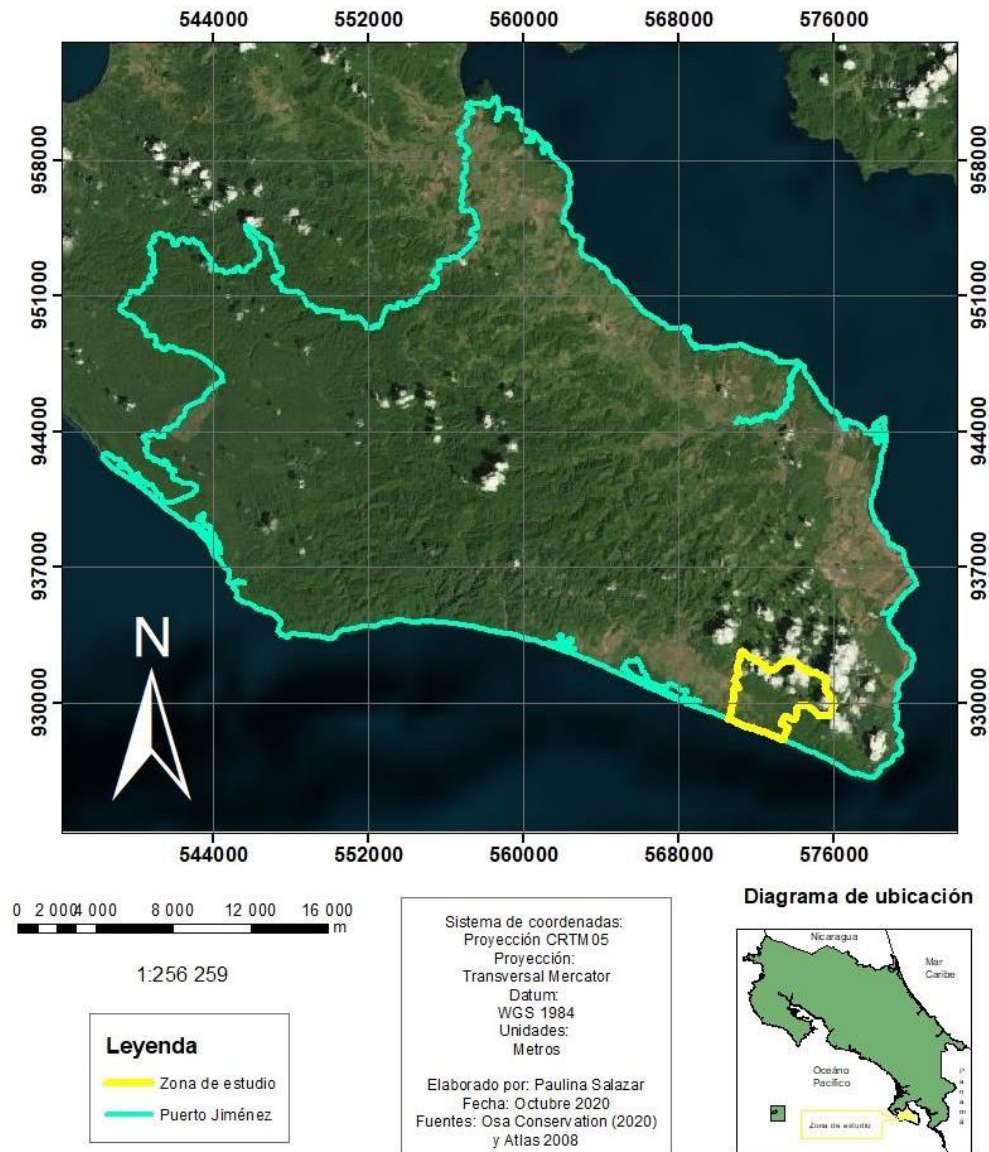


Figura 1. Mapa de ubicación de la Estación Biológica Osa, Sector Piro, Puerto Jiménez, Golfito.

Caracterización del sitio

Puerto Jiménez cuenta con una extensión de 72,54 km² (López et al., 2016), presenta fuertes pendientes, con alta fragilidad por erosión, desbordamiento de ríos y deslizamientos, condiciones que le caracterizan como área de alta vulnerabilidad y con potencial para la conservación (Riba-Hernández y Monge-Nájera, 2018). Los suelos de la zona son clasificados como ultisoles (Cuadro 1), pobres en nutrientes asociados a una consistencia arcillosa, con predominancia de óxidos de hierro, que le dan su coloración rojiza (Lobo y Bolaños, 2005).

Cuadro 1. Características de suelo, hidrología, clima, zona de vida, actividades socioeconómicas de la zona de estudio.

Característica	Valores	Fuente
Tipo de suelo	Ultisoles	Lobo y Bolaños (2005)
Temperatura	27 °C	López et al. (2016) Lobo y Bolaños (2005) Munguía y Zúñiga (2013)
Humedad relativa	Entre el 80 y 90%	Aguilar-Arias et al. (2011) Munguía y Zúñiga (2013)
Precipitación promedio anual	4500 a 5000 mm	Aguilar-Arias et al. (2011) Munguía y Zúñiga (2013)
Zona de vida	Bosque tropical húmedo	Lobo y Bolaños (2005)
Actividades económicas	Arroz, ganadería, palma aceitera, turismo, aprovechamiento forestal, diversas de actividades comerciales y la pesca artesanal	Instituto de Desarrollo Rural (INDER) (2014)
Población	8789 habitantes	Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) (2011)
Organización comunitaria	ASADAS, asociaciones de desarrollo integral, asociaciones de desarrollo social, cooperativas, sindicatos, organizaciones turísticas, comités de salud, entre otras	Munguía y Zúñiga (2013)

En promedio la temperatura ronda los 27 °C, la época más seca se extiende de diciembre a marzo (López et al., 2016; Lobo y Bolaños, 2005; Munguía y Zúñiga, 2013). El sector de Río Piro

presenta una precipitación promedio anual de 4500 a 5000 mm, con una estación seca de tres meses en promedio (Aguilar-Arias et al., 2011; Munguía y Zúñiga, 2013) (Cuadro 1).

La zona constituye una de las mejores representaciones boscosas con alta diversidad de árboles en Costa Rica (Instituto de Desarrollo Rural de Costa Rica (INDER), 2014). La Península es el extremo natural de dispersión de especies del norte y sur de América, entre ellas muchas endémicas (Rodríguez y Moya, 2011). El territorio se caracteriza por ser una de las áreas de más reciente colonización del país, iniciándose a principios del siglo XX (Munguía y Zúñiga, 2013). El 50% del incremento absoluto de población del cantón de Golfito se concentra en Puerto Jiménez (2 687 habitantes y una tasa de 3,37% (Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), 2011) (Cuadro 1).

La complejidad de la vegetación en esta área geográfica se debe a que posee dos zonas de vida consideradas como muy diversas: los bosques muy húmedos tropicales y bosques húmedos premontanos tropicales (Quesada, 2007). En la Península de Osa se han reportado aproximadamente 2473 especies de plantas (953 géneros y 194 familias); alrededor del 25 % de la flora total del país. (Rodríguez y Moya, 2011).

4.2 Parcelas de regeneración asistida

Experimento de regeneración previo a el presente estudio

En el caso de las parcelas de RA estas ya estaban establecidas previamente por la organización (ver en el marco teórico: Especies pioneras y diseño establecido en las parcelas de regeneración asistida). La red de parcelas de RA establecidas en el 2017, consta de 40 parcelas cuadradas de 71 x 71 m (5042 m²), establecidas con brújula y cinta métrica, marcando cada esquina y centro con tubos de PVC.

Cada parcela se dividió en una cuadrícula con filas numeradas de uno a 28 y columnas con letras A-X, con espaciamiento entre individuos es de 2,5 x tres metros, es decir cada individuo posee un código de un número y una letra según su posición. Todas las demás corresponden a más de 60 especies nativas que se plantaron en cada unidad de muestreo de forma aleatoria, manteniendo el porcentaje respectivo del tratamiento (Anexo 2). De las 30 parcelas con árboles plantados, 21 fueron por primera vez en 2017, y las otras nueve en 2018. Las 30 unidades muestrales tuvieron

dos resiembras en dos años posteriores a la siembra. El mantenimiento consiste en limpieza de pastos y hierbas en rondas de aproximadamente un m de diámetro para cada árbol. El primer mantenimiento del terreno se realizó en el 2017 antes del establecimiento, y durante los tres años posteriores se realizan tres por año (Mata-Quirós, 2020).

4.3 Diseño de muestreo para el presente estudio de las parcelas de regeneración asistida

Se tomaron como referencia 20 parcelas cuadradas de 5042 m² (cinco por cada tratamiento) de las 40 ya implementadas por la organización previo a este estudio (Anexo 1). La selección de estas fue a conveniencia por acceso y rápida ubicación. Dentro de cada unidad de muestreo, se registró información dasométrica de cada uno de los árboles con DAP ≥ 10 cm, ya fueran plantados o remanentes. Y de estos individuos se tomaron las variables de DAP (considerando las recomendaciones de Camacho (2000) según la posición en la que se encuentre el árbol (Anexo 3), especie y altura.

4.4 Diseño de muestreo de las parcelas del ecosistema de referencia (ER)

La ubicación de las parcelas fue designada a conveniencia usando la herramienta Bing del programa de ArcMap 10.5 y el mapa de la Estación Biológica Osa, en el Sector Piro (Anexo 4). Esto debido a que los sitios de interés eran específicos para las respectivas comparaciones entre el sitio RA y el ER. Dado que en RA se implementaron parcelas cuadradas de 5042 m², para ER se aplicó el mismo tamaño.

En la demarcación de las unidades de muestreo se contó con la ayuda de un dispositivo GPS y brújula para asignar la dirección de 0° de rumbo. Seguidamente se colocaron balizas de PVC en las cuatro esquinas del cuadrado. Se aplicó el método de corrección de pendiente en terrenos inclinados, posteriormente se tomó un punto con el GPS en cada esquina de la parcela y finalmente se registró información dasométrica de cada uno de los árboles.

Dentro de cada unidad de muestreo se midió las variables: DAP ≥ 10 cm (considerando las recomendaciones de Camacho (2000), (Anexo 3), especie y altura. Para la identificación de la especie se contó con el apoyo de colaboradores para el trabajo de campo.

4.5 Procesamiento de datos

Con datos de campo, tanto los de las parcelas de RA como los del ER fueron los evaluados para determinar la estructura horizontal, composición florística del bosque, biomasa y carbono. Estos se procesaron utilizando el programa Microsoft Office EXCEL, para realizar ordenamiento de datos, gráficos y cuadros.

4.6 Medición y/o cálculo de variables

Se determinaron las variables de estructura horizontal y composición florística para conocer el estado de recuperación del bosque, la información o variables calculadas son las siguientes:

Estructura horizontal y vertical

Se tomaron en consideración la especie, familias y géneros, número de especies y área basal por clase diamétrica (distribución por categoría DAP: de 10 a 19,9 cm, de 20 a 29,9 cm, de 30 a 39,9 cm, de 40 a 49,9 cm, de 50 a 59,9 cm, de 60 a 69,9 cm, de 70 a 79,9 cm, de 80 a 89,9 cm, de 90 a 99,9 cm, y más de 100 cm) y estratos de altura o verticales, definidos por la metodología propuesta por la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO) (Lamprecht, 1990):

- 1) Piso inferior: $<1/3$ de la altura superior del vuelo
- 2) Piso medio: $<2/3$ y $>1/3$ de la altura superior del vuelo
- 3) Piso superior: altura $>2/3$ de la altura superior del vuelo

Área basal (m^2): Área de la sección horizontal de un árbol que se encuentra a 1,3 m del suelo (Cuadro 2).

Volumen (m^3): Se aplicó la fórmula de volumen en pie con un $ff=$ factor de forma (0,7) recomendado Ramírez, Valverde y Salas, (1995) (Cuadro 2).

Abundancia: Número de individuos por hectárea y por especie en relación con la cantidad total de individuos (Lamprecht, 1990) (Cuadro 2).

Frecuencia: Número de parcelas en que aparece una determinada especie, en relación con el total de parcelas inventariadas, o existencia o ausencia de una determinada especie en una parcela (Lamprecht, 1990) (Cuadro 2).

Dominancia: Grado de cobertura (espacio ocupado) de cada una de las especies como manifestación del espacio ocupado por ellas, se determina como la suma del área basal (Lamprecht, 1990) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Fórmulas para el cálculo de variables.

Variable calculada	Fórmula
Área basal	$G = (DAP (m)^2) \times \pi/4$
Volumen	$V = G \cdot h \cdot ff$
Abundancia relativa	$Ab\% = (ni / n) \times 100$
Frecuencia absoluta	$Fra = (Fi / Ft) \times 100$
Frecuencia relativa	$Fr\% = (Fi / Fra) \times 100$
Dominancia absoluta	$Das = Gi/Gt$
Dominancia relativa	$D\% = (Das / Dat) \times 100$
Índice de valor de importancia	$I.V.I = Ab\% + D\% + Fre\%$
Abundancia relativa de la sp	$Ab\% = (ni / Ni) \times 100$
Dominancia relativa de la sp	$Dom\% = (Gi / \Sigma G) \times 100$
Frecuencia relativa de sp	$Fre\% = (F / Np) \times 100$
Índice de Shannon-Wiener	$SW = \sum pi * \ln(pi)$
Índice de Simpson	$D = \sum pi^2$
Modelo de biomasa aérea	$Ba = 0,0673 * (De \cdot DAP (cm)^2 \cdot h)^{0,976}$
Cuantificación de carbono	$C = Ba \cdot FC$

Dónde: **DAP**=(diámetro 1,3 m) π =(3, 1416) **h**=(altura total (m)) **ff**=(factor de forma (0,7)) **ni**=(# ind de misma sp) **n**=(# ind) **Fi**=(frecuencia abs de misma sp) **Ft**=(total de frec en muestreo) **Gi**=(G para misma sp) **Gt**=(G todas las sp) **Das**=(dom abs de una sp) **Dat**=(dom abs de todas sp) **ni**=(# ind de misma sp en muestra) **Ni**=(# ind totales en muestra) ΣG =(sumatoria G de todas sp). **F**=(# parcelas donde aparece sp) **Np**=(# parcelas totales) $pi = ni/N$ =(abun proporcional de misma sp) **ni**=(# ind pertenecientes de misma sp en muestra) **N**=(# total de ind en muestra) **In**=(logaritmo natural) **D**=(probab que ind al azar pertenezca a misma sp) **De**= densidad de madera (g/cm³) **FC**=(factor conversión C (0,47 ton)) **Ci**=(C a 0 meses de medición) **Cf**=(C a 12 meses de medición) **E**=(edad)

4.7 Diversidad florística

La diversidad florística se compone de diferentes caracteres que definen a quienes pertenecen a un grupo de vegetación específica, esto permite su comparación y comprensión, analiza dos variables: la riqueza de especies y la equitatividad entre estas. Los resultados de los índices a determinar en las parcelas del ER generan conocimiento sobre el comportamiento de las especies, esto beneficia la comprensión y manejo del potencial de la regeneración de la cobertura en otros sitios. Se determinó con tres indicadores de diversidad según lo establecido por Lamprecht (1990), (Cuadro 2)

Índice de valor de importancia (I.V.I)

Determina el peso ecológico que tiene una especie dentro de un ecosistema comparando la importancia las especies dentro del bosque. El valor máximo es un 300%, mientras más se acerque una especie a este valor, mayor será su importancia ecológica y dominio florístico sobre las demás especies presentes. En algunos casos donde algunas especies reportan valores similares, su interpretación sugiere una igualdad del bosque en su composición, estructura, dinámica y calidad de sitio (Alvis, 2009) (Cuadro 2).

Índice de Shannon-Wiener

Este índice brinda una medida de la magnitud de la incertidumbre de encontrar una especie en una unidad muestral. Esta función combina el número de especies y la igualdad o desigualdad de la distribución e individuos de las diversas especies; este índice va de uno a tres (Cuadro 2).

Índice de Simpson

Este índice permite determinar la diversidad y dominancia de las especies, es decir, la probabilidad de que dos ejemplares seleccionados al azar en una comunidad correspondan a la misma especie; este índice va de 0 a 1, representando los valores cercanos a cero una alta diversidad y uno una diversidad baja (Cuadro 2).

Gremios ecológicos

Estos son grupos o conjuntos de individuos que utilizan uno o varios recursos del medio ambiente en forma similar, comparten patrones similares de exigencias de radiación lumínica, regeneración y crecimiento. Los gremios ecológicos en las especies se califican de la siguiente manera: heliófilas efímeras, heliófilas durables y esciófitas. Se tomó el número de heliófilas y esciófitas según el “Listado de Especies con Gremio Ecológico Actualizada 2018” del SIREFOR (Comisión Nacional de Sostenibilidad Forestal, 2021).

4.8 Cuantificación de biomasa aérea

Para cuantificar la biomasa se aplicó el modelo generado por Chave et al. (2014) (Cuadro 2). La densidad de la madera por especie se tomó de Rodríguez y Moya (2011), si el dato no estaba determinado por los autores, se aplicó el valor de 0,60 (t/m³ o g/cm³) para especies anónimas recomendado por Zanne et al. (2009).

4.9 Cuantificación de carbono

Los valores estimados de biomasa aérea son útiles para calcular el total de carbono. La fracción de carbono (FC), para la biomasa forestal aérea propuesta por el IPCC (2006) es 0,47, por lo cual se utilizó esta constante para los cálculos de esta investigación (Cuadro 2). Para el análisis del carbono obtenido se procesaron los datos según clase diamétrica, estratos verticales y gremios ecológicos.

4.10 Educación y extensión comunitaria

Para la elaboración de material educativo se trabajó con dos grupos meta: los miembros activos de la Red Comunitaria de Restauración (personas dueñas de fincas, productoras de palma, ganadería, agricultura, involucradas en conservación, proyectos ecoturísticos, etc.). Este grupo de personas trabajan en pro de la conservación realizando actividades como restauración ribereña, enriquecimiento de bosques, cercas vivas, capacitaciones, entre otras prácticas sostenibles. El segundo grupo meta fueron niños-jóvenes de edades seis a 22 años de diferentes Grupos Ambientales Organizados dentro de la Península de Osa.

Para el caso la Red Comunitaria de Restauración, se realizaron dos infografías con información de cambio climático, fuentes de emisiones, vulnerabilidad de la zona, impactos y acciones para mitigar los efectos de CC. Para los diferentes Grupos Ambientales Organizados dentro de la

Península de Osa, también se entregaron las dos infografías con la misma información, ajustado a la edad de los usuarios; con el fin de articular la importancia del estudio realizado en la cuantificación de carbono y las acciones positivas que proporcionan los actores sociales para la sostenibilidad ecológica. Dichas infografías fueron para divulgación en las redes sociales de Conservación Osa (Apéndices 1 y 2).

Se planificó y ejecutó un taller dinámico presencial denominado “el cambio climático”. Este consistió en una gira partiendo de Puerto Jiménez hasta llegar a la Estación Biológica de Piro, con una parada de camino mostrando dos situaciones referentes al cambio climático: grandes potreros desprovistos de árboles como una causa y, por otro lado, Playa Tamales con evidencia de pérdida de bordes de playa, como un efecto del incremento del nivel del mar (Anexo 5). La gira finalizó en la Estación Biológica de Piro, llevando a cada grupo a una parcela permanente de monitorio en bosque, establecida en este estudio, con el fin de explicar la importancia que tiene el bosque en la fijación de carbono, producción de oxígeno y su papel en la mitigación del cambio climático (Anexo 6, 7 y 8).

Simultáneamente se aplicaron encuestas a los participantes en cada taller impartido de manera presencial, con acceso a preguntas específicas, sencillas y claras, previamente planteadas (de selección y respuesta corta) en pequeñas bitácoras (folletos) que fueron guiadas y respondidas a lo largo del taller (Anexo 9 y Apéndice 3). Estas encuestas fueron recopiladas y analizadas para conocer la comprensión de las personas participantes sobre el tema. Adicionalmente se les consultó sobre su percepción o conocimiento sobre el cambio climático (Apéndice 4). Estos datos fueron el insumo para conocer sobre perspectiva, realidades sociales y necesidades en la educación ambiental de los hogares dentro de la Península de Osa.

El taller fue impartido para niños, niñas y jóvenes, agrupados según edades similares entre los seis y 22 años. Estas personas pertenecen a grupos ambientales organizados dentro de la Península de Osa, la ONG se encargó de la participación asertiva. El taller se replicó ocho veces, y en cada ocasión se obtuvo una participación de cuatro a nueve personas, para lograr la meta de 48 personas participantes. Para el análisis de resultados no se obtuvo una muestra proporcional para agruparlos por rangos de edades, por lo que se procesaron los datos de manera individual.

5 Resultados y discusión

5.1 Abundancia de individuos

Ecosistema de referencia

En las parcelas del ecosistema de referencia se registraron 840 individuos; 262 en la parcela uno, 334 en la dos y 244 en la tres. La abundancia promedio para este ecosistema es de 554 ± 72 individuos por hectárea. El resultado es semejante al obtenido por Sánchez (2016), quien reportó $528,67 \pm 40,92$ individuos*ha para bosques primarios en Península de Osa.

Las familias encontradas fueron 38. Moraceae, Fabaceae, Sapotaceae y Rubiaceae registraron mayor cantidad de especies (Figura 2); comportamiento es similar el reportado por Rodrigues et al., (2013) en la Amazonia Brasileña y Jiménez (2019) en Península de Osa, en donde las familias con mayor representación fueron Fabaceae, Moraceae y Lauraceae. Este patrón es típico de los trópicos, ya que son familias que engloban muchas especies (Rodrigues et al., 2013).

Morales-Salazar et al. (2013) encontraron que, en los bosques tropicales del Corredor Biológico Osa, las familias con mayor número de especies endémicas son Lauraceae (6), Fabaceae (4), Annonaceae (3) y Myrsinaceae (2), todas con abundancia similar al presente estudio (Figura 2). Asimismo, Morales (2010), describe que algunas de las familias como Malvaceae, Fabaceae, Rubiaceae, Anacardiaceae, Moraceae y Melastomataceae son representantes típicas de bosques secundarios tropicales relacionados con mayor importancia ecológica.

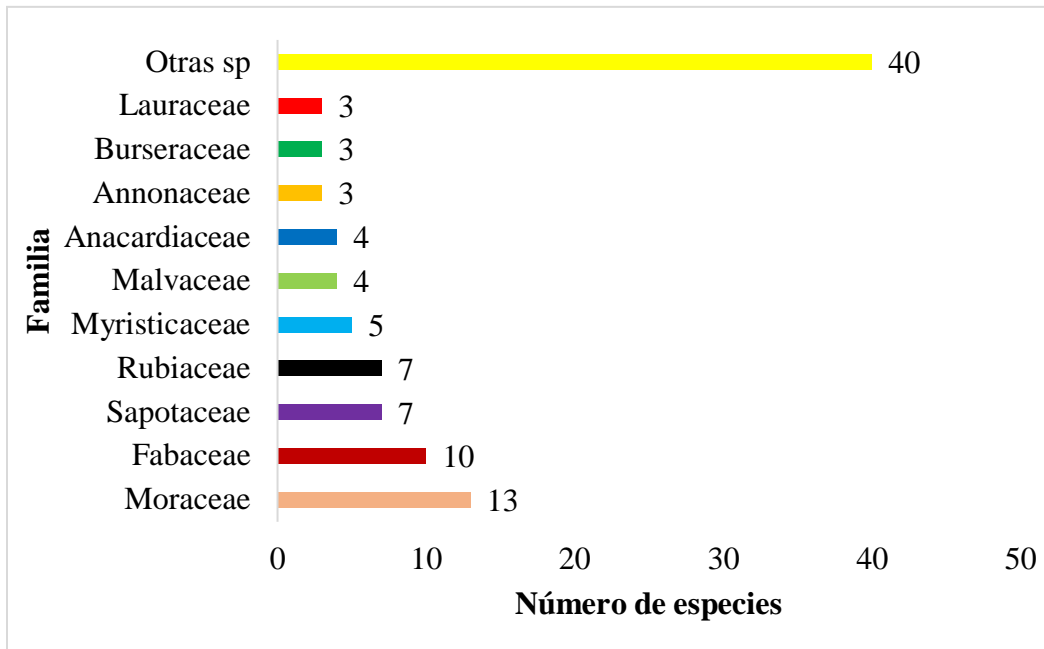


Figura 2. Especies registradas en cada familia botánica en el bosque de referencia, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.

Se registraron 74 géneros; 52, 38 y 35 para la parcela uno, dos y tres respectivamente, de los cuales *Pouteria* obtuvo mayor abundancia, seguido de *Inga* y *Virola* (Figura 3).

Las especies inventariadas fueron 67, 45 y 42 en la parcela una, dos y tres, respectivamente (Figura 3), y con mayor cantidad de individuos en las parcelas son *Spondias mombin*, *Luehea seemannii* y *Castilla tunu* (Anexo 10). Sandor y Chazcon (2014) indican que, las especies de mayor abundancia relativa en Península de Osa son *Spondias mombin*, *Luehea seemannii*, *Apeiba tibourbou*, *Chimarrhis latifolia*, *Croton schiedeanus*, *Lacistema aggregatum*, *Cordia bicolor*, *Homalolepis cedron* y *Casearia sylvestris*, todas registradas en el presente estudio, pero algunas sin abundancia sobresaliente.

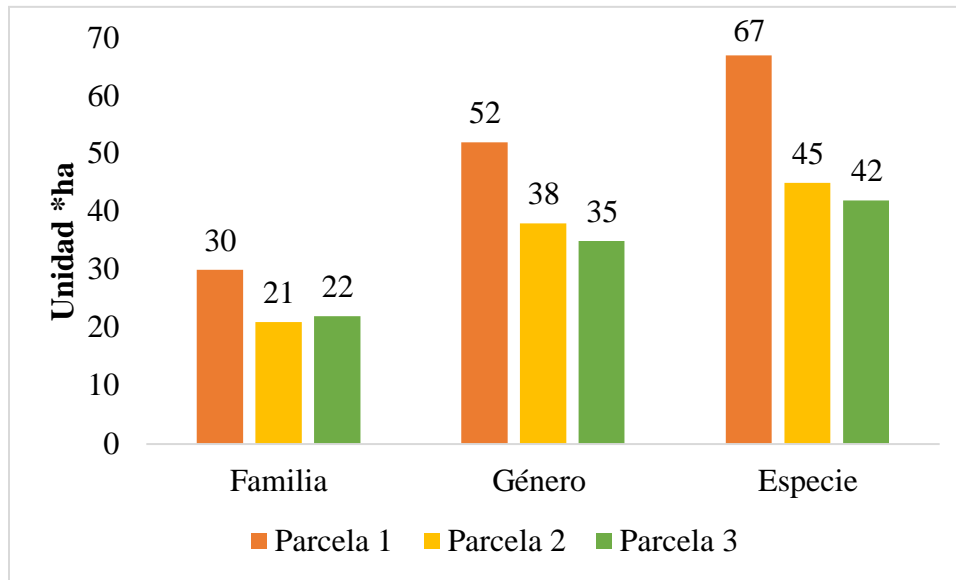


Figura 3. Número familias, géneros y especies en cada parcela de muestreo en el bosque de referencia, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.

Regeneración asistida

La muestra fue de cinco unidades por cada tratamiento. En estas se registraron en promedio 546, 140, 362 y 149 individuos en H, L, M y N, respectivamente (Figura 4). En todos los casos, se encontraron entre parcelas del mismo tratamiento diferencias extremas. Por ejemplo, algunas presentaban crecimiento exitoso (H8 con 279 individuos totales, 252 fueron de la especie *O. pyramidale* con diámetros entre 10 a 30 cm), mientras que otras tenían altos problemas de mortalidad (H10 con 20 individuos registrados, de los cuales cuatro fueron de la especie *O. pyramidale* entre 10 a 11 cm), principalmente por suelos inundables o por la competencia de bejucos o pastos.

Además, unas tenían gran presencia de árboles remanentes con diámetro mayor a 40 cm, mientras que en otras no se registró ninguno. Por ejemplo: en N2 se registraron 79 individuos, donde 19 tenían entre 41 y 98 cm de diámetro, asimismo N4 con solo tres árboles totales entre 13 a 16 cm. Esto género que los resultados variaran mucho entre las parcelas.

Según Díaz-Martín et al. (2008), las diferencias en las condiciones del microhábitat (borde-interior) tienen efectos en la tasa de crecimiento. Estas se determinan por distintas variables como: la cantidad y calidad de irradiación solar disponible, susceptibilidad a las sequías, las temperaturas

alcanzadas bajo la copa de los matorrales, los remanentes, las características físico - químicas del suelo, entre otros.

La cantidad de especies inventariadas fueron 16, 21, 21 y 19 en el tratamiento H, L, M y N, respectivamente. En géneros se registraron 14, 18, 20 y 18 para H, L, M y N, respectivamente (Figura 4), de los cuales en *Ficus* e *Inga* obtuvieron más de una especie.

Sandor (2012) en Península de Osa de Costa Rica, determinó que las especies del género *Ficus* fueron muy comunes como árboles aislados en áreas de pastos o emergentes individuales. La cantidad de remanentes, árboles aislados o en islas cercanas también pueden ser determinantes en la regeneración a su alrededor. Los árboles en pastos remanentes y aislados pueden ser componentes integrales de las estrategias de restauración forestal, mejorando el flujo de genes de los árboles a través del paisaje y la diversidad genética (Zahawi, y Augspurger 2006 y Levy-Tacher et al., 2015).

La unidad de muestreo N obtuvo mayor cantidad de familias con 14, seguida de L y M con 12 y por último H con ocho (Figura 4). Las familias mayor representación de especies en los tratamientos fueron Malvaceae que registró de dos a cinco en cada uno. Otra familia muy relevante fue Fabaceae con tres a cuatro en cada uno.

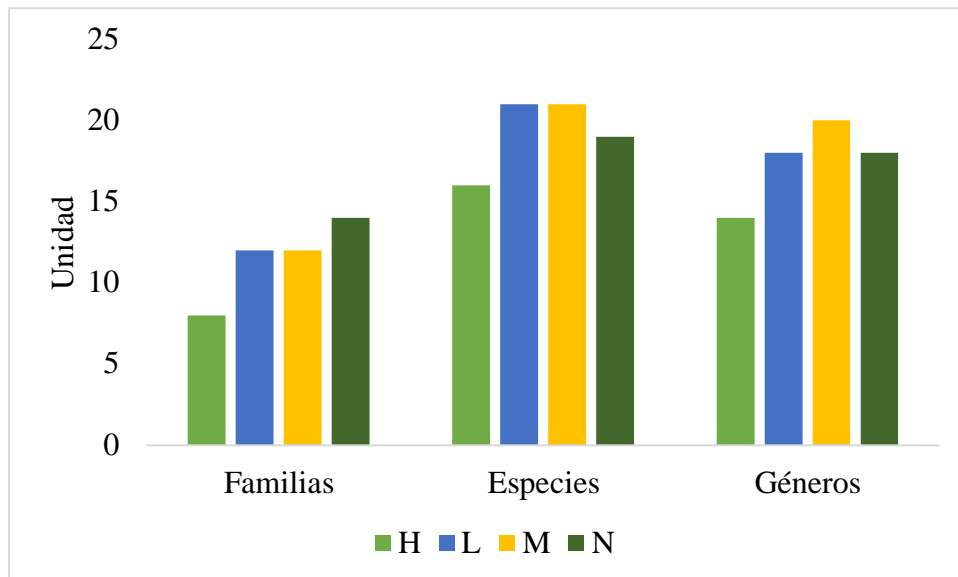


Figura 4. Familias, géneros y especies en los tratamientos de las parcelas de regeneración asistida, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2021.

Morales (2010) en bosques de cinco a 15 años en la Península de Osa encontró mayor representación en las familias Euphorbiaceae, Siparunaceae, Annonaceae y Urticaceae, representados por géneros como *Alchornea spp.*, *Siparuna spp.*, *Guatteria spp.*, y *Myriocarpa longipes*, respectivamente. Asimismo, Moraceae y Fabaceae tienen alta representación en los diferentes estadios de sucesión de bosque, con especies como *Castilla tunu* y *Brosimum guianense*, donde su abundancia aumenta conforme el estadio de sucesión es mayor.

Las especies con mayor abundancia en el H fueron *Ochroma pyramidale* (469), *Guazuma ulmifolia* (26) y *Cecropia peltata* (24). Para el L, *Muntingia calabura* (30), *Spondias mombin* (27) y *Anacardium excelsum* (15). En M, *Ochroma pyramidale* (251), *Cecropia peltata* (20), *Anacardium excelsum* y *Spondias mombin* (17). En el tratamiento N fueron *Guazuma ulmifolia* (62), *Luehea seemanii* (28) y *Cecropia peltata* (21) (Anexo 11).

Comparación del Ecosistema de referencia y Regeneración asistida

El número de individuos por hectárea en los diferentes sitios estudiados tiene un comportamiento polinómico, crecen exponencialmente hasta el año 30 y decaen en las parcelas de edad 35 y 40 años. Los tratamientos de regeneración asistida H y M presentan mayor abundancia; sin embargo, tienen más especies heliófilas efímeras, lo que se espera que en algunos años aumente la mortalidad de estos. Con lo anterior, es probable que los valores decaigan o se mantengan similares por la alta sustitución de efímeras, como se observa en la abundancia de las parcelas P3 y P1 (Figura 5).

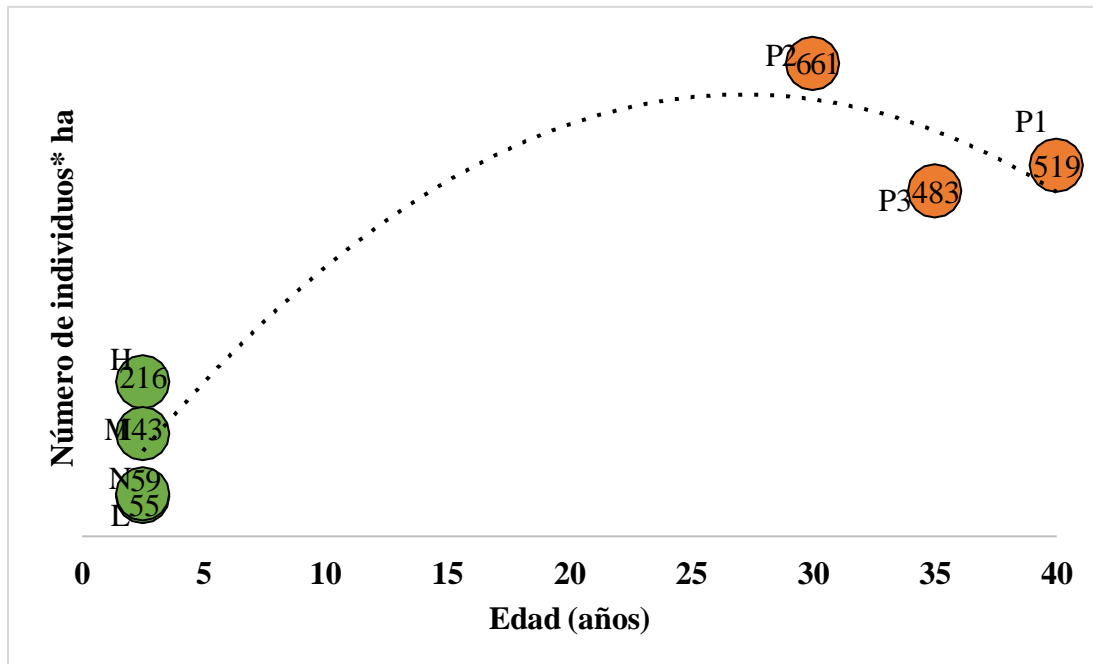


Figura 5. Número de individuos en las parcelas de muestreo en el bosque de referencia y en los tratamientos de regeneración asistida, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.

Acrónimos: P1: parcela 1 del bosque, P2: parcela 2 del bosque, P3: parcela 3 del bosque, H, M, N y L: tratamientos de regeneración asistida.

Reyes (2012) en la Estación Experimental Forestal Horizontes de Costa Rica, observó un comportamiento similar al presente estudio. En los primeros años hubo un incremento en la abundancia de individuos; sin embargo, los valores decayeron en los sitios de mayor edad (29 y 37 años). Si bien estos dos estudios poseen tipos de bosques muy distintos para su comparación, pero esta conducta está asociada en ambos con la silvigénesis. Esta es un proceso natural que abarca una serie de fenómenos que permiten al bosque o a la regeneración establecerse en sus diferentes estados de desarrollo. En estos procesos el bosque pasa de ser estable a maduro, de estar en dinámico a homeostático, y así en todas sus fases (Valerio y Salas, 1998).

5.2 Distribución diamétrica de los árboles

Ecosistema de referencia

La clase diamétrica con mayor abundancia fue la de 10 a 19,9 cm con el 64 % (355) de los árboles por hectárea (promedio de las tres parcelas), para un 53 %, 73 % y 62 % en la parcela uno, dos y

tres, respectivamente (Figura 6). Esta tendencia, también la describen Vargas (2012) y Sánchez (2016) como una característica propia de los bosques secundarios que permite asegurar la viabilidad de las poblaciones, ya que, en el tiempo los individuos con diámetro bajo (± 10 cm) pasan a ocupar las clases diamétricas mayores.

La segunda clase con mayor presencia de individuos en las tres parcelas es la de 20-29,9 cm con un 16 %. Los dos primeros rangos diamétricos representan el 80 % de la abundancia del bosque. Entre 30-132 cm se concentra el 20 %, con lo que la distribución de los individuos toma la forma de exponencial negativa o en “*J invertida*” (Figura 6).

Estos resultados coinciden con lo reportado por Jiménez (2019) en Península de Osa, quien encontró más del 80% de los árboles registrados en los dos primeros intervalos (10-30 cm), y este comportamiento disminuyó conforme aumentó el diámetro hasta llegar a la clase >100 cm. En otros estudios como el de Morera (2019) en Península de Osa, Yepes et al. (2010) en bosques sucesionales andinos de Antioquia, Colombia, Quinto et al. (2010) en bosques primarios de Medellín, Colombia y Fonseca (2009) en la Zona Caribe de Costa Rica, se describe la misma característica.

Esto ocurre porque las clases diamétricas inferiores poseen un elevado número de individuos y a medida que aumenta el diámetro, disminuye proporcionalmente (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 2001). El sitio presenta un comportamiento indicador de un bosque en regeneración, pero con gran integridad ecológica, esto por la presencia de remanentes en las diferentes clases diamétricas de mayores tamaños, es decir, con una composición de especies, diversidad y organización comparables con hábitats naturales.

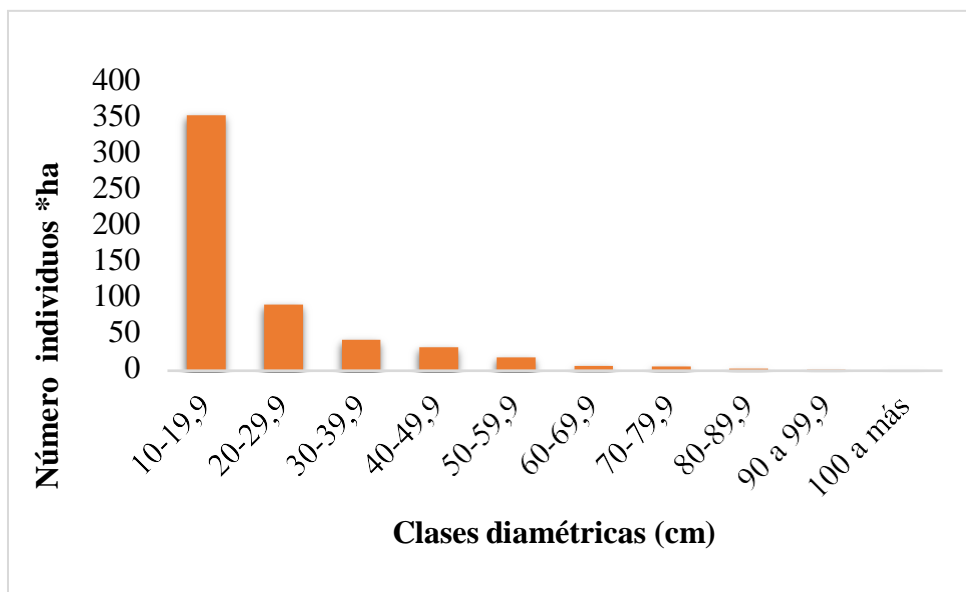


Figura 6. Distribución diamétrica de los árboles en el bosque de referencia, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.

Regeneración asistida

La clase diamétrica con mayor abundancia para todos los tratamientos fue la de 10 a 19,9 cm con 82, 84, 61 y 73% árboles por hectárea (promedio de las cinco parcelas), en H, L, M y N, respectivamente (Figura 7).

La segunda clase con mayor presencia de individuos es la de 20-29,9 cm, sumando estos dos rangos diamétricos (de 10 a 29,9 cm) representan el 98, 91, 95 y 82 % de la abundancia de H, L, M y N. Mientras que las clases mayores a 30 cm solo representan un 2%, 9%, 5% y 18% de individuos por ha para H, L, M y N. De este modo, la distribución de los individuos es exponencial negativa o en “*J invertida*” (Figura 7). Este comportamiento también fue registrado por Morales (2010) en Península de Osa en un bosque con sucesión de cinco a 15 años, donde el mayor número de individuos se encontraba en las primeras clases, y disminuyó conforme el diámetro aumentaba.

En el municipio de San Pedro en norte de Antioquia, Colombia se registraron distribuciones diamétricas en forma de J invertida. Estas presentaron 50 % y hasta más de 80 % de los árboles en la primera clase diamétrica, lo que es atribuido a que el rodal ha sufrido una reciente regeneración después de un disturbio. Sin embargo, esta estructura disetánea, es la mejor garantía de la supervivencia de la comunidad forestal (Restrepo et al., 2012).

El comportamiento entre tratamientos tiene muchas similitudes entre sí: sin embargo, al comparar entre parcelas del mismo tratamiento algunas son muy diferentes (Figura 7). Por ejemplo, en H8 se registraron 276 individuos (con clases diamétrica de 10 a 79,9 cm), por otro lado, en H9 se registraron 15 individuos (con clases de 10 a 39,9 cm). En la parcela N2 se registraron 61 individuos (de 10 a 99 cm), mientras que en N4 únicamente tres individuos (de la clase diamétrica 10-19,9 cm). El mismo comportamiento ocurrió para M y L parcelas con abundancias y diámetros muy diversos.

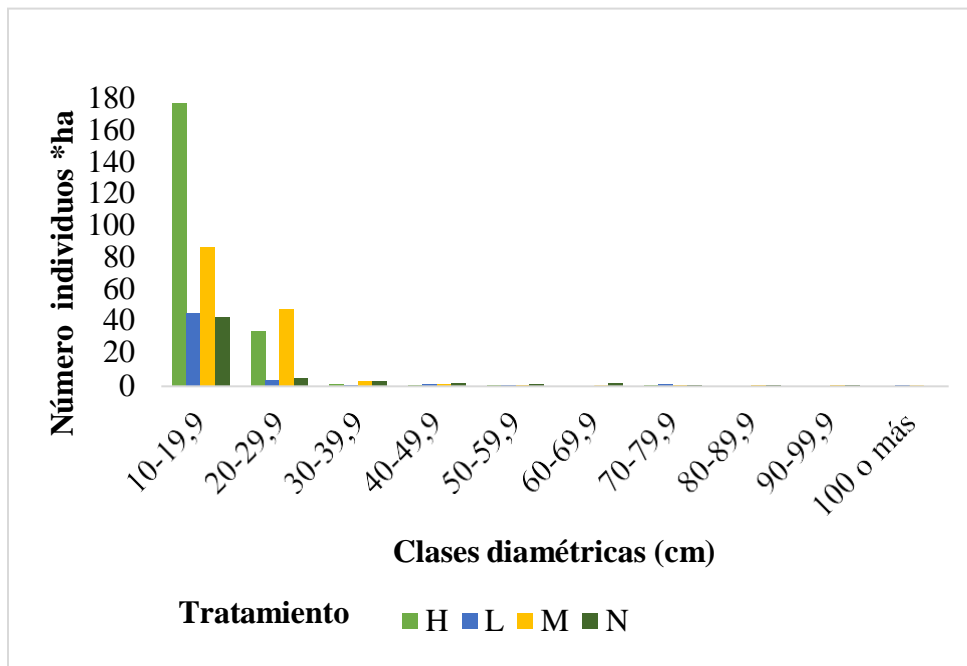


Figura 7. Distribución diamétrica de los árboles en los tratamientos de las parcelas de regeneración asistida, Estación biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2021.

La presencia de árboles remanentes en los tratamientos, son los que dan origen a las clases diamétricas entre 40 cm a 100 cm o más. La presencia de árboles remanentes propicia la regeneración de tres maneras: alterando condiciones abióticas bajo sus copas, sirviendo como fuentes de semillas y atrayendo animales dispersores (Sandor y Chazdon, 2014). Según Acosta-Vargas (2012), los sitios con árboles remanentes o con fragmentos de bosque cercanos, presentan mejor estructura y diversidad que los que no cuentan con estos.

5.3 Distribución de árboles por estratos de altura

Ecosistema de referencia

Las parcelas poseen el mismo patrón, el estrato medio es el que posee mayor abundancia por hectárea, aproximadamente 1002 (60 %). El piso bajo y piso alto tienen los porcentajes de 26 %, y 13 %, respectivamente. La menor cantidad de individuos se encuentra en el piso superior, para este se obtuvo la mayor altura con 43,9 m (Figura 8).

En los estudios realizados por Jiménez (2019) y Hunter et al. (2015), evidenciaron un comportamiento diferente al presente estudio, en los tres tipos de estratos hay un orden decreciente con respecto a la cantidad de individuos. Por lo tanto, el piso bajo fue el que presentó mayor número de árboles, seguido del medio y por último el más alto.

Por otro lado, Morales (2010) encontró en el Corredor Biológico de Osa, una mayor abundancia en el piso medio para bosques secundarios menores a 30 años, pero en bosques mayores, la mayor influencia de individuos fue en el piso inferior; disminuyendo así la presencia de árboles de porte alto. Indicando así que los pisos de altura están influenciados conforme aumenta la edad del bosque. Sin embargo, en el presente estudio no coincide con lo anterior, ya que las tres parcelas de muestreo presentan edades entre los 30 y 40 años aproximadamente, y estas presentan mayor presencia de individuos en el estrato intermedio.

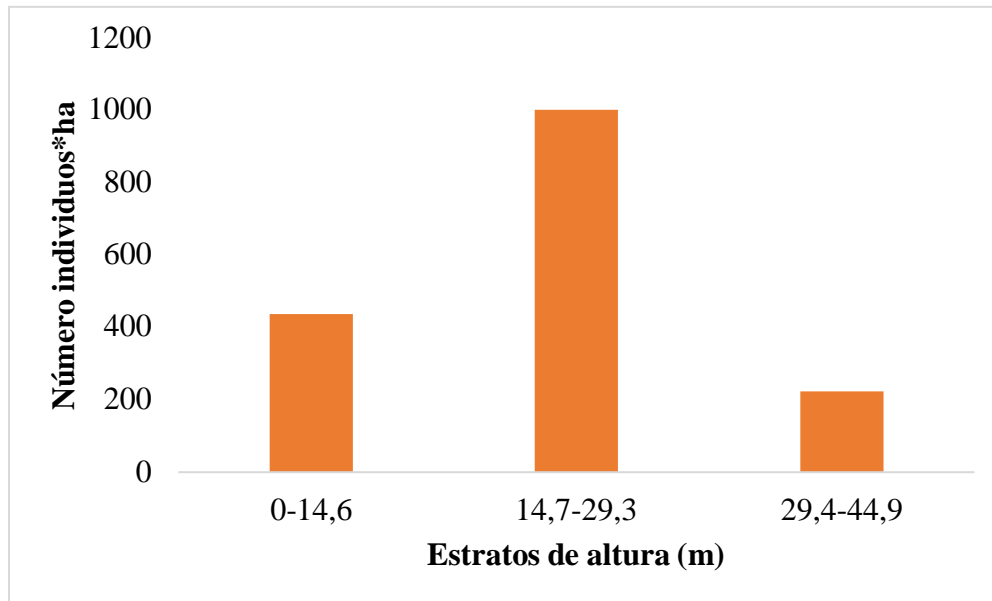


Figura 8. Distribución de los árboles por estratos de altura en el bosque de referencia, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.

Regeneración asistida

El estrato que posee mayor abundancia por hectárea para el tratamiento H y M es el piso intermedio, mientras que para L y N se encuentra en el estrato bajo. La menor cantidad de individuos para L, M y N se encuentra en el rango superior con alturas de 22,5 m a 33,70 m respectivamente, estos eran árboles remanentes en los sitios (Figura 9). Según Taylor et al. (2015) en su estudio en Península de Osa, menciona que la altura de la copa para árboles individuales o remanentes oscilaban entre 20 a 59 m.

Morales (2010) en su estudio en Península de Osa, determinó para los estadios de cinco a 15 años una altura máxima promedio de 17 m, y en edades de 15 a 30 años 23,7 m. Asimismo, para estadios mayores a 30 años estimó un valor de 29 m como altura máxima promedio. De esta forma, determinó que entre mayor sea la edad del bosque, su estructura será más semejante a la del bosque primario con alturas de 39,6 m o más.

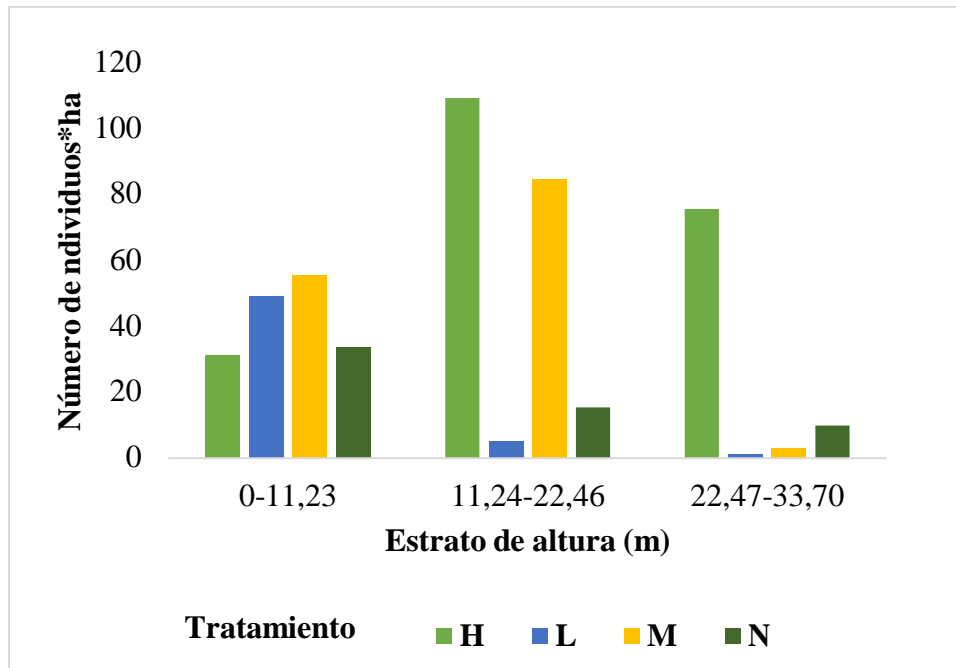


Figura 9. Distribución de los árboles por estratos en el bosque de referencia, Estación biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2021.

5.4 Área basal

Área basal del ecosistema de referencia

El área basal promedio fue de $34,32 \pm 8,27 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}$, valor alto en un bosque secundario si se compara con otros estudios. Vargas (2012) considera que la cifra anterior es para bosques primarios y entre $19\text{-}28 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}$ en sucesión secundaria. Según Sánchez (2016) los bosques primarios en la zona de estudio tienen $37,02 \pm 3,46 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}$. La parcela uno presentó $46,73 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}$, $31,07 \text{ m}^2$ la tres y 25 m^2 la dos, esta última casi un 46 % inferior a la unidad muestral uno. La parcela uno presenta menor cantidad de individuos (262) que la dos (334), pero posee individuos con diámetros mayores (de 50 cm en adelante la parcela uno registró 33 individuos mientras que la dos solo 5) por lo que poseen gran peso sobre el G (Figura 3 y 11).

Estos resultados alertan sobre la muestra usada, ya que fue escogida con criterios de conveniencia. Las unidades de muestreo presentaron valores muy diferentes, la parcela uno de aproximadamente 40 años posee características de un bosque secundario maduro en una fase muy próxima a bosque primario. Mientras que la parcela dos de 30 años aproximadamente, reflejó datos semejantes a un

bosque en sucesión secundaria, y por otro lado la parcela tres de 35 años con valores intermedios entre las anteriores.

Área basal de regeneración asistida

El área basal promedio fue de 6,11 m²*ha, 5,81 m²*ha, 4,52 m²*ha y 2,80 m²*ha para M, H, N y L, respectivamente. El tratamiento M es un 54 % mayor al resultado de L. El tratamiento H posee mayor cantidad de individuos con 73 por hectárea, comparativamente con M, pero, sus diámetros son mayores por lo que poseen un mayor peso sobre el G.

A pesar de que N es el tratamiento testigo, posee valores cercanos a H y M, esto se debe a la presencia de remanentes en estas parcelas. Las estrategias más prometedoras para la restauración están relacionadas con árboles en pastos remanentes, sembrar o plantar especies nativas, la combinación de estrategias y especies será según el sitio específico (Holl et al., 2001). Los resultados manifiestan que los árboles remanentes pueden servir para mejorar el crecimiento de las plántulas por medio de las interacciones.

Comparación del área basal del ecosistema de referencia y regeneración asistida

La línea exponencial que presenta el gráfico pone en evidencia el comportamiento de que conforme aumenta la edad así mismo acrecienta el área basal (Figura 10). Sin embargo, Morales (2010) menciona que existen muchos factores además de la edad que pueden causar grandes diferencias en la crono - secuencia del bosque, como, por ejemplo: la distribución geográfica, variaciones edáficas, variaciones climáticas, uso anterior del suelo, biología de las especies, variaciones fenológicas, banco de semillas, tamaño y frecuencia de claros, dispersión de semillas, abundancia de especies generalistas, presencia de remanentes y limitaciones especiales.

Yepes et al. (2010) en la Región de Porce en Antioquia de Colombia, realizaron una evaluación de la crono-secuencia con edades desde siete hasta más de cuarenta y tres años. En esta, determinaron que las características estructurales evaluadas entre ellas el área basal, aumentó a medida que avanzó el proceso sucesional, coincidiendo dichos resultados con el presente estudio (Figura 10).

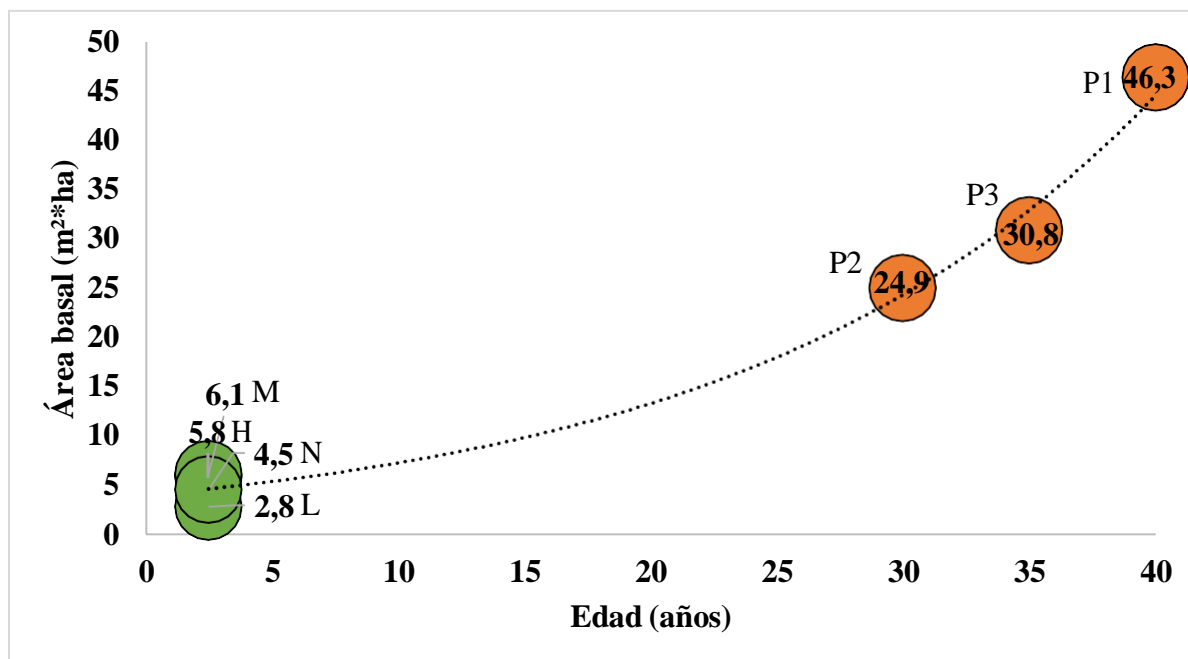


Figura 10. Área basal en las parcelas de muestreo en el bosque de referencia y tratamientos de regeneración asistida, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.

Acrónimos: P1: parcela 1 del bosque, P2: parcela 2 del bosque, P3: parcela 3 del bosque, H, M, N y L: tratamientos de regeneración asistida.

5.5 Distribución de área basal por clase diamétrica

Ecosistema de referencia

Las clases diamétricas con mayor suma de área basal promedio fueron, 10-19,9, 40-49,9 y 30-39,9 con 6,25, 5,64 y 4,67 m²*ha, respectivamente. La parcela número uno, a pesar de tener la menor abundancia de individuos, posee la G superior de las unidades muestrales. Esto se da por la sumatoria de área basal que aportan la presencia de árboles con clases diamétricas mayores. Mientras que la unidad dos sucede lo contrario, la G se concentra en clases diamétricas inferiores (10 a 29 cm), y aunque posee más cantidad de individuos, el valor global de G es menor. La parcela tres presentan valores medios entre estas dos (Figura 11).

Esta tendencia es característica cuando se comparan bosques en diferentes estadios de sucesión (Vargas, 2012); según lo anterior, de la muestra la parcela tres es quien representa un estado intermedio de sucesión. Yepes et al. (2010) indica que el número de árboles disminuye al

incrementar la edad de la sucesión, pero el grosor de los individuos es mayor conforme avanza la madurez del bosque.

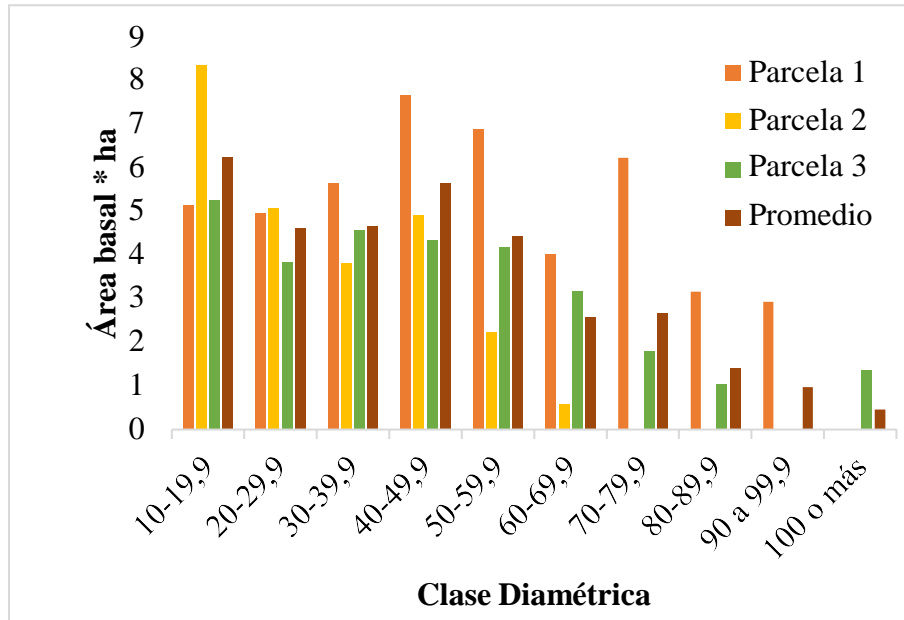


Figura 11. Distribución del área basal por clase diamétrica en el bosque de referencia, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.

Regeneración asistida

En la muestra, las clases diamétrica con mayor dominancia fueron el de 10-19,9 cm para los tratamientos H, L y N y para M el rango 20-29,9 m (Figura 12). Sin embargo, la distribución en cantidades de G en las clases es diferente para cada uno de los tratamientos evaluados, una de las causas es por la presencia de remanentes que varía entre tratamientos e internamente entre parcelas.

En un estudio del bosque tropical con sucesión de cinco a 15 años en la Península de Osa, da lugar a individuos en la clase de 75 a 85 cm, producto de la remanencia de árboles luego del abandono. Aún excluidos los remanentes, la mayor área basal se agrupa en las primeras clases, disminuyendo conforme el diámetro aumenta (Morales, 2010).

De todos los árboles dentro de la muestra (1197) el 60% (720) son de la especie balsa (*Ochroma pyramidale*) que se distribuyen en las clases diamétrica de 10 a 29,9 cm. Douterlungne et al. (2010) y Douterlungne et al. (2013) mencionan que la facilidad con la que se establece la balsa y su rápido

crecimiento propicia el potencial de este árbol como herramienta para iniciar el proceso de restauración, ya que estimula el establecimiento de otras especies arboladas bajo su dosel.

La rápida acumulación de hojarasca de balsa (*Ochroma pyramidale*) proporciona condiciones que pueden ser comparables a las de los bosques maduros. Sin embargo, esta hojarasca puede actuar como una barrera para la germinación de especies pioneras de semillas pequeñas que exigen luz (Van Brueghel et al., 2007).

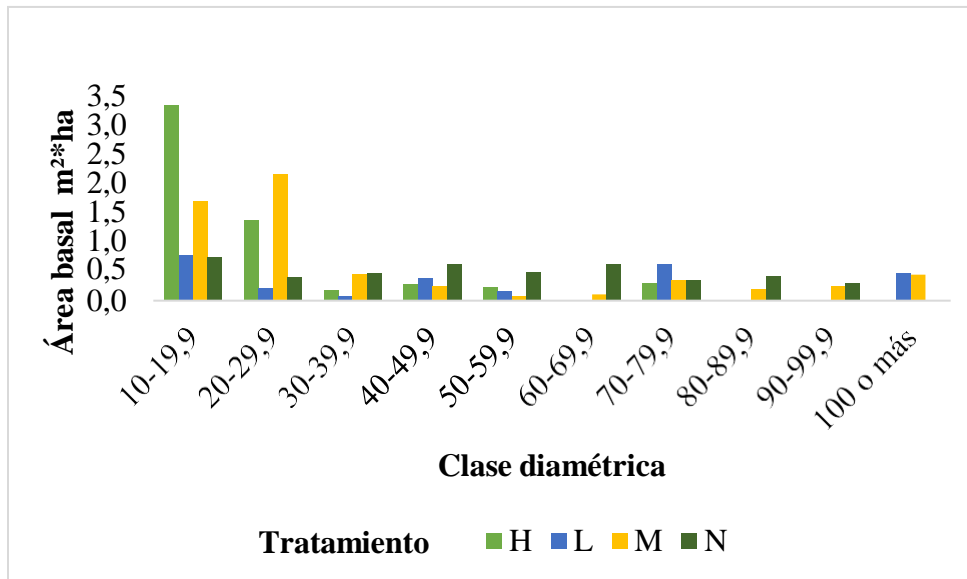


Figura 12. Distribución del área basal por clase diamétrica en los tratamientos de las parcelas de regeneración asistida, Estación biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2021.

5.6 Distribución de área basal por estrato vertical

Ecosistema de referencia

El estrato con mayor área basal en la parcela uno y tres es el piso superior con aproximadamente un 57,5 % del G total. En el estrato bajo se registró los menores valores en todos los tratamientos con promedio de 2,4 m²*ha (7%) (Figura 13). Es común encontrar la tendencia de incremento en el área basal conforme el bosque avanza en edad, debido a la acumulación de un alto número de individuos de gran tamaño (Vargas 2012), esto coincide con el presente estudio y las edades de las parcelas muestreadas.

Según Morales-Salazar et al. (2013), cuando las alturas aumentan cada vez más, este comportamiento se explica como el avance de la sucesión, siendo mayor en bosques primarios. Según lo anterior, la parcela que tendría mayor grado de sucesión es la uno, seguido de la tres y por último la parcela dos.

M. Sánchez (comunicación personal, 27 de abril, 2021), hijo del propietario anterior donde se ubican las parcelas de bosque, ha presenciado los cambios de cobertura a lo largo del tiempo. Este menciona que el crecimiento en altura y diámetro está directamente relacionado en la edad, dado que la parcela uno, dos y tres tienen 40, 30 y 35 años respectivamente. Además, adjudica que la parcela dos, está ubicada en “un sitio de mayor pendiente y suelos más rojos”, aspectos a considerar dado que siempre fue “un sitio difícil para el crecimiento de los cultivos y de la vegetación” (fertilidad del suelo). Contrario al sitio de ubicación de la parcela uno, donde los suelos eran muy fértiles para la producción de cultivos de frijol, maíz, entre otros.

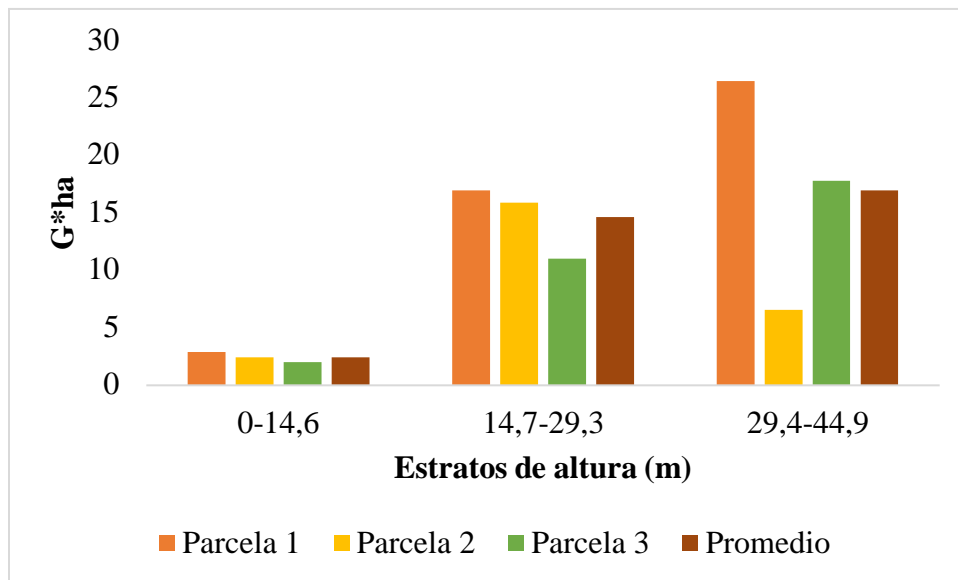


Figura 13. Distribución de área basal por estrato vertical en el bosque de referencia, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.

Regeneración asistida

Los estratos con mayor G para H son el piso medio y alto, sumando ambos da un 92 % del total del tratamiento. Para M las alturas entre 11 y 23 m presentan un valor de 49 %, por debajo están de 0 a 11 m con 34%. En L los estratos bajo y medio alcanzaron los mayores valores del

tratamiento con 41 % cada uno. En cuanto a N el estrato que presentó mayor G fue el estrato superior (46 %) (Figura 14).

Los árboles con alturas del piso superior en su mayoría son de procedencia remanente (Figura 14). La presencia de estos individuos en regeneración no siempre es positiva. En algunos casos los árboles expanden sus copas horizontalmente, con esto logran interceptar la mayor cantidad de luz que penetra en el sitio y consecuentemente, alcanzan mayores tallas. Esta competencia hace que los individuos de tallas inferiores se vean afectados en su crecimiento por la supresión que experimentan y eventualmente mueran (Restrepo et al., 2012).

Según Chazdon y Uriarte (2016) y Guimarães et al. (2019) en el tratamiento H con abundancia de 77 % puede ser no beneficioso para la regeneración asistida, mencionan que algunas especies muy competitivas como la balsa, forman un dosel mono dominante transitorio y densamente sombreado, especialmente en áreas con un alto potencial de regeneración natural, lo que puede repercutir en la exitosa colonización de otras especies.

En Chiapas de México, se evaluó la sucesión forestal en bosques secundarios dominados por *O. pyramidale* y bosques secundarios diversos, ambos de 10 a 15 años desde el abandono. En este, determinaron que la siembra de *O. pyramidale* antes del período de barbecho da como resultado gran competencia entre individuos reclutados, estimulando el crecimiento vertical. La especie presentó características estructurales similares a las de la selva tropical, pero esto limitó el establecimiento de especies arbóreas del sotobosque, especialmente especies de sucesión tardía, lo que disminuyó el desarrollo sucesional. Los resultados demostraron que los bosques con *O. pyramidale* como árbol dominante presentan mayor altura del dosel, en comparación con bosques diversos (Vleut et al., 2013).

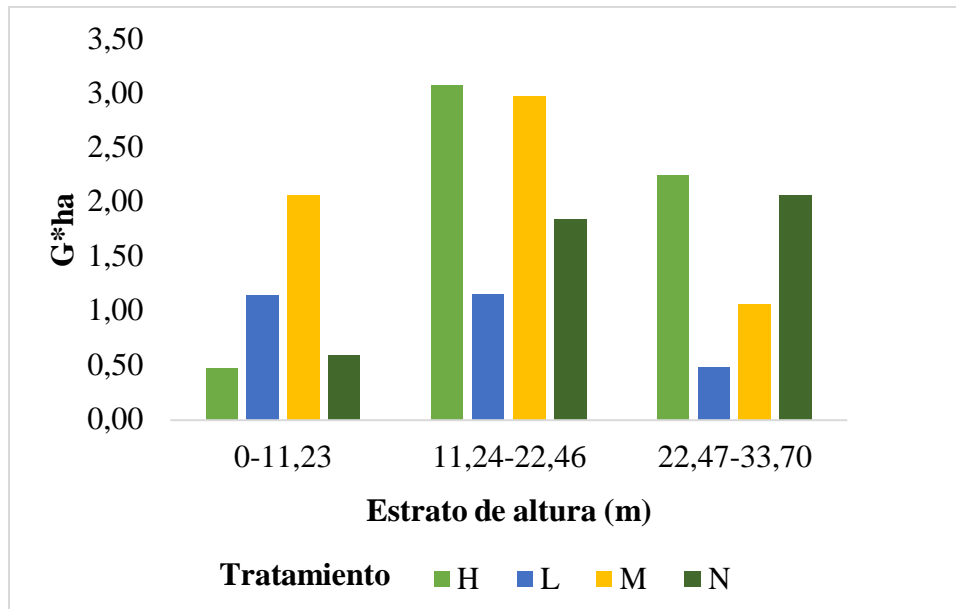


Figura 14. Distribución de área basal por estrato vertical en las parcelas de regeneración asistida, Estación biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2021.

5.7 Gremios ecológicos

Gremios ecológicos ecosistema de referencia

Las especies inventariadas en campo se clasificaron en cuatro categorías: heliófilas efímeras, heliófilas durables, esciófitas e indeterminadas. A continuación, se presentan según cada grupo:

Heliófitas efímeras: En la muestra se encontraron seis especies pertenecientes a este gremio: *Castilla tunu*, *Croton schiedeanus*, *Inga multijuga*, *Miconia argentea*, *Ochroma pyramidale* y *Piper reticulatum*, que representan el 19% (Figura 15). Según el CATIE (2016), este grupo es conocido como pioneras porque emergen rápidamente, al ser tan demandantes de luz. Géneros como *Cecropia*, *Ochroma* y *Miconia*, pueden lograr establecer un dosel leñoso continuo en un periodo de tres a cinco años, transcurrido ese tiempo, el dosel crea sombra y ocasiona la desaparición de las plantas herbáceas.

Estrada y Delgado (2018) señalan que la dinámica inicial del bosque en términos del crecimiento, reclutamiento y la mortalidad de especies, está altamente influenciado por la cantidad de recursos disponibles en el sitio, principalmente por los requerimientos lumínicos (el área de claros).

Heliófitas durables: es el grupo funcional que posee mayor representación con 49 especies en las parcelas, entre las que se pueden mencionar: *Apeiba tibourbou*, *Celtis schippii*, *Coccoloba tuerckheimii*, *Cordia bicoloral*, *Genipa americana*, *Goethalsia meiantha*, *Handroanthus chrysanthus*, *Inga alba*, *Lacistema aggregatum* y *Lonchocarpus ferrugineus*. Morales (2010), reporta para la zona varias especies comunes: *Apeiba tibourbou*, *Luehea seemannii*, *Goethalsia meiantha*, *Spondias mombin*, *Inga multijuga*, *Inga thibaudiana*, entre otras (Figura 15).

Este es el grupo con mayor cantidad de individuos, alcanzando un 57 % (Figura 15). Para la misma zona de estudio, Vargas (2012) manifiesta que los bosques secundarios están conformados con el 50% de heliófitas durables. El mismo comportamiento fue reportado por Jiménez (2019), quien indica que las heliófitas durables agrupan mayor cantidad de especies, seguido por las esciófitas y heliófitas efímeras. Esta condición Jiménez (2019) la justifica con la baja perturbación (poca apertura de claros) y disminución de especies con altos requerimientos de luminosidad.

Esciófitas: Dentro de las 25 especies que se registraron en este grupo están: *Anacardium excelsum*, *Chione venosa*, *Gustavia brachycarpa*, *Homalolepis cedron*, *Meliosma allenii*, *Pouteria torta*, *Pseudolmedia spuria*, *Vantanea barbourii*, *Tocoyena pittieri*, *Protium stevensonii*, entre otras. A pesar de presentar mayor cantidad de especies que otros gremios, representa el menor valor encontrado, por debajo de las heliófilas efímeras con un 17 % del total de la muestra (Figura 15).

En el estudio de Morales (2010) en la Península de Osa, evidenció que principalmente corresponden al gremio de las esciófitas: *Protium stevensonii*, *Symphonia globulifera*, *Caryocar costaricense*, *Gustavia brachycarpa*, *Brosimum lactescens*, *Cheiloclinium cognatum*, *Vantanea barbuorii*, etc., mismas que coinciden con el presente estudio (Anexo 10).

Indeterminadas: Del total de 99 especies registradas, 19 no se lograron asignar a un gremio ecológico, ya que el individuo no fue identificado o no se encontró la clasificación según literatura revisada; este grupo representa un 8% (Figura 15). Algunas de estas especies fueron *Caryocar costaricense*, *Ficus zarzalensis*, *Guarea tonduzii*, *Perebea hispidula*, *Pouteria spicata*, *Tachigali versicolor* y *Xylosma intermedia*.

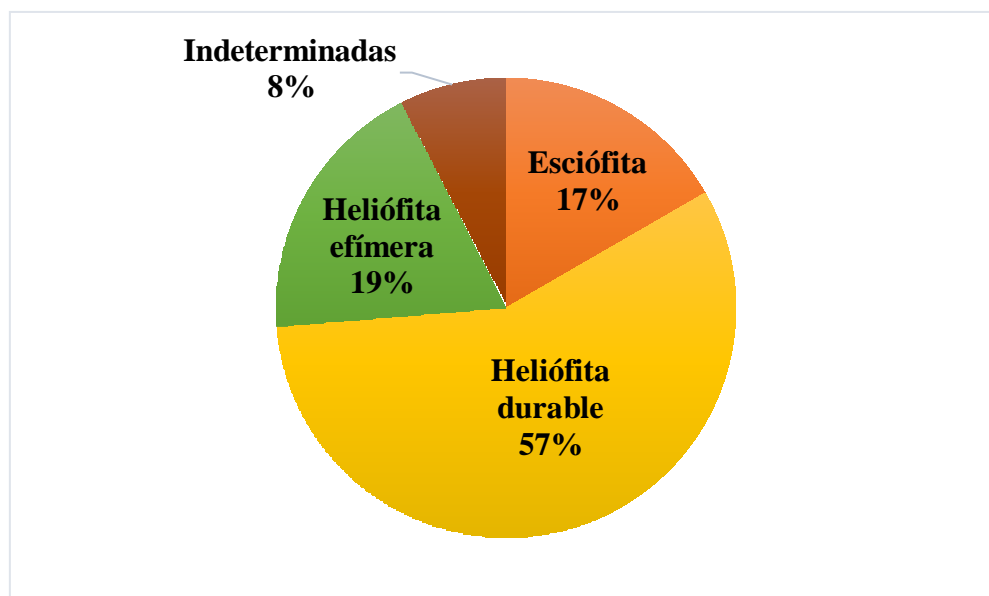


Figura 15. Clasificación de las especies según los gremios ecológicos en el bosque secundario de referencia, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.

El área basal de las especies heliófitas durables y esciófitas, demuestra que los bosques evaluados no han sufrido procesos de perturbación fuertes recientemente; por ende, no se ha propiciado el desarrollo de especies con requerimientos de luz altos (heliófitas efímeras). Esto hace que la competencia a nivel de dosel crezca y por ende las heliófitas efímeras empiecen a disminuir su presencia conforme avanza la sucesión, por los altos requerimientos de luminosidad (Morales-Salazar et al., 2013).

Según Ortiz et al. (2011), las esciófitas aumentan conforme madura el bosque y las heliófitas efímeras poseen un comportamiento inverso. Las heliófitas durables mantienen una conducta uniforme en los primeros estadios de sucesión y disminuyen conforme avanza la madurez del bosque. Con respecto a lo anterior, la parcela uno es la que posee un estadio de mayor madurez, seguido de la tres y por último la parcela dos que reúne características propias de una sucesión menor. En comparación con el estudio realizado por Vargas (2012) en el Corredor Biológico Osa, en los sectores de Río Piro, Matapalo, Los Mogos y Bahía Chal, el comportamiento del bosque en estudio presenta un estado de sucesión entre 15 a 30 años o más.

Gremios ecológicos regeneración asistida

El aumento del número de especies tolerantes a la sombra a lo largo de la sucesión es un indicador de la recuperación y fase de cambio estructural de los bosques (Morales et al., 2013). Las especies inventariadas se clasificaron en cuatro categorías (Anexo 11):

Heliófitas efímeras: En los tratamientos se encontraron seis especies para H, L y N, y para M siete, en común *Cecropia peltata* y *Guazuma ulmifolia*. H, L y M tienen en común cinco especies *Cecropia peltata*, *Guazuma ulmifolia*, *Inga multijuga*, *Ochroma pyramidale* y *Schizolobium parahyba*.

El tratamiento H es el que presenta el porcentaje mayor de este gremio con 96,7 %, seguido de M con 80,9 %, N con 64,4% y L es quien posee el valor menor con 25%. (Figura 16). Los resultados de H y M son justificables por la naturaleza de los tratamientos ya que la balsa es heliófila efímera. La balsa es considerada como una opción viable para la restauración forestal a corto plazo en América tropical, así como, en otras áreas tropicales en las que otras especies como los helechos, pastos, entre otros, obstruyen este proceso (Levy-Tacher et al., 2015).

En el caso de N que presenta alta presencia de este gremio (Figura 16), Díaz-Martín et al. (2008) justifica la presencia de estas especies en el ensayo testigo debido a que, en pastizales no manejados, las altas temperaturas y la alta irradiación características de las zonas abiertas, afectan más la supervivencia, de modo que para algunas especies no pioneras son los ambientes con la mayor mortalidad. Mientras que para las especies efímeras son el ambiente que ofrece las condiciones micro climáticas más favorables para la supervivencia.

En un estudio de regeneración en la Reserva de la Biosfera de Veracruz en México, durante los primeros 42 meses, los pioneros tuvieron un crecimiento más rápido y mejor supervivencia que los no pioneros y las especies con mayores tasas de crecimiento también mostraron una mayor supervivencia (Martínez-Garzaa et al., 2013).

Heliófitas durables: El tratamiento L es el que posee mayor abundancia de especies en este gremio con 41,4 % (58 individuos, 11 especies), que es producto de la naturaleza del tratamiento

(Figura 16). Existen patrones específicos de especies de acuerdo con sus necesidades ecológicas variables, es por esto por lo que las especies nativas pueden hacer frente a las duras condiciones si son seleccionadas según sus requerimientos (Aguirre et al., 2011).

El tratamiento N con solo seis especies, es el segundo con mayor grado de importancia de este gremio con un valor de 30,2 % (45 individuos). Quien presenta menores valores es H con 2,4 % (13 individuos, ocho especies) (Figura 16). De las especies que se registraron en este grupo están: *Astronium graveolens*, *Cedrela Odorata*, *Ceiba pentandra*, *Cupania rufescens*, *Ficus citrifolia*, *Ficus insípida*, *Ficus máxima*, *Genipa americana*, *Handroanthus chrysanthus*, *Inga punctata*, *Inga sapindoides*, *Lacmellea panamensis*, *Luehea seemannii*, *Pachira aquatica*, *Spondias mombin* y *Vitex cooperi*.

Morales (2010) en la Península de Osa en un bosque de cinco a 15 años registro las siguientes heliófitas durables: *Anacardium excelsum*, *Apeiba tibourbou*, *Castilla tunu*, *Cordia bicolor*, *Goethalsia meiantha*, *Hyeronima alchorneoides*, *Inga spp.*, *Luehea seemannii*, *Simarouba amara*, *Simaba cedron*, *Spondias mombin*, *Vochysia ferruginea*, entre otros. De las anteriores, *Inga spp.*, *Luehea seemannii* y *Spondias mombin* coinciden con el presente estudio.

Esciófitas: es el grupo funcional que posee menor variedad de especies. *Anacardium excelsum* es la especie que está presente en todos los tratamientos. El valor más alto lo presenta L con 11,4 % (*Anacardium excelsum* y *Damburneya umbrosa*), en segundo lugar, M con 5% (*Anacardium excelsum* y *Chimarrhis latifolia*) y por último H y N con 0,7 % (*Anacardium excelsum*, Figura 16).

Los individuos de dosel del bosque primario principalmente distribuidos en especies esciófitas, deberán pasar muchos años para que los bosques secundarios puedan tener esta composición y diversidad, ya que las especies heliófitas que colonizan un determinado sitio, generalmente se mantienen por varias décadas con el avance de la sucesión (Morales, 2010).

Morales et al. (2013) menciona que el número de especies del gremio esciófito incrementa con el avance de la sucesión, y es máxima en los bosques primarios, mientras que las especies heliófitas efímeras disminuyeron con el avance de la sucesión. Para el presente estudio de solo tres años en regeneración el porcentaje muy bajo del gremio esciófito es considerado un resultado natural.

Indeterminadas: el tratamiento que presento mayor porcentaje de especies indeterminadas fue L con un total de 22,1 % (31 individuos, dos especies) (Figura 16). En N, se registraron seis especies que no se encontró la clasificación según literatura revisada, esto significó en la muestra un total de 4,7 %. Para M se obtuvo un valor de 2,8 % (10 individuos, dos especies). En H solo se registró un individuo indeterminado de especie *Ficus zarzalensis* (0,2 %).

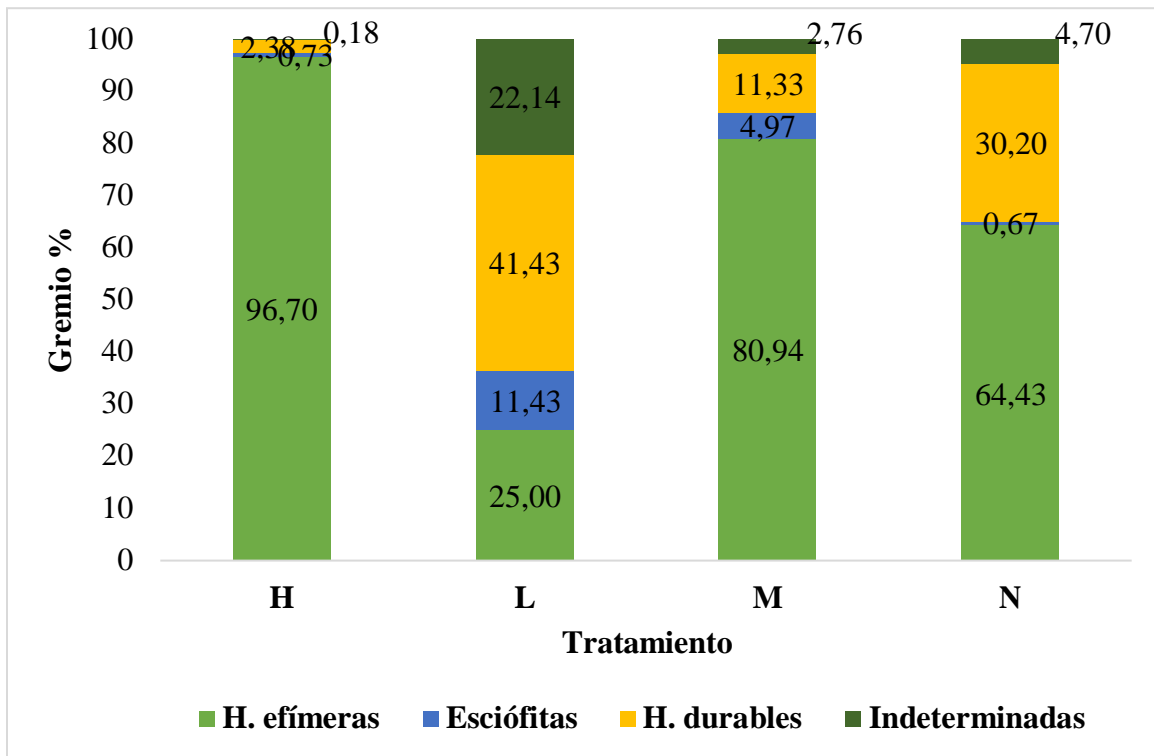


Figura 16. Clasificación de las especies según los gremios ecológicos en los tratamientos de regeneración asistida, Estación biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.

5.8 Índice de Valor de Importancia

Índice de Valor de Importancia ecosistema de referencia

En las tres parcelas, nueve especies reportan los mayores valores de IVI. *Spondias mombin* con un 15% posee mayor puntaje, debido a que se caracteriza por su abundancia y también por altos valores de dominancia (área basal). En segundo lugar, destaca *Luehea seemannii* y seguido de *Castilla tunu*. Además de *Inga multifuga*, *Apeiba tibourbou* y *Chimarrhis latifolia*, *Spondias*

radlkoferi, *Virola sebifera*, *Croton schiedeanus*, *Inga sapindiodes*. Las otras 89 especies representan el restante 51 % del peso ecológico (Figura 17).

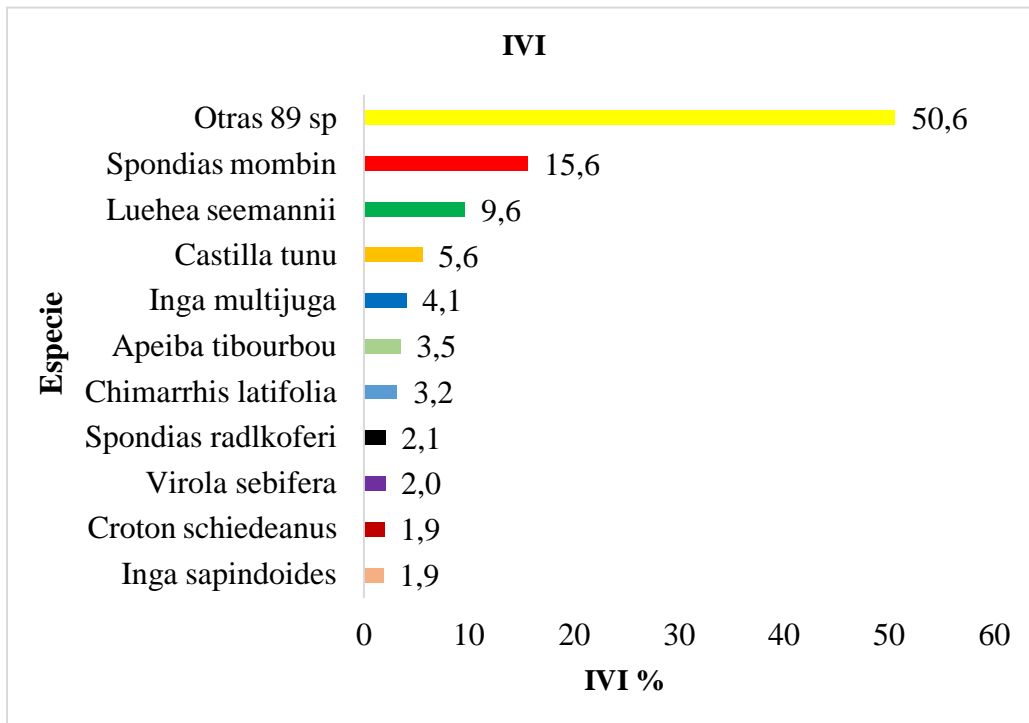


Figura 17. Índice de Valor de Importancia en el bosque de referencia de referencia, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.

Ortiz et al. (2011) indica que especies como *Apeiba tibourbou*, *Luehea seemannii*, *Spondias mombin* son de importancia reproductiva en los primeros dos pisos de altura. Además, de especies que están en clases diamétrica intermedias, por ejemplo, la *Apeiba membranacea*, *Castilla tunu*, *Chimarrhis latifolia*, representan valores de importancia para los bosques secundarios.

Jiménez (2019) en un bosque primario de la Península de Osa determinó como especies arbóreas con mayor IVI: *Otoba novogranatensis*, *Tapirira guianensis*, *Hymenaea courbaril* y *Poulsenia armata*. De estas anteriores, *O. novogranatensis* y *T. guianensis* se encontraron en el presente estudio, más no con los porcentajes mayores en peso ecológico.

Morales (2010), indica que los patrones florísticos de los bosques no están determinados por la edad de abandono por sí sola, sino por un conjunto de factores como uso anterior del suelo, fuentes de semilla, prácticas de manejo, presencia de ganado, el fuego, sequías y otros.

Índice de Valor de Importancia regeneración asistida

Las especies que se repitieron en la lista de las 10 con mayor importancia de IVI en los cuatro tratamientos, fueron: *Spondias mombin*, *Luehea seemannii*, *Guazuma ulmifolia*, y *Cecropia peltata*. Por la naturaleza de los tratamientos H y M, *Ochroma pyramidale* posee mayor IVI, con 35% y 26%, respectivamente (Figuras 18 y 19).

Levy-Tacher et al. (2013) sugieren que los árboles de balsa (*Ochroma pyramidale*) aceleran sustancialmente la funcionalidad de los ecosistemas de bosques tropicales. Identificaron un aumento de 5% de materia orgánica en suelos con densas poblaciones de esta especie, en comparación con áreas cubiertas por otras especies nativas. Después de un año, los suelos tenían una densa capa de materia orgánica, la vida silvestre que dispersa semillas comenzó a aparecer y hubo un reclutamiento natural de vegetación leñosa.

Los tratamientos con mayor similitud de las 10 especies con mayor IVI son M y N ya que coinciden en ocho de 10 especies: *Guazuma ulmifolia*, *Luehea seemannii*, *Cecropia peltata*, *Spondias mombin*, *Inga sapindoides*, *Miconia argentea*, *Ficus zarzalensis* y *Vitex cooperi* (Figuras 19 y 21). Asimismo, los tratamientos que menor similitud son H y N, coincidiendo en cinco de las 10 especies: *Guazuma ulmifolia*, *Luehea seemannii*, *Cecropia peltata*, *Spondias mombin* y *Vitex cooperi* (Figuras 18 y 21).

Para el tratamiento H las tres especies que poseen mayor IVI después de la balsa (*Ochroma pyramidale*) son *Guazuma ulmifolia*, *Cecropia peltata* y *Luehea seemannii*, todas especies que regeneraron en el sitio (Figura 18). Estas tres especies anteriormente nombradas son las protagonistas con mayor IVI en N (Figura 21). La abundante regeneración de ciertas especies que cierran el dosel crea condiciones favorables para el establecimiento de especies tolerantes a la sombra; adicionalmente animales típicos de bosques que traen las semillas de los bosques primarios vecinos pueden también contribuir con la alta regeneración de las especies de la zona (Yepes et al., 2010).

Las diferencias en pendiente, drenaje, manejo, aclareo irregular y otras condiciones del sitio podría explicar por qué las diferentes especies maderables tienen más éxito en reclutar la regeneración del sotobosque en cada uno de los sitios. Usualmente los sitios no son réplicas perfectas, lo que pueden influir en la variabilidad de los resultados (Cusack y Montagnini, 2004).

Los tratamientos L y N son los que poseen una distribución de IVI más homogénea entre las especies (Figuras 19 y 20). La calidad de la restauración de ecosistemas perturbados depende de la composición de las especies al inicio de la implantación del proceso de reforestación. En ambientes en fase de construcción, el hábito y función de cada especie contribuyen a la sostenibilidad de la restauración. La composición e interacción entre especies desarrollan atributos ambientales distintos, modificando la riqueza de especies y la complejidad del ecosistema (Cortines y Valcarcel, 2009).

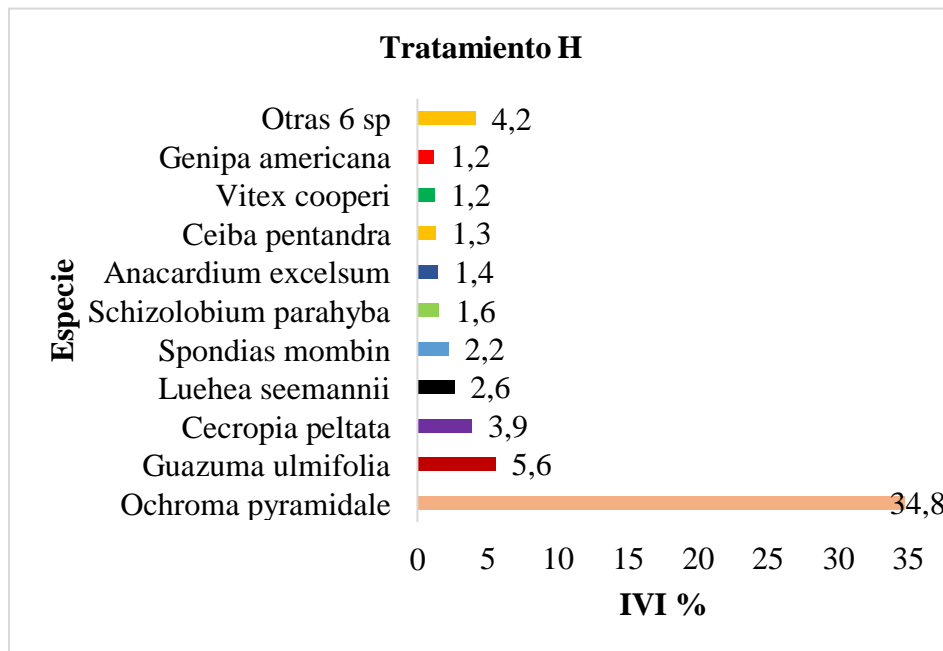


Figura 18. Índice de Valor de Importancia en el tratamiento H de las parcelas de regeneración asistida, Estación biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.

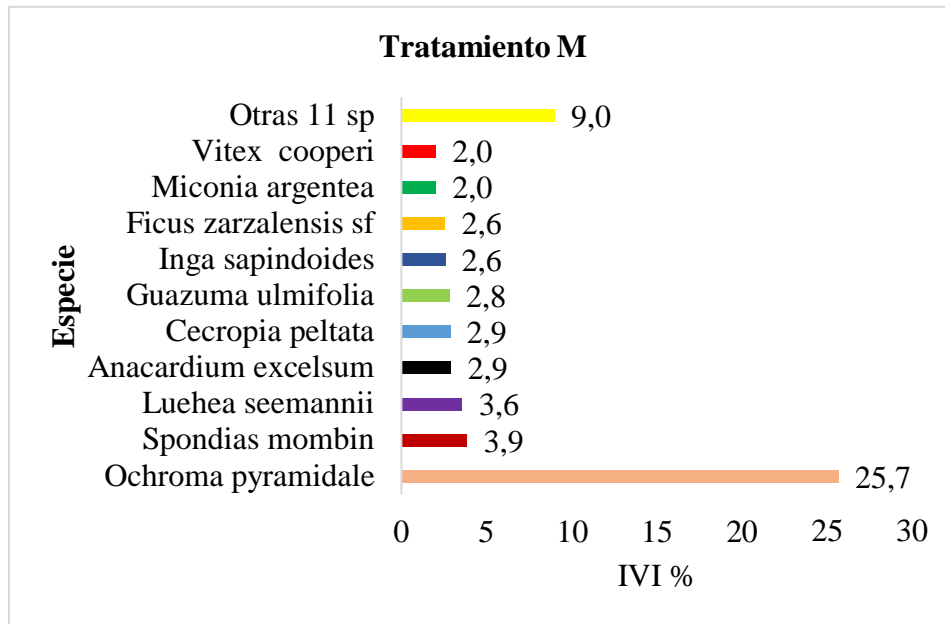


Figura 19. Índice de Valor de Importancia en el tratamiento M de las parcelas de regeneración asistida, Estación biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.

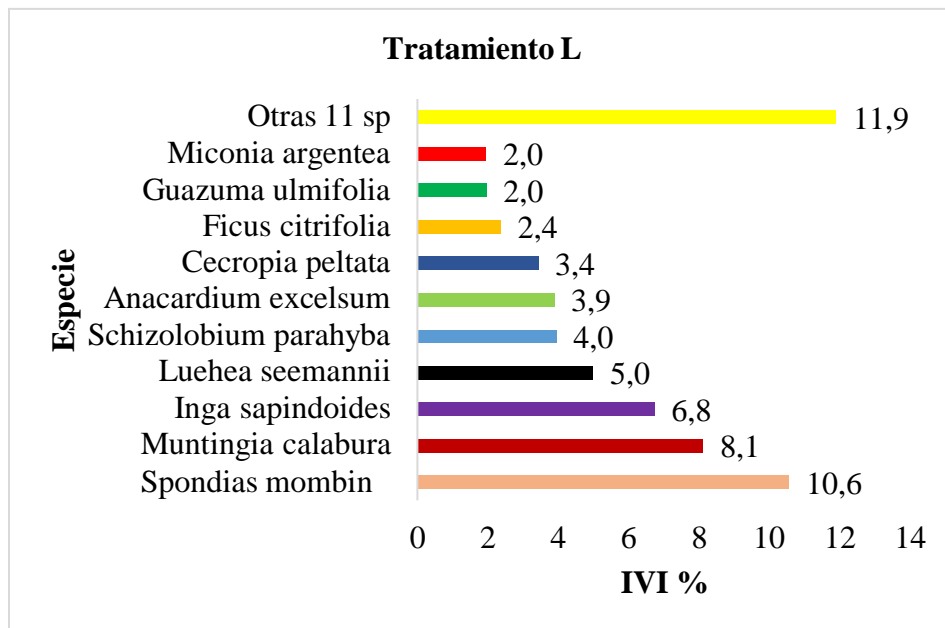


Figura 20. Índice de Valor de Importancia en el tratamiento L de las parcelas de regeneración asistida, Estación biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.

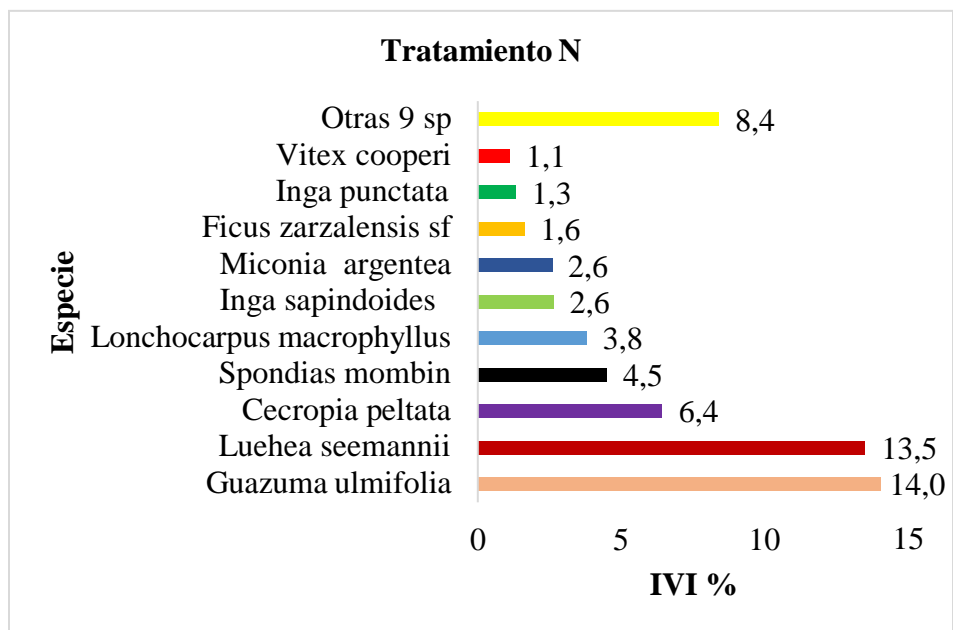


Figura 21. Índice de Valor de Importancia en el tratamiento N de las parcelas de regeneración asistida, Estación biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.

5.9 Índice de Shannon-Wiener e Índice de Simpson

Índice de Shannon-Wiener e Índice de Simpson Ecosistema de referencia

En la muestra se determinó un índice de Shannon-Wiener de 1,45. Según Jiménez (2019) el índice de Shannon-Wiener suele variar entre 1,5 a 3,5 y que rara vez alcanza valores mayores a cuatro, como el caso de la Reserva Nacional de Tambopata (Perú); que según un estudio realizado por Báez y Garate (2017), varió de 3,35 a 4,54. Para el presente estudio, el bosque es poco diverso, se evidencia que existe una baja heterogeneidad en este sitio. El bosque en estadios mayores (primario) son los más diversos, los cuales suelen diferir estadísticamente de los bosques secundarios, por lo tanto, la diversidad aumenta conforme se incrementa la edad del bosque (Vargas, 2012).

El Índice de Simpson fue de 0,07. Los valores cercanos a cero indican poca dominancia de especies y mayor riqueza o diversidad de estas en el sitio (Pérez, 2002). Jiménez (2019) y Vargas (2012) atribuyen los valores de riqueza y diversidad según edad del bosque porque conforme aumenta la edad, mayores son estos factores. Para el presente caso comparando unidades muestrales, la

parcela dos, tres y una en este orden, presentan valores ascendentes (mayores valores en riqueza, diversidad y por lo tanto en sus edades).

Índice de Shannon-Wiener e Índice de Simpson regeneración asistida

En cada tratamiento se determinó un índice de Shannon-Wiener, L fue el sitio más diverso y heterogéneo de los cuatro tratamientos, en segundo lugar, se encuentra N. Mientras que, los menos diversos son H y M, esto está altamente influenciado por lo que se plantó en cada tratamiento (Figura 22).

El valor más cercano a 0 en el Índice de Simpson fue L, lo que indica mayor riqueza o diversidad de las especies (Figura 22). H es el tratamiento con mayor dominancia de especies en estos sitios y menor diversidad, principalmente por *Ochroma pyramidale*, plantada con el propósito de que colonice los sitios rápidamente, generando sombra para que los sitios se diversifiquen con otras especies con requerimientos de luz específicos.

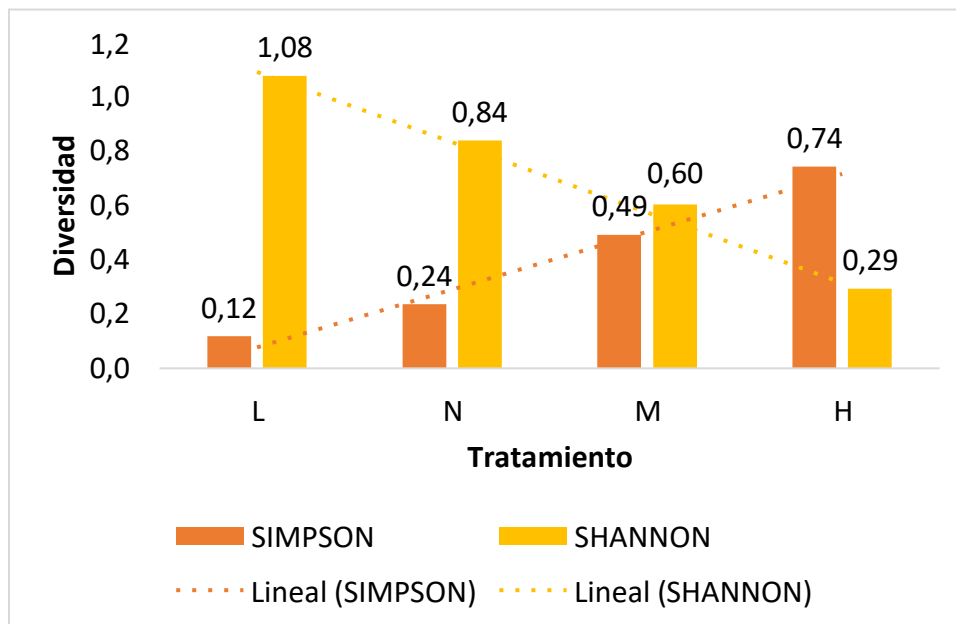


Figura 22. Índice de Shannon-Wiener e Índice de Simpson en los tratamientos de las parcelas de regeneración asistida, Estación biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.

Sandor (2012) menciona que la riqueza y la diversidad de especies aumentan con la edad del bosque. Sin embargo, Mesquita et al. (2015) menciona que la edad tiene un efecto divergente en

cada tratamiento. El uso de la tierra en el pasado determina en gran medida la composición de las especies y los años de sucesión en algunos casos tiene una contribución relativamente baja para determinar la composición de las especies y que la sucesión apunta a diferentes direcciones.

Las numerosas barreras para la regeneración pasiva, incluido el historial de uso de la tierra, tipos de suelo, el manejo de incendios, la ganadería, la falta de fuentes de semillas, las limitaciones de nutrientes del suelo, presencia de bosques primarios remanentes, biología de las especies, variaciones fenológicas y las condiciones micro climáticas han estancado el crecimiento de los bosques y pueden ser un factor decisivo para que la riqueza de especies (Choi, 2015; Yepes et al., 2010).

Según Morales (2010) en su estudio en Península de Osa, los análisis del índice de Shannon y Simpson presentaron diferencias estadísticas significativas entre los estadios de sucesión de bosque. Los más diversos fueron los bosques primarios con edades mayores a 30 años, en segundo lugar, los de cinco a 15 años y por último los de 15 a 30 años, por consiguiente, en bosques de cinco a 15 años o con edades mayores a 30 años presentan mayor riqueza y menor dominancia de especies que el bosque 15 a 30 años.

5.10 Carbono

Carbono almacenado en el ecosistema de referencia y en regeneración asistida

En promedio por hectárea en el ecosistema de referencia se obtuvo 158,41 Mg de carbono. Sánchez (2016) reportó $214,44 \pm 35,43$ Mg*ha para bosques primarios de la Reserva Forestal Golfo Dulce, Península de Osa. En un estudio realizado por Ulate (2011), menciona que para un bosque intervenido se obtienen valores de 168,25 Mg*ha de carbono, quien justifica que estos pueden depender de la intensidad con que sea aprovechado el bosque o de las condiciones e impactos que se generen.

El promedio de carbono almacenado por hectárea para cada tratamiento de regeneración asistida fue de 14,5 Mg, 13,7 Mg, 13,4 Mg y seis Mg para H, N, M y L respectivamente. H, N y L poseen valores similares entre sí; mientras que L, presenta menos de la mitad del carbono encontrado en los otros tres tratamientos (Figura 23).

Según Del Valle et al. (2011) en su estudio sobre la recuperación de carbono mediante la sucesión secundaria en la Cordillera Central de los Andes en Colombia, obtuvieron un valor de 9,4 Mg*ha de carbono aproximadamente a los 2,5 años, edad similar a los tratamientos en el presente estudio.

La diferencia de almacenamiento de carbono entre H, N y M es poca, esto se debe principalmente por la presencia de remanentes de diámetros grandes en algunos sitios, versus alta densidad de árboles plantados de diámetros pequeños según el tratamiento. Un punto importante que repercutió en todos los resultados adquiridos es que se observó gran diferencia entre parcelas del mismo tratamiento, algunas presentaban un exitoso comportamiento del ensayo, otras tenían problemas con la mortalidad principalmente por suelos inundables.

Al igual que la Figura 10 de área basal, el carbono posee un comportamiento en línea exponencial, conforme aumenta la edad así mismo acrecienta el área basal (Figura 23). Según Arias et al. (2019), el crecimiento es parte fundamental del desarrollo de los árboles, los procesos fisiológicos e hidráulicos forman la acumulación de biomasa y carbono, incidiendo en el tamaño de los individuos conforme pasa el tiempo.

Las diferencias en las respuestas de crecimiento se deben a las distintas estrategias que poseen las especies para sobrevivir y adaptarse a los ambientes. Las primeras etapas de regeneración son críticas para entender la capacidad de una especie para establecerse en un hábitat determinado (Ley, 2014). Según Arias et al. (2019) las especies de baja densidad tienen mayor tasa de crecimiento circunferencial durante su etapa juvenil y por consiguiente mayor acumulación de biomasa y carbono. En los resultados del ensayo, el tratamiento H es el que posee mayor fijación de carbono, esto porque presenta 75 % la especie *Ochroma pyramidale* (balsa), que posee un crecimiento muy rápido por ser una de las densidades de madera más bajas en el mundo.

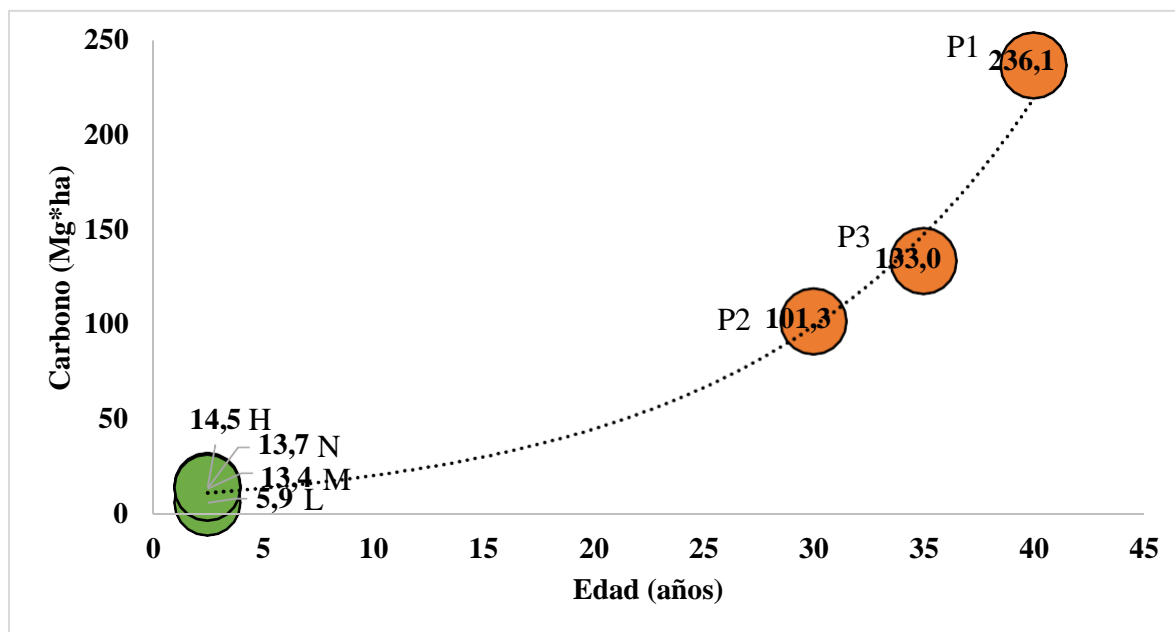


Figura 23. Carbono almacenado en las parcelas de muestreo en el ecosistema de referencia y tratamientos de regeneración asistida, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.

Acrónimos: P1: parcela 1 del bosque, P2: parcela 2 del bosque, P3: parcela 3 del bosque, H, M, N y L: tratamientos de regeneración asistida.

5.11 Distribución de carbono por clase diamétrica

Distribución de carbono por clase diamétrica en el ecosistema de referencia

La distribución de carbono por clase diamétrica en las parcelas tiene un comportamiento distinto entre ellas. Pallqui (2014), Burgos (2012) y Vásquez y Arellano (2012) indican que, la alta variación en la estructura y las reservas de biomasa y de carbono entre los diferentes tipos de bosque, está relacionado con los procesos de sucesión natural, con los factores ambientales y con la presión antrópica.

La parcela uno denota picos altos de almacenamiento de carbono en las clases 40-49,9 cm (39,70 Mg*ha), 50-59,9 cm (37,46 Mg*ha), 70-79,9 cm (35,56 Mg*ha) y 90-99,9 cm (26,14 Mg*ha) (Figura 24). Este comportamiento es similar al reportado por Sánchez (2016), quien menciona que conforme aumenta el valor del diámetro así es el carbono fijado; por su parte, las clases diamétrica más bajas son las que en menor cantidad capturan carbono. Slik et al. (2013), concuerda con lo expuesto anteriormente, ya que, en su estudio a nivel pan tropical, determinó que los árboles

grandes ($dap \geq 70$ cm) son los que almacenan grandes cantidades de carbono debido a su volumen de madera.

Por otro lado, en la parcela dos el panorama es inverso, dado que los valores por debajo de 49,9 cm son las que poseen mayor representación en cuantificación de carbono (Figura 24). Conjuntamente, la unidad de muestreo tres presenta valores intermedios en comparación con las otras dos parcelas, donde se encuentra una distribución de carbono más homogénea entre los intervalos. En cuanto al total de la muestra, la que presenta mayores valores es 40-49,9 cm con 27,28 Mg*ha (17%) seguido de 50-59,9 cm con 23,64 Mg*ha (15%).

En un estudio en bosques secundarios del norte de Antioquia, Colombia, Restrepo et al. (2012) encontraron que, aunque las clases diamétricas inferiores tenían muchos árboles, la suma de sus biomásas era muy baja debido a sus bajas tallas. Por el contrario, en clases diamétricas superiores los individuos tenían tallas mayores que representan mayor biomasa individual, pero con muy pocos individuos. Urrelo (2018) en Perú, coincide con el presente estudio, en el cual se obtuvo que el mayor almacenamiento de carbono se encuentra en los árboles de 30 a 49,9 cm, representando un 80% del carbono almacenado.

Las clases diamétricas que obtuvieron valores menores de captura de carbono fueron 80-80-89,9 (5%) y mayores a 100 cm (2%) (Figura 24). Estos resultados, difieren del estudio realizado en Perú por Vega (2017), quien concluyó que las clases <100 cm de DAP, tienen un papel fundamental en el almacenamiento de carbono, donde la mayor fijación de estos se encuentra en los árboles de 100 a 150 cm de DAP (74,15 %).

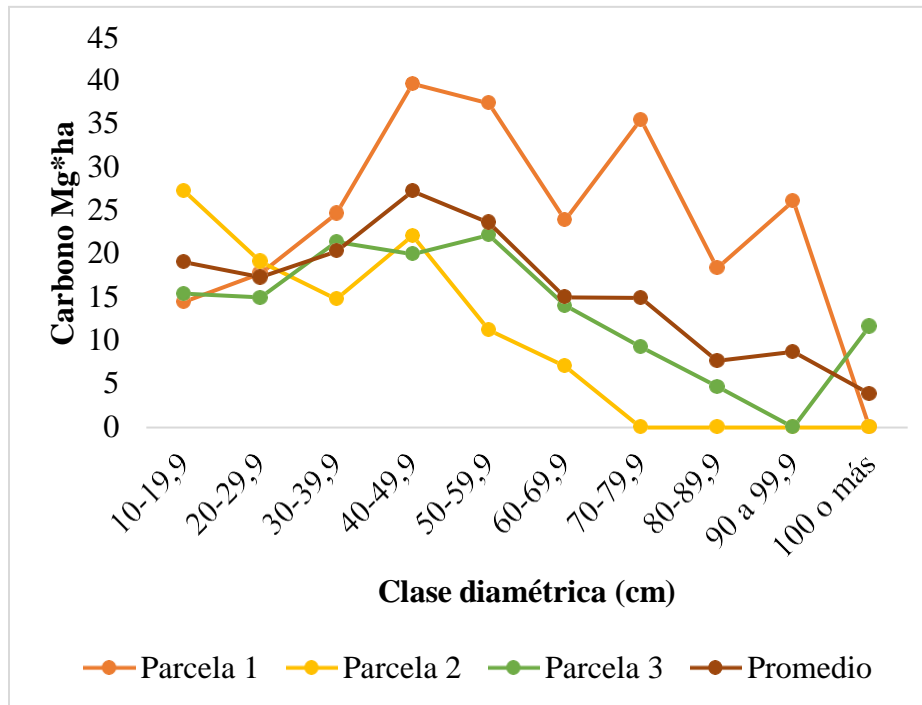


Figura 24. Distribución de carbono por clase diamétrica en el ecosistema de referencia, Estación biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.

Distribución de carbono por clase diamétrica en regeneración asistida

La distribución de carbono por clase diamétrica presenta un comportamiento distinto entre tratamientos. Para H se observa un pico sobresaliente en la clase diamétrica de 10 a 19,9 cm con 7,41 Mg*ha (51%), seguido esta la clase 20-29,9 con 3,69 Mg*ha (25%) y la de 70 a 79,9 con 1,40 Mg*ha (10%). El sobresaliente valor de la clase 10-19,9 en H, se debe a la abundancia de árboles de *Ochroma pyramidale* (balsa) en este ensayo, estos diámetros son homogéneos porque en su mayoría tienen la misma edad de haberse plantado.

Los árboles de pequeños diámetros son un aporte importante en la biomasa; principalmente, en los bosques secundarios tempranos, claros, perturbaciones naturales o donde abundan este tipo de individuos (Yepes et al., 2010). Según Del Valle et al. (2011), cuando la biomasa crece inicialmente de manera exponencial alcanzando sus incrementos instantáneos desde el año cero, este tipo de crecimiento refleja adecuadas condiciones de fertilidad de los suelos. Es decir, las bajas tasas iniciales de recuperación de la biomasa están asociadas con condiciones edáficas y/o climáticas adversas para el desarrollo sucesional inicial.

El tratamiento L, presentó valores bajos en comparación con los otros tratamientos. Las clases 70-79,9 cm, 100 o más y 40-49,9 cm corresponden a los valores más altos encontrados en este mismo, con las siguientes cifras 1,92 Mg*ha (32%), 1,24 Mg*ha (21%) y 1,02 Mg*ha (17%), respectivamente. El diámetro y la cantidad de los árboles influye en la capacidad de almacenamiento de carbono del bosque; ya que, a mayor valor de estos, mayor es el stock de carbono (Cavanaugh et al., 2014).

El tratamiento M es el único tratamiento que presenta en todas las clases diamétricas valores mayores a 0 Mg*ha. M denota picos altos de almacenamiento de carbono en las clases 20-29,9 cm, 10-19,9 cm y 70-79,9 cm con 3,61 Mg*ha (27%), 2,76 Mg*ha (21%) y 1,59 Mg*ha (12%) respectivamente.

En el caso del tratamiento testigo (N), las clases que presentan mayores valores son 40-49,9 (2,61 Mg*ha (19%)), 60-69,9 (2,03 Mg*ha (15%)) y 30-39 (1,61 Mg*ha (12%)). Según Yepes et al. (2010) y Slik et al. (2013) los árboles de mayores dimensiones son los que desempeñan un papel importante en el comportamiento de la biomasa, y por consiguiente en el almacenamiento de carbono. La pérdida de estos afecta sustancialmente la cantidad de biomasa y carbono que fija el ecosistema. Resultados similares se han registrado en la Estación Biológica La Selva en Costa Rica; donde, un árbol de 150 cm de diámetro equivale a la biomasa de aproximadamente 607 árboles de 10 cm de diámetro (Clark y Clark, 1996).

En todos los tratamientos, las clases que obtuvieron valores menores de captura de carbono fueron 60-69,9 cm, 50-59,9 cm, 80-89,9 cm y 90-99,9 cm. Restrepo et al. (2012) justifica este comportamiento en clases diamétrica altas porque usualmente se encuentran muy pocos árboles de tallas grandes y un número alto de individuos de tallas pequeñas (Figura 25).

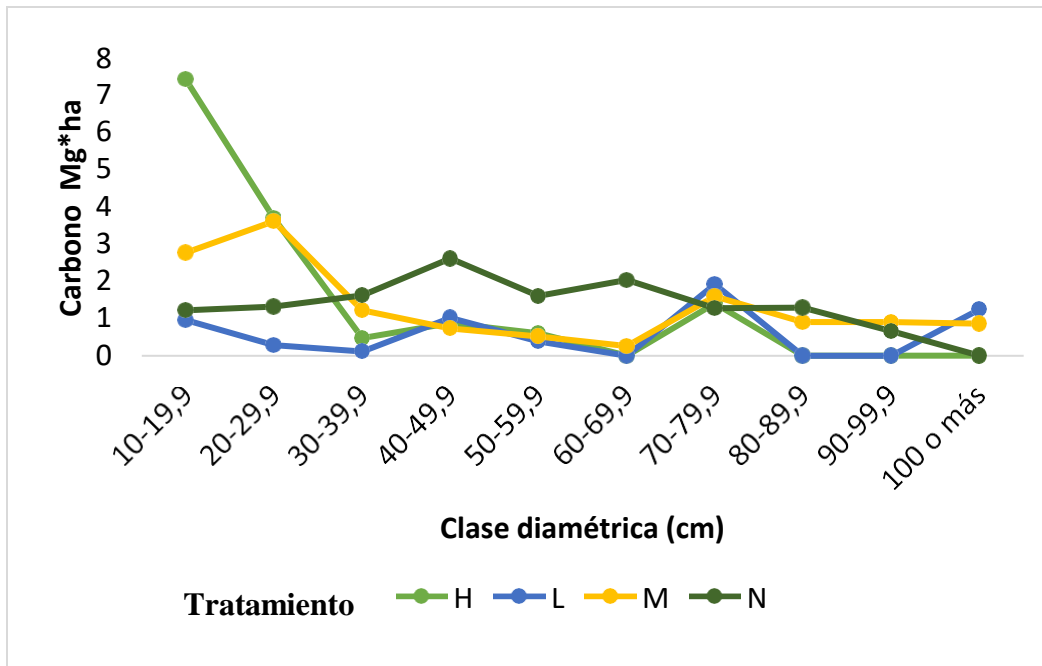


Figura 25. Distribución de carbono por clase diamétrica en las parcelas de regeneración asistida, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.

5.12 Distribución de carbono por estratos verticales

Distribución de carbono por estratos verticales en el ecosistema de referencia

Los árboles con alturas entre los 0-14,6 m representan el valor más bajo en todas las parcelas con un promedio de 5, 2 Mg*ha (3%). Para la parcela uno y tres, el estrato que posee más carbono es el piso superior, con 167 Mg*ha y 88 Mg*ha, respectivamente. Estas parcelas, poseen un comportamiento ascendente; es decir, a mayor altura mayor es la fijación de carbono. Para la parcela dos, se muestra un comportamiento en forma de campana, ya que su estrato de mayor importancia es el intermedio con 56% y en los estratos aunados a este decrece (5 % y 39 %) (Figura 26).

Taylor et al. (2015), indican que la cantidad de carbono en los bosques primarios de la Península de Osa varía hasta nueve veces, almacenado desde 25 a 225 Mg C* ha, las regiones donde se obtuvieron valores más altos fueron donde se encontraron árboles emergentes que a menudo superan los 60 m de altura. Desde una perspectiva pan tropical, las alturas de los árboles en las selvas tropicales de la Península de Osa son mayores que la mayoría de las selvas tropicales (35-

45 m altura). Por ello, se comparan con los de África y el sudeste asiático; ya que, típicamente pueden superar los 60 m de altura. Aún, se desconoce porque las selvas tropicales en la Península de Osa son mucho más altas que la contraparte neotropical promedio.

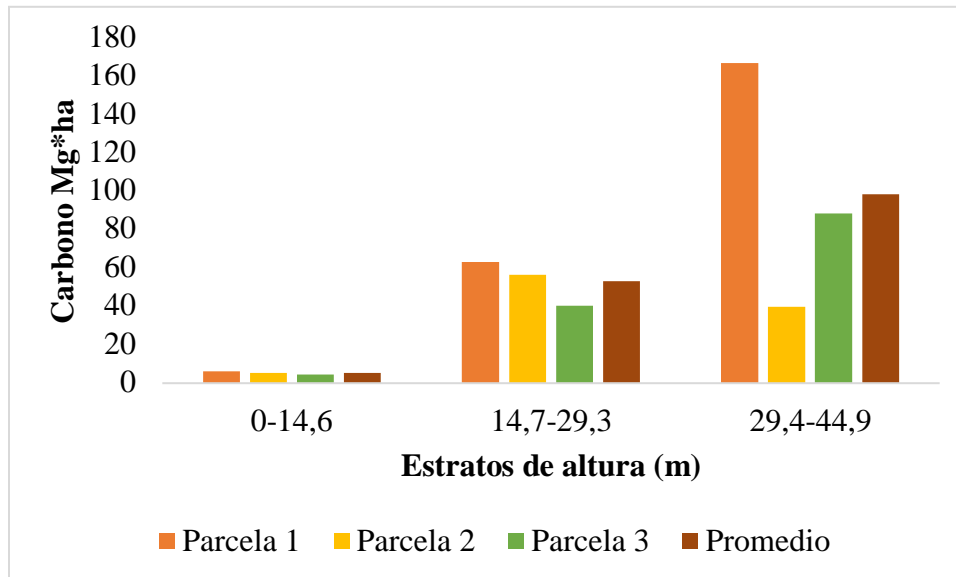


Figura 26. Distribución de carbono por estratos de altura en el ecosistema de referencia, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.

Distribución de carbono por estratos verticales en regeneración asistida

Los tratamientos H, L y M presentan la mayor concentración de carbono en el estrato medio (de 11 a 23 m) y en segundo lugar el estrato alto (Figura 27). Los bosques tropicales secundarios del Corredor Biológico de Osa, con edades de cinco años a 15 años poseen una altura máxima promedio de 17 m, valores similares a estos dos tratamientos (Morales, 2010).

Las alturas entre los 0-11 m son las que representan el valor más bajo en todos los tratamientos. Para el estrato mayor entre 23 y 34 m, el tratamiento que presentó mayor cantidad de carbono es N con 7,92 Mg*ha (58%) (Figura 27).

Yepes et al. (2010), describe que la biomasa aérea de los bosques o sitios en regeneración puede presentar alta variabilidad si se comparan entre ellos. Esto relacionado con la edad de los sitios, la irregularidad en la respuesta y la trayectoria sucesional de cada uno, que condicionan la existencia de árboles de ciertos tamaños y especies.

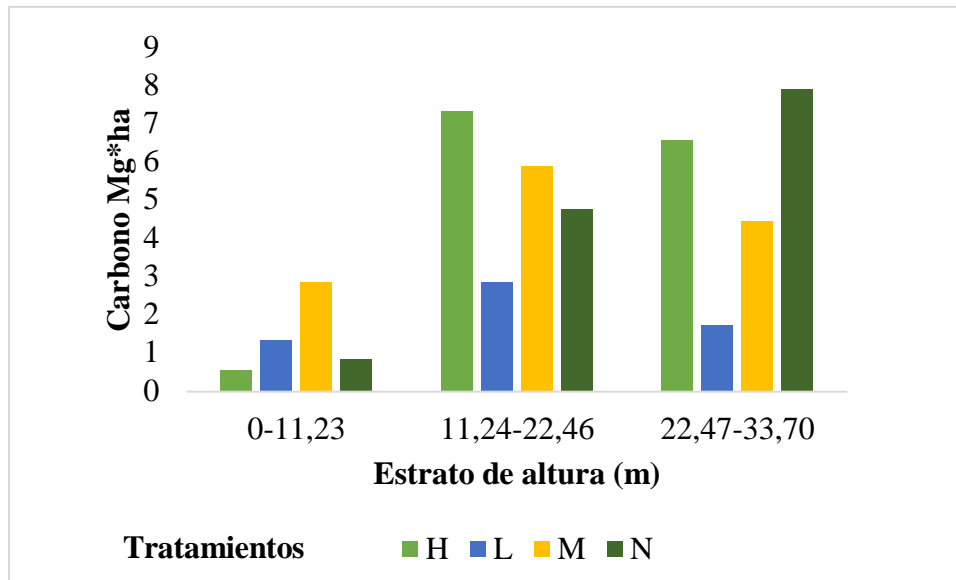


Figura 27. Distribución de carbono por estratos de altura en los tratamientos de regeneración asistida, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.

5.13 Distribución de carbono por gremio ecológico

Distribución de carbono por gremio ecológico en el ecosistema de referencia

Para todas las parcelas, el grupo funcional que presentó mayor contenido de carbono es el de heliófila durable; el cual, representó en promedio 97,72 Mg*ha, correspondiente al 62 % de lo reportado. Esto está directamente influenciado por ser el grupo con mayor representación de especies y cantidad de individuos con 57,2 % del total.

En el gremio de heliófitas efímeras, la parcela tres representó la mayor cantidad de carbono almacenado, esto principalmente porque la especie de mayor abundancia es *Castilla tunu* (20% de los individuos encontrados); en promedio, se obtuvo únicamente para esta especie 18,89 Mg*ha (12%). Según Morera-Beita et al. (2019) para la zona de estudio la *C. tunu* posee una densidad media por hectárea de $8,30 \pm 4,42$ individuos (85 máx. densidad), por lo que es considerada “oligarca” concepto utilizado a escala de paisaje regional cuando son abundantes y frecuentes. Según Vásquez y Arellano (2012), la contribución de las especies a las reservas de biomasa y carbono se da de forma desigual, la mayor cantidad de carbono almacenado está reducido a cierto número de especies.

En el gremio de las esciófitas, la parcela que presento mayor cantidad de carbono fue la parcela uno, representando el segundo valor de importancia en esta unidad muestral (38,2 Mg*ha), mientras que para la parcela tres este gremio fue el más bajo (2,5 Mg*ha) y en promedio se obtuvo un 23,72 de Mg*ha (15%).

Las especies a las cuales no se lograron determinar en algún grupo funcional representaron 18,08 Mg* ha (11 %). La unidad que presentó la mayor cantidad de estas fue la parcela uno (38,2 Mg*ha), mientras que la tres con el menor valor de 2,9 Mg*ha (Figura 28). Según Jiménez (2019), en estos bosques de sucesión secundaria la cantidad de individuos se concentra en heliófilas durables. Sin embargo, Urrelo (2018) mencionan que la suma de individuos no es el único aspecto que potencializa la fijación de carbono, sino también, las densidades de la madera, la edad, el dap y tipo de bosque.

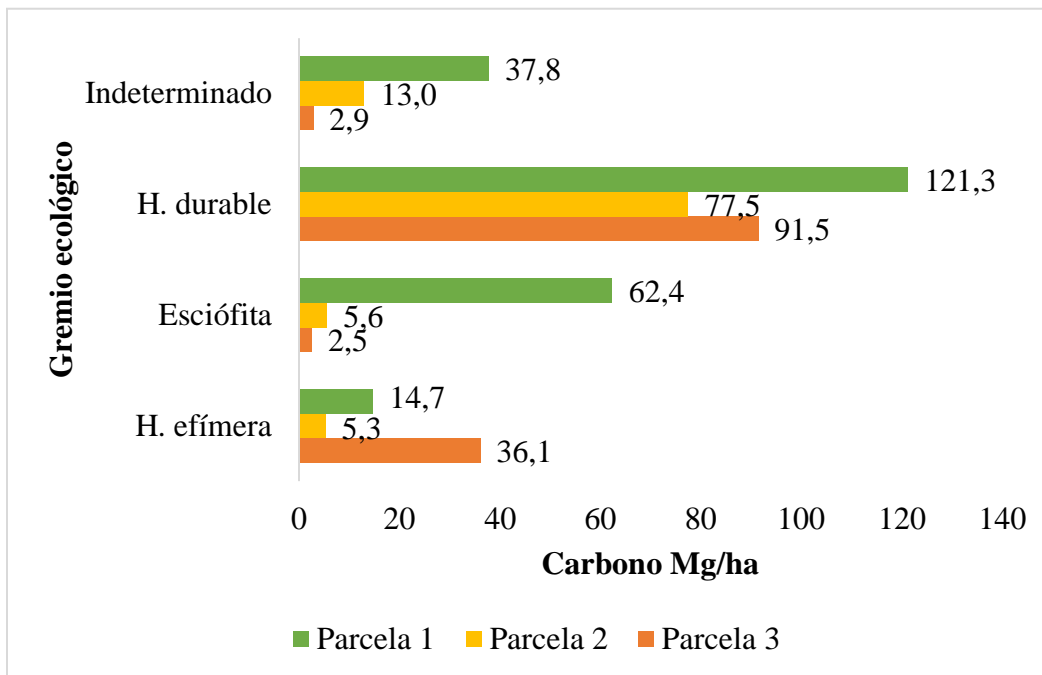


Figura 28. Distribución de carbono por gremio ecológico en ecosistema de referencia, Estación Biológica Piro, Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.

Distribución de carbono por gremio ecológico en regeneración asistida

El tratamiento H es el que obtuvo mayor porcentaje de carbono almacenado en el gremio de las heliófitas efímeras con un 81% equivalente a 11,81 Mg*ha (Figura 29). Esto es influenciado por

la especie Balsa (*Ochroma pyramidale*) perteneciente a este gremio que representa una abundancia de 88 % del total (481 de 546 individuos en el tratamiento). En segundo lugar, el tratamiento M obtuvo 5,78 Mg*ha (43%), también como resultado por la misma especie, esto por la naturaleza del tratamiento.

Yepes et al. (2010), obtuvo el mismo comportamiento, pero con la abundante regeneración de la especie *Virola sebifera*, una especie esciófita, que aporta cantidades considerables de biomasa por la existencia de muchos árboles pequeños. Cuando dicha especie fue excluida de los análisis, se pasó a tener un comportamiento más uniforme por las demás especies abundantes en el gremio de heliófitas.

En heliófitas durables, de los tratamientos N, M y L obtuvieron los mayores valores en esta clasificación. En L representó un 81,5% (4,84 Mg*ha) del carbono total obtenido, seguido con 64% (8,76 Mg*ha) en N y 46% (6,14 Mg*ha) para M. Mientras que, para H, solo representó un 16% del carbono almacenado (2,31 Mg*ha) (Figura 29).

De las Salas (2002) menciona que entre las investigaciones de sucesión de selvas tropicales americanas más conocidas como: Brasil, Colombia, Costa Rica, México, Puerto Rico, Panamá, y Venezuela, han concluido que el tiempo de recuperación de la vegetación después de procesos de potrerización dependen sustancialmente de las especies heliófitas efímeras, heliófitas durables y esciófitas presentes en el lugar.

Las esciófitas fue el gremio de niveles más bajos en todos los tratamientos, con el valor mínimo de 0 Mg*ha para N y el más alto M con 0,19 Mg*ha. Estas especies requieren de un grado de iluminación adecuado para pasar por las etapas intermedias hasta la madurez (De las Salas, 2002). El tratamiento L, obtuvo el valor más bajo de carbono por especies indeterminadas (0,27 Mg*ha) en comparación con los otros tratamientos. Asimismo, M fue quien presentó mayor carbono (1,30 Mg*ha) en especies indefinidas. Según De las Salas (2002), cada sitio abarca una diversidad de estrategias para su establecimiento y crecimiento, así como en sus relaciones asociativas con otras especies.

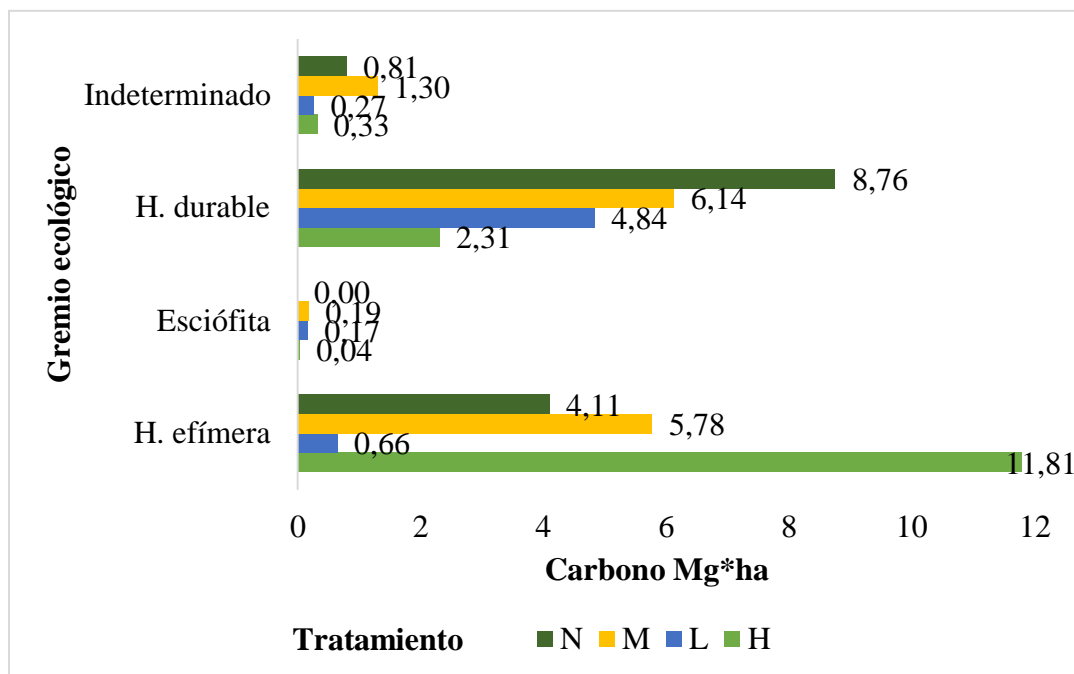


Figura 29. Distribución de carbono por gremio ecológico en las parcelas de regeneración asistida, Estación Biológica Piro Puerto Jiménez, Costa Rica, 2020.

5.14 Educación y extensión comunitaria

El taller se repitió con ocho grupos diferentes, donde las edades con mayor presencia fueron ocho, 13 y 15 años, con siete personas en cada una de estas edades (Figura 30). En cuanto a la representación de género 25 fueron hombres y 23 mujeres. Los usuarios eran provenientes de los pueblos de Puerto Jiménez Centro (21), Guadalupe de La Palma (15), Cañaza (6) y La Palma Centro (6).

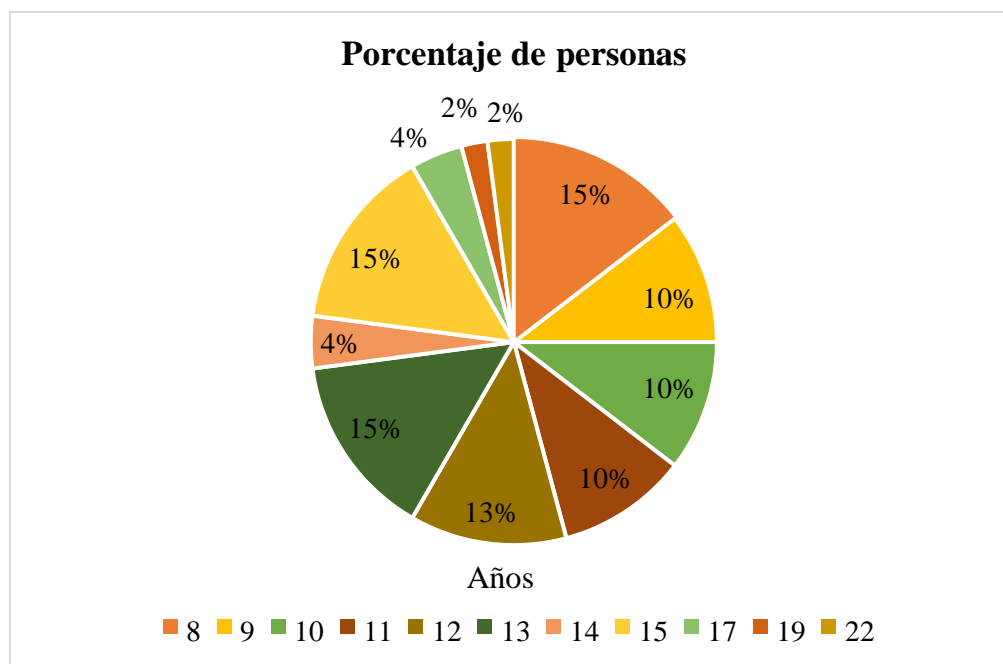


Figura 30. Edades de las personas participantes de los talleres de educación impartidos a Grupos Ambientales Organizados dentro de la Península de Osa, en Puerto Jiménez, Golfito.

Según Valerio y Arguedas (2013) en las comunidades donde existe cultura ambiental y organizaciones encargadas de difundir educación ambiental, tal y como ocurre en Península de Osa, se tiene condiciones más favorables para desarrollar estrategias de cambio climático que en otras comunidades donde se requiere iniciar el proceso. Por lo tanto, los diferentes esfuerzos en pro de mitigar el cambio climático y proteger el ambiente en el sitio de estudio son propicios para emprender las prácticas deseadas.

En la pregunta del folleto: “¿Qué cree usted que es el de cambio climático?”. Se obtuvieron los siguientes resultados: el 92% de las personas (44 participantes) opinó que es la variación del clima del planeta tierra, acertando con la respuesta, el 2% una situación política de los países, otro 2% marcó que son las dos anteriores, nadie marco únicamente que es una moda cultural, y por último un 4% cree que son todas las opciones anteriores (Figura 31).

Cuando se les preguntó abiertamente sobre cambio climático, solo 21 personas participaron de las 48, de las cuales 11 contestaron que es “cuando primero llueve y luego hace sol”, cinco personas dijeron que es “el cambio de temperaturas”, cuatro que es “el cambio del clima” y una persona dijo que “es la propensión a que pueda ocurrir un tsunami”.

Miranda (2020) menciona en su estudio sobre percepciones de cambio climático en Jalisco, México, la población considera que el clima ha cambiado (es más extremo e impredecible que en el pasado) enumerando así los daños causados al medio ambiente, y una forma de manifestar el inadecuado uso que hacen las personas con la naturaleza. Esto coincide con el presente estudio, ya que de 21 personas que participaron abiertamente, estas manifestaron la misma inquietud de un clima más cambiante que en otros años.

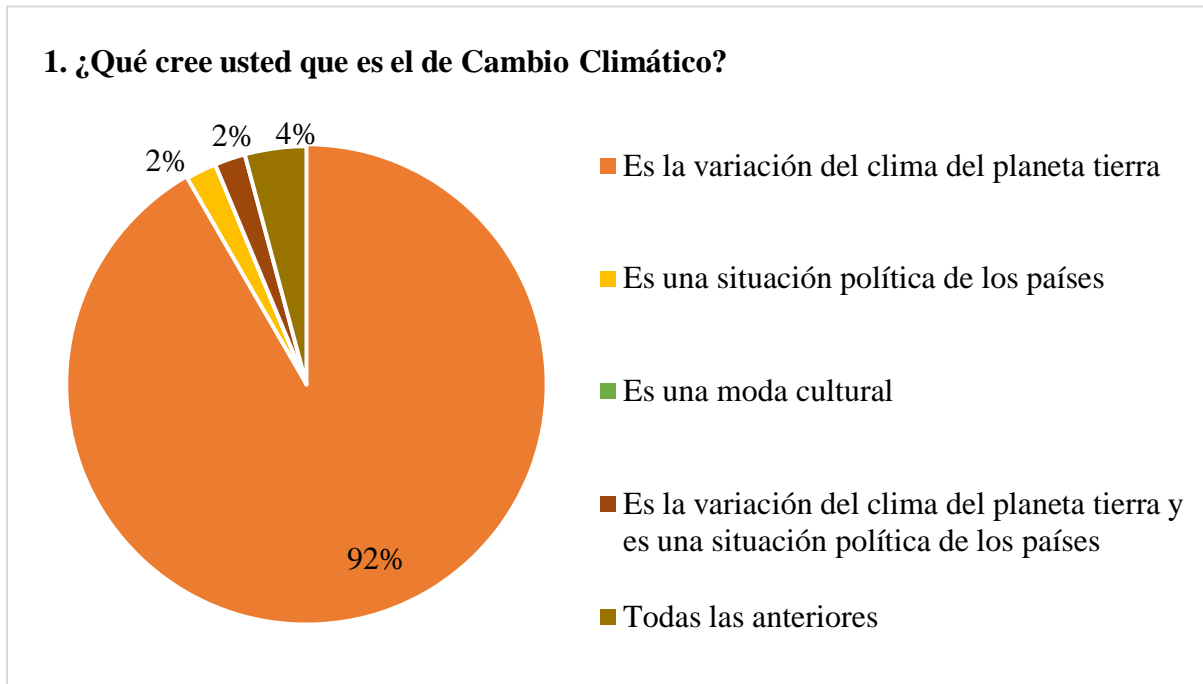


Figura 31. Primera pregunta de la encuesta a participantes del taller de educación en Puerto Jiménez, Golfito: ¿Qué cree usted que es el de Cambio Climático?

En cuanto a las actividades que ocasionan el cambio climático estaban las siguientes opciones: a) tala ilegal e incendios forestales, b) gases de las empresas, c) uso de petróleo para diferentes actividades como: transporte y plásticos, d) ganadería y agricultura extensiva o c) todas las anteriores, las cuales obtuvieron los siguientes votos 33, 29, 25, 22 y 12 personas respectivamente (Anexo 12). La respuesta correcta (todas las anteriores) obtuvo el menor puntaje, ya que en su mayoría (54%) no creían que la ganadería y agricultura en grandes extensiones podían ser causa del cambio climático (Figura 32). El 60% de las personas (17) marcaron solo una de todas las opciones disponibles, un porcentaje alto que denota el desconocimiento de las causas del cambio climático.

Según Ávila (2015), el cambio climático es un tema manipulado por diversos medios, esto ha generado confusión dada la cantidad abundante de datos. Aunque alguna información provenga de programas específicos de educación ambiental, no han tenido el alcance esperado, pues la población ha llegado a confundir su origen con otros problemas ambientales como la causa de todas las afectaciones climáticas, o bien, ser consciente del problema, pero sentirse ajena a la solución.

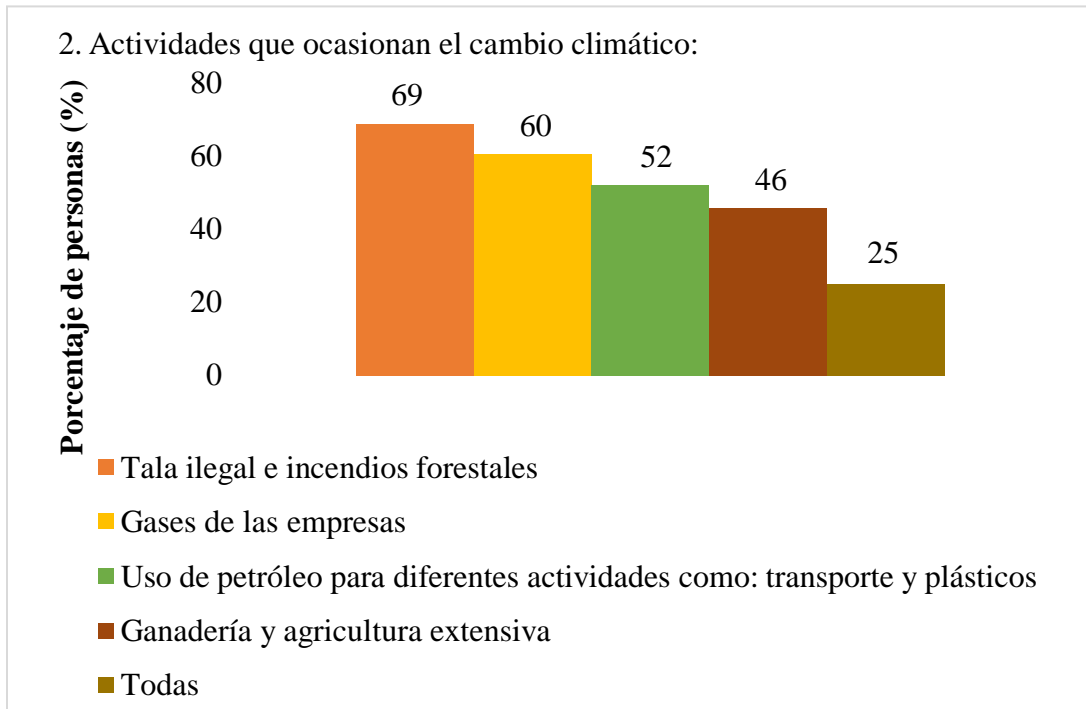


Figura 32. Segunda pregunta de la encuesta a participantes del taller de educación en Puerto Jiménez, Golfito: ¿Cuáles son actividades que ocasionan el cambio climático?

En cuanto a los efectos del cambio climático solo una persona obtuvo una respuesta 100% asertiva, que era marcar todas las opciones proporcionadas. La alternativa con mayores votos fue el aumento de la temperatura y el calor (42 personas, 88%), mientras que la opción con menos puntaje fue la del aumento de plagas y escasa polinización con ocho votos (17%). Solo una participante afirmó que creía que ninguna de las opciones tenía que ver con el cambio climático (Figura 33).

Aunque los resultados fueron positivos en cuanto a que las personas entienden el significado de “cambio climático”, se obtuvo que la mayoría no conocen sobre sus causas, efectos y acciones a tomar para mitigar el impacto. Es importante encontrar oportunidades para vincular el aprendizaje

convencional con la experiencia y los sistemas de conocimiento de la comunidad. La participación de los adultos con diferentes grados de experiencia, artesanos, agricultores, pescadores, comerciantes, etc. pueden ayudar con compartir sus experiencias de situaciones como desastres naturales en el pasado y debatir sus estrategias de supervivencia con el fin de prepararse para futuros eventos similares (UNICEF, 2012).

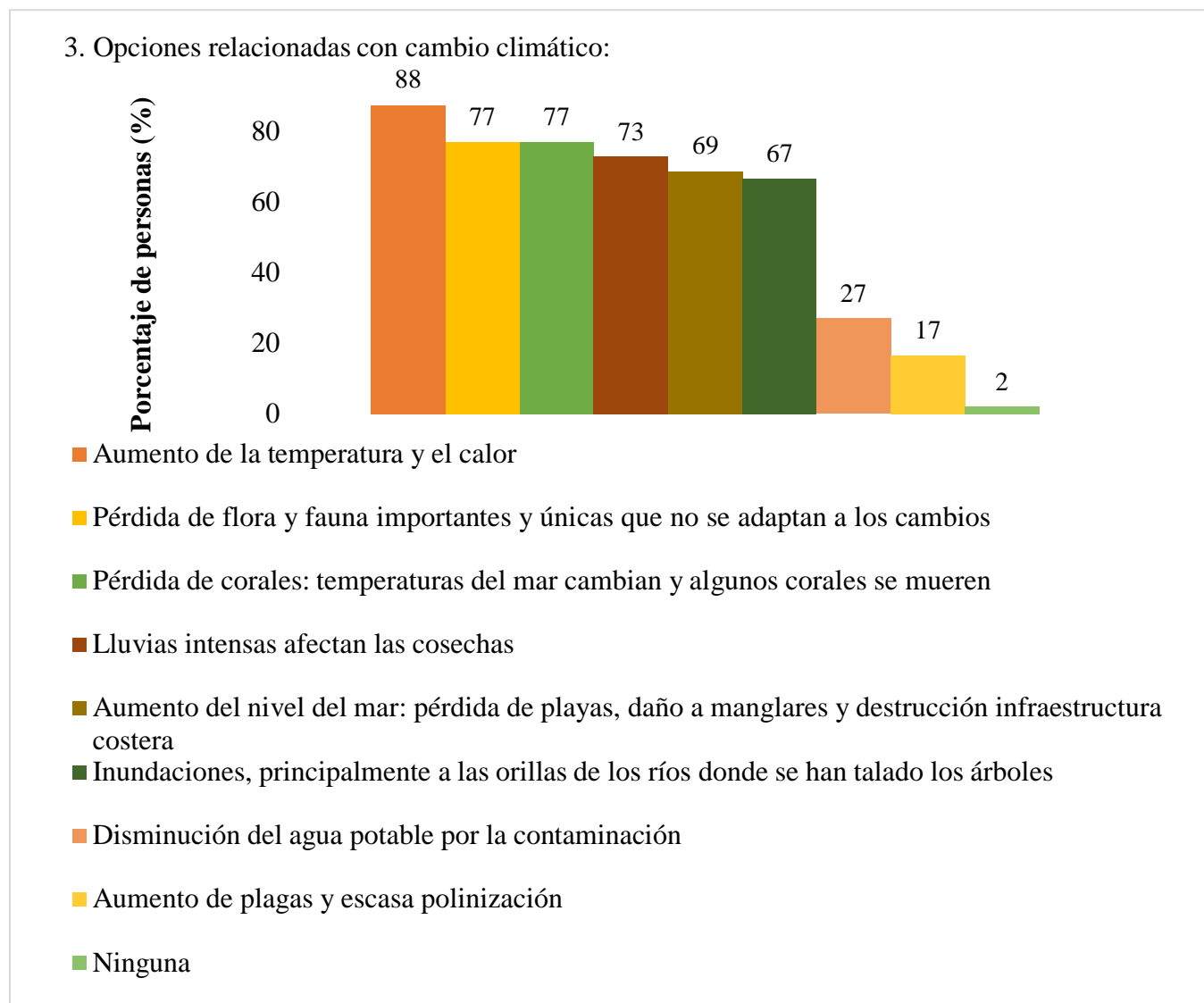


Figura 33. Tercera pregunta de la encuesta a participantes del taller de educación en Puerto Jiménez, Golfito: De las opciones proporcionadas ¿Cuáles están relacionadas con cambio climático?

En la pregunta final del taller sobre lo aprendido en el día ¿cómo contribuyes a disminuir el cambio climático que sufre el planeta?, se obtuvieron 25 acciones diferentes a realizar (Anexo 12), las respuestas más repetidas fueron: a) No talar árboles (73%) b) No botar basura (73%) c) Plantar árboles (35%) d) Evitar el uso de plásticos (29%) e) Reciclar (27%) y f) Cuidar la naturaleza (27%).

Es importante promover la educación sobre el cambio climático para el desarrollo sostenible, esta desempeña un papel fundamental para comprender las cuestiones relacionadas y participar en ellas, impulsa a cambiar los estilos de vida, a mejorar la manera de modificar los comportamientos y actitudes. La educación debe orientarse de acuerdo con el contexto local y dar prioridad a la impartición de conocimientos y prácticas tradicionales a los usuarios (UNESCO, 2010).

En la pregunta ¿qué es dióxido de carbono?, de las 48 personas solo nueve contestaron, cinco tuvieron respuestas certeras (“lo que exhalamos”, “lo que tiene adentro el suelo”, “es bueno para los árboles”, “lo comen las plantas”, “nosotros producimos este gas”) y cinco no ciertas (“es el abono”, “es cuando hablamos”, “es el aire que los seres humanos consumimos”, “es el que producen los árboles”). Los restantes 39 no sabían que es el dióxido de carbono.

Al preguntar si sabían que función cumplen los árboles al adsorber del aire ciertos compuestos contaminantes, se obtuvieron solo cinco respuestas: dos decían que “son los que absorben el dióxido de carbono”, otra persona que “los árboles toman el aire y desechan el oxígeno”, dos contestaron que, “si hemos escuchado de ello y gracias a eso nos dan el aire que respiramos”. Los restantes 43 participantes no sabían que los árboles cumplían alguna función de absorción de compuestos contaminantes (Anexo 13).

Según Novo (2009), es indispensable educar considerando las estructuras mentales, afectivas, culturales de las personas y los grupos que en ese momento son sujetos del aprendizaje. Tomando en cuenta estos principios, se debe trabajar en una propuesta de educación ambiental atendiendo los contextos, las dinámicas y los actores sociales de cada comunidad, algunas veces se cae en errores como copiar modelos ajenos, no considerando la realidad específica del sitio (Valerio-Hernández et al., 2016).

6 Análisis FODA de la organización

Conservación Osa es una organización con excelentes fortalezas en recursos naturales y económicos para iniciar proyectos de investigación. Sin embargo, es una organización con debilidades preocupantes en cuanto al bienestar laboral, por lo que se recomienda fortalecer este aspecto con un departamento de recursos humanos sólidos que sirva de apoyo al personal que lo necesite (Cuadro 3).

La ONG posee grandes oportunidades de crecimiento, hay muchas entidades privadas, gubernamentales y/o comunidades en las que se puede trabajar, fortalecer e iniciar proyectos donde se puede conseguir gran apoyo social, económico, etc. En amenazas, los aspectos en su mayoría están relacionados al daño ambiental que puede ocasionar la pérdida de recursos ambientales, principalmente por falta de información y/o algunas discrepancias con personas externas que pueden estar relacionadas con estos daños.

Cuadro 3. Análisis de las fortalezas, amenazas, deficiencias y oportunidades de mejora de los procesos realizados en la organización.

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none">• Cuenta con instalaciones propicias para albergar personas que deseen implementar proyectos de investigación• Presencia de diversos programas, y enlaces a organizaciones o instituciones que desarrollan programas y/o proyectos en pro del medio ambiente• Posee un programa de educación enfocado a la educación ambiental social de las nuevas generaciones• Hay presupuesto para realizar proyectos• La organización cuenta con propiedades de gran potencial natural de flora y fauna para realizar investigaciones• Equipamiento adecuado para la realización de proyectos	<ul style="list-style-type: none">• Falta de seguridad en las labores de campo, que podrían significar un riesgo para el recurso humano• Coordinación ineficiente y entorpecimiento por parte de las personas encargadas del proyecto en cuestión• Procesos de facilitación de presupuesto engorrosos, que demandan una excesiva burocracia y resultan contradictorios• Ambiente laboral hostil, afectando el desarrollo natural de la dinámica laboral• El acceso a los materiales de trabajo tardíos, sin coordinación previa

<ul style="list-style-type: none"> • Buen manejo de los residuos sólidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Las funciones de los diferentes puestos no están debidamente delimitadas, lo que puede ocasionar una recarga excesiva de trabajo • No se cuenta con un departamento o persona designada a la que se puede acudir en caso de hostigamiento o incomodidad laboral • Ambiente laboral inestable, ocasiona un frecuente cambio de personal en la organización • Mala relación entre la ONG y la comunidad de Piro, propiamente donde se localiza la organización
---	---

Oportunidades

Amenazas

<ul style="list-style-type: none"> • Oportunidad de conseguir mayor apoyo social, institucional y estatal en la promoción de la ONG • Atracción de estudiantes, investigadores y turistas de diferentes lugares del mundo, ya que se localiza en una de las zonas más biodiversas del planeta • Interés de las comunidades y actores claves de participar en soluciones sostenibles de la ONG • Proyectos de desarrollo y educación ambientalmente sostenibles con capacidad de ser fortalecidos • Desarrollo de la agricultura y turismo ecológico con las comunidades • Se cuenta con gran cantidad de madera caída que se encuentra en los bosques liberando CO₂, recurso que dándole un buen aprovechamiento apoyaría la economía local (contratando personas de la zona para el proceso), y se reduce la huella de carbono que genera la importación de maderas como el pino de Chile para construcción de infraestructura 	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de especies de alto valor comercial a causa de la tala ilegal • Alteración de ecosistemas aledaños provocan pérdida de fauna y flora de importancia ecológica • Reducción de servicios ecosistémicos hacia actividades productivas que representan fuente de empleo • Contaminación de ríos por medio de desechos sólidos, fumigaciones, escorrentía, etc. • Tenencia y caza ilegal de animales silvestres • Pérdida de inversionistas o donantes que proporcionan la solvencia económica de los proyectos • Vecinos y otros socios estratégicos inconformes con algunas decisiones de la ONG
--	---

7 Conclusiones

- Por causa de suelos inundables o por la competencia de bejucos y/o pastos, los éxitos de los tratamientos establecidos para recuperar el bosque variaron según el sitio establecido, ya que entre parcelas del mismo tratamiento se encontraron diferencias extremas en el crecimiento y sobrevivencia de los individuos plantados. Mientras que en algunas muestras habían más de 250 individuos en otras se registraron menos de cinco. Esto género que los resultados variaran mucho entre las parcelas.
- La clase diamétrica con mayor abundancia tanto para las parcelas en el ecosistema de referencia como en regeneración asistida fue la de 10 a 19,9 cm. Esta tendencia es una característica de sitios en regeneración, ya que permite asegurar la viabilidad de las poblaciones.
- En los gremios ecológicos, las heliófilas durables fueron las de mayor porcentaje en el ecosistema de referencia. En las parcelas de los tratamientos de regeneración el grupo ecológico con mayor porcentaje fue variado y altamente ligado a las especies que fueron colocadas según el objetivo de cada uno de los tratamientos.
- En la lista de las 10 especies con mayor importancia de IVI, coincidieron tanto los cuatro tratamientos y las parcelas del ecosistema de referencia con dos especies que son: *Spondias mombin* y *Luehea seemannii*. Estas son de importancia reproductiva en los primeros dos pisos de altura del bosque, ya que crea condiciones favorables para el establecimiento de especies tolerantes a la sombra.
- En cuanto al Índice de Shannon-Wiener e Índice de Simpson el bosque es poco diverso, se evidencia que existe una baja heterogeneidad en este sitio. Para las parcelas en regeneración asistida, los valores fueron muy distintos entre tratamientos, esto altamente influenciado por lo que planto en cada tratamiento.
- El uso de la especie balsa *Ochroma pyramidale*, ayuda a generar condiciones más idóneas para la regeneración de otras especies y del bosque. Pero también en altas densidades (tratamiento con 75% balsa y 25% de otras especies nativas) puede inhibir las otras especies ocupando su espacio, nutrientes y, por lo tanto, afectando la estructura, riqueza y diversidad de las especies.
- Habiendo realizado las mediciones y analizado los datos obtenidos, se concluye que el ecosistema de referencia posee un stock de carbono promedio de 158,41 Mg por hectárea, un valor alto si lo comparamos con otros estudios realizados en el sitio y con características similares al del presente estudio.

- Las parcelas de los tratamientos por encontrarse en una etapa de crecimiento o estado de regeneración temprana, son ecosistemas que están en constante almacenamiento de carbono y tienen un alto potencial para contribuir en la mitigación del cambio climático. El promedio de carbono almacenado por hectárea fue de 14,5 Mg, 13,7 Mg, 13,4 Mg y seis Mg para H, N, M y L respectivamente, valores altos para la edad de estos si se comparan con otros estudios.
- Dada la desinformación y/o falta de veracidad que llega a las personas, es importante informar a la población sobre causas, efectos y acciones, involucrando así a la población en las soluciones al cambio climático, como mismo proceso de aprendizaje.
- La construcción de conocimiento debe estar estrechamente ligada a los valores culturales e históricos del sitio en estudio. Esto porque las personas participantes mostraron mayor comprensión e interés, cuando se les hizo reflexionar y cuestionar sobre situaciones propias del lugar donde habitan.

8 Recomendaciones

- Se recomienda aumentar la muestra y con distribución aleatoria en las zonas de estudio, esto para obtener datos más representativos.
- Los resultados deben ser utilizados con cautela debido a que los sitios muestreados fueron elegidos a conveniencia por facilidades y traslados para la recolección de datos.
- Para eliminar la estacionalidad como fuente de variación en los resultados de la recolección de datos en campo, los inventarios subsiguientes deben programarse para la misma temporada que el primer inventario, preferiblemente en el mismo mes.
- Es necesario profundizar en las percepciones de las personas sobre el cambio climático y de los riesgos asociados. Escuchar las opiniones sin el fin último de evaluar el grado de conocimiento de las personas, sino como aprendizaje sobre la interconexión de los procesos, para buscar alcanzar la sostenibilidad y reducir la vulnerabilidad.
- Se recomienda a la ONG una estrategia educativa constante, que permita el acercamiento y construcción de una sociedad más comprometida con el ambiente. Esto mediante capacitaciones, considerando las realidades específicas de la comunidad para reducir la vulnerabilidad social.

9 Referencias bibliográficas

- Acosta-Vargas, L. (2012). *Análisis silvigénico de los bosques húmedos tropicales del Parque Nacional La Cangreja*. Cartago, Costa Rica. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3250/silvig%3a9nico_bosques_humedos.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Aguirre, N., Palomeque, X., weber, M., Stimm, B., y Gunter, S. (2011). Reforestación y Sucesión Natural como Herramientas para la Restauración de Pastos Abandonados en los Andes del Sur del Ecuador. En S. Günter, M. W. M, B. Stimm, y R. Mosandl, *Silviculture in the Tropics* (Vol. 8, 513-524). Ecuador: Springer, Berlín, Heidelberg. doi:DOI: 10.1007/978-3-642-19986-8_33
- Alemán, B. (2014). *Ecología del paisaje: análisis de la pérdida y fragmentación de ecosistemas boscosos en el sector noreste de la Reserva Forestal Golfo Dulce*. Universidad de Costa Rica. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/2055>
- Alvis, J. (2009). Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de Popayán. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 7(1), 115-122. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6117946>
- Araujo, J. y Acosta, S. (2012). *Promoviendo la cultura ambiental para el manejo de cuencas y la conservación de los recursos naturales: El caso del manejo de los desechos en la cuenca hidrográfica Morote, Guanacaste, Costa Rica*. Universidad Nacional de Costa Rica. <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/14476>
- Arias, D., Castillo, M., Valverde, J., y Zamora, N. (2019). *Estudios sobre aspectos hidráulicos de árboles en el trópico americano y su efecto en el crecimiento*. Costa Rica. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/11103/estudios_sobre_aspectos_hidr%3a1ulicos_%3a1rboles_tecnico.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Artavia, M. y Oreamuno, R. (2016). *Propuesta de aprendizaje en línea para estudiantes de undécimo año de los Colegios*. Instituto Tecnológico de Cartago. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10635/propuesta_aprendizaje_linea_estudiantes_undecimo_ano_colegios_tecnicos_profesionales_region_huetar_norte.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Aguilar-Arias, H., Ortiz-Malavassi, E., Vílchez-Alvarado, B. y Chazdon, R. (2011). Biomasa sobre el suelo y carbono orgánico en el suelo en cuatro estadios de sucesión de bosques en la Península de Osa, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú (Costa Rica)*, 9(22), 2215-2504. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/360/294>
- Aparisi, S. (2019). *Análisis de la biomasa forestal mediante imágenes de satélite. Teledetección aplicada a la gestión forestal*. Universitat Politècnica de Valencia. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/125855/TFG_Silvia_Aparisi.pdf?sequence=3&isAllowed=y

- Ávila, B. (2015). Un estudio sobre la percepción del riesgo de poblaciones vulnerables al cambio climático en la cuenca del Papaloapan. Veracruz, México: Instituto de Investigaciones en Educación. https://www.uv.mx/pdie/files/2013/06/Tesis_Brenda-Avila-Flores.pdf
- Barrientos, Z. y Monje, J. (2010). Restauración ecológica en la Meseta Central de Costa Rica. *Biocenosis*, 23(2), 21. <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/1240/1307>
- Báez, S. y Garate, J. (10 de octubre de 2017). Estructura y composición florística arbórea en dos tipos de bosque en la Zona de Amortiguamiento, Reserva Nacional de Tambopata. *Q'euña*, 39-50. https://www.researchgate.net/publication/324574694_Estructura_y_composicion_floristica_arborea_en_dos_tipos_de_bosque_en_la_Zona_de_Amortiguamiento_Reserva_Nacional_de_Tambopata
- Burgos, A. (2012). Diversidad funcional y servicios ambientales en paisajes de páramo y bosque altoandino en Boyacá. *Cultura Científica*, 18(10), 90-100. https://www.jdc.edu.co/revistas/index.php/Cult_cient/article/view/201
- Bustos, E. (2018). *Propuesta de estándar para la restauración a escala de paisaje*. CATIE. <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/8879>
- Camacho, M. (2000). *Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical*. CATIE. http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3290/Parcelas_permanentes_de_muestreo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Casanoves, F., Cifuentes, M. y Chacón, M. (2017). *Estimación del carbono a partir de inventarios forestales nacionales: buenas prácticas para la recolección, manejo y análisis de datos*. CATIE. <https://labmeh.catie.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Casanoves-et-al-2017-Manual-buenas-pr%C3%A1cticas-INF.pdf>
- Cavanaugh, K., Gosnell, J. S., Davis, S., Ahumada, J., Boundja, P., Clark, D., Mugerwa, B., Jansen, P., O'Brien, T., Rovero, F., Sheil, D., Vásquez, R. y Andelman, S. (2014). Carbon storage in tropical forests correlates with taxonomic diversity and functional dominance on a global scale. *Global Ecology and Biogeography*, 23(5), 563-573. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/geb.12143>
- Celentano, D., Zahawi, R. A., Finegan, B., Casanoves, F., Ostertag, R., Cole, R. J. y Holl, K. D. (2010). Restauración ecológica de bosques tropicales en Costa Rica: efecto de varios modelos en la producción, acumulación y descomposición de hojarasca. *Revista de Biología Tropical*, 59(3), 1328. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/3402>
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). (2001). *Hacia un desarrollo sostenible. proyectos del CATIE*. Turrialba, Costa Rica. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4152/Hacia_un_desarrollo_sostenible.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). (2016). *Definición de Bosques Secundarios y Degradados en Centroamérica*. Forestry and Climate Change Fund. [//www.forestryandclimate.com/wp-content/uploads/2017/10/170918-Definition-Forest-Catie-Final-Spanish-version-electronic-version.pdf](http://www.forestryandclimate.com/wp-content/uploads/2017/10/170918-Definition-Forest-Catie-Final-Spanish-version-electronic-version.pdf)

- Chazdon, R. L. y Guariguata, M. R. (2016). Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges. *Biotropica*, 48(6), 725. <https://doi-org.una.idm.oclc.org/10.1111/btp.12381>
- Chazdon, R., y Uriarte, M. (2016). Natural regeneration in the context of large-scale forest and landscape restoration in. *Biotropica*, 48(6), 709–715. http://www.columbia.edu/~mu2126/publications_files/Chazdon%20and%20Uriarte%202016%20Biotropica.pdf
- Chave, J., Rejou-Mechain, M., Burquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M., Delitti, W., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P., Goodman, R., Henry, M., Martínez, A., Rizar, Y., Mugasha, W., Mullerlandau, H., Mencuccini, M., Nelson, B., Ngomanda, A., Nogueira, E... (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20(10), 3177-3190. https://www.researchgate.net/publication/262197290_Improved_allometric_models_to_estimate_the_aboveground_biomass_of_tropical_trees
- Chechina, M. y Hamann, A. (2015). Choosing species for reforestation in diverse forest communities: social preference versus ecological suitability. *Ecosphere*, 6(11), 240. <https://doi-org.una.idm.oclc.org/10.1890/ES15-00131.1>
- Choi, J. (2015). *Tropical Forest Restoration on Cattle Pastures in the Guanacaste Province of Costa Rica*. <http://copa.acguanacaste.ac.cr:8080/bitstream/handle/11606/599/Tropical%20Forest%20Restoration%20on%20Cattle%20Pastures%20in%20the%20Guanacaste%20Province%20of%20Costa%20Rica.pdf?sequence=1>
- Clark, D., y Clark, D. (1996). Abundance, growth and mortality of very large trees in neotropical lowland rain forest. *Forest Ecology and Management*, 80(1996), 235-244. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0378112795036075>
- Comisión Nacional de Sostenibilidad Forestal. (3 de enero de 2021). *SIREFOR*. SIREFOR. https://www.sirefor.go.cr/Sirefor/publicaciones_tabla?nombre=Especies
- Cordero-Montoya, R., Acevedo-Mairena, H. y Calvo-Alvarado, J. (2008). Cambio de la cobertura de la tierra para el Área de Conservación Tempisque 1998-2003, Guanacaste, Costa Rica. *Kurú: Revista Forestal*, 5(15), 1-15. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5123298>
- Cortines, E., y Valcarcel, R. (2009). Influence of pioneer-species combinations on restoration of disturbed ecosystems in the Atlantic Forest, Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Árvore*, 33(5), 927-936. <https://www.scielo.br/j/rarv/a/4pqbsrpdYzTHbKrDkvqrnNJ/?lang=en>
- Cusack, D., y Montagnini, F. (2003). The role of native species plantations in recovery of understory woody diversity in degraded pasturelands of Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, 188(2004), 1-15. https://www.researchgate.net/publication/222578431_The_role_of_native_species_plantations_in_recovery_of_understory_woody_diversity_in_degraded_pasturelands_of_Costa_Rica
- De Las Salas, G. (2002). Los bosques secundarios de América tropical: perspectivas para su manejo sostenible. *BOIS ET FORÊTS DES TROPIQUES*, 272(2), 63-73. http://bft.cirad.fr/cd/BFT_272_63-73.pdf

- Del Valle, J., Restrepo, H., y Londoño, M. (2011). Recuperación de la biomasa mediante la sucesión secundaria, Cordillera Central de los Andes, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 59(3), 1337-1358. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44922150033>
- Díaz-Martín, R., Velasco-Linares, P. y Vargas, O. (2008). Los parches de especies pioneras colonizadoras de potreros y su papel en la reintroducción de plantas leñosas del bosque altoandino. En O. Vargas, *Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino* (2 ed., pp. 186 - 204). Universidad nacional de Colombia. https://www.researchgate.net/publication/262568224_LOS_PARCHES_DE_ESPECIES_PIONERAS_COLONIZADORAS_DE_POTREROS_Y_SU_PAPEL_EN_LA_REINTRODUCCION_DE_PLANTAS_LENOSAS_DEL_BOSQUE_ALTOANDINO
- Dirzo, R., Broadbent, E., Almeyda, A., Morales, L., Almeyda, S. y Quispe, C. (2014). *Ecosistemas terrestres de la región de Osa y Golfito, Costa Rica*. Woods Institute for the Environment, Stanford University. http://inogo.stanford.edu/sites/default/files/Ecosistemas%20Terrestres%20INOGO%20Final%202014_1.pdf
- Douterlungne, D., y Thomas, E. (2013). Fast-growing pioneer tree stands as a rapid and. *Journal of Applied Ecology*, 50(5), 1257-1265. <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2664.12077>
- Douterlungne, D., Levy-Tacher, S., Golicher, D., y Dañobeytia, F. (2010). Applying Indigenous Knowledge to the Restoration of Degraded Tropical Rain Forest Clearings Dominated by Bracken Fern. *Restoration Ecology*, 18(3), 322–329. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1526-100X.2008.00459.x>
- Estrada, E. y Delgado, L. (2018). *Efectos del aprovechamiento de madera en bosques latifoliados tropicales con énfasis en Centroamérica*. CATIE. <https://paisajecentinel.org/NicaraguaHonduras/wp-content/uploads/2018/03/Efectos-aprovechamiento-de-madera-en-bosques.pdf>
- Fernández, A. (5 de mayo de 2006). Restauración ecológica. *EROSKI Consumer*. <https://www.consumer.es/medio-ambiente/restauracion-ecologica.html>
- Fernández, Á., Hidalgo, N., Villegas, F., Alfaro, J., Chaves, Y. y Guevara, M. (2012). Innovación didáctica: la gestión ambiental como eje transversal en educación primaria y secundaria. *Tecnología en Marcha*, 25(5), 22-36. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/467/395
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. (2012). *Educación sobre el cambio climático y el medio ambiente*. Nueva York, Estados Unidos: UNICEF. https://www.pseau.org/outils/ouvrages/unicef_agua_saneamiento_e_higiene_wash_en_las_escuelas_2012.pdf
- Fonseca, W. (2009). *Restauración forestal y almacenamiento de carbono en el trópico húmedo (Zona Caribe de Costa Rica)*. Universidad de Alcalá. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=114069>
- Fonseca, W. (2016). *Construcción de Funciones Alométricas para Costa Rica en el Contexto del Proyecto de Protección Ambiental a través de la Protección de los Bosques de Centro América*. Universidad Nacional, Costa Rica y la Agencia de Cooperación Alemana (GIZ).

- Fundación para la Innovación Agraria (FIA). (2001). *Bosque nativo en Chile : situación actual y perspectivas*. FIA. <http://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/1921>
- González-Guerrero, O., Cruañas, G. y Ninyerola, M. (2017). Análisis de la dinámica espacio-temporal (1948-2003) del límite altitudinal del bosque (tree line) en andorra mediante fotografía aérea. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 19, 3-25. <https://dialnet-unirioja.es.una.idm.oclc.org/servlet/articulo;jsessionid=A0C753455826B65F6DB1B244A17CE35C.dialnet02?codigo=6069625#?>
- Grassi, G., House, J., Dentener, F., Federici, S., Den-Elzen, M. y Penman, J. (2017). The key role of forests in meeting climate targets requires science for credible mitigation. *Nature Clim Change*, 7, 220–226. <https://www-nature-com.una.idm.oclc.org/articles/nclimate3227>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2006). Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra: Tierras forestales. En *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (Vol. 4). https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2020). *Resumen para responsables de políticas. En: El cambio climático y la tierra*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/06/SRCCL_SPM_es.pdf
- Guimarães, M., Barbosa, S., Campos-Filho, E., Pompianodo, G., Da-Veiga, J., Prates, R., y Mascia, D. (2019). Evaluating the success of direct seeding for tropical forest restoration over ten years. *Forest Ecology and Management*, 438(2019), 224-232. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112718321534>
- Harris, J., Hobbs, R., Higgs, E. y Aronson, J. (2006). Ecological Restoration and Global Climate Change. *Restoration Ecology*, 14 (2), 170–176. <https://onlinelibrary-wiley-com.una.idm.oclc.org/doi/epdf/10.1111/j.1526-100X.2006.00136.x>
- Hernández, L. (2006). Densidad de biomasa aérea en bosques extensos del Neotrópico húmedo. Caso de la Cuenca del Río Caura, Venezuela. *Revista Forestal Iberoamerica*, 1(1), 15-22. <https://estrucplan.com.ar/densidad-de-biomasa-aerea-en-bosques-extensos-del-neotropico-humedo-caso-de-la-cuenca-del-rio-caura-venezuela/>
- Holl, K., Loik, M., Lin, E., y Samuels, I. (2001). Tropical Montane Forest Restoration in Costa Rica: Overcoming Barriers to Dispersal and Establishment. *Restoration Ecology*, 8(4), 339–349. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1526-100x.2000.80049.x>
- Hugel, B. (2018). *Bosques y cambio climático*. PNUD/ONU-REDD. https://www.unredd.net/index.php?option=com_content&view=article&id=2080&Itemid=525
- Hunter, M., Keller, M., Morton, D., Cook, B., Lefsky, M., Ducey, M., Saleska, S., Cosme-de-Oliveira, R. y Schiatti, J. (13 de julio de 2015). Structural Dynamics of Tropical Moist Forest Gaps. *Plos One*, 10(7), 1-19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132144>

- Instituto de Desarrollo Rural de Costa Rica (INDER). (2014). *Informe de caracterización básica territorio Sur Bajo (Corredores, Golfito, Osa)*. INDER. <https://www.inder.go.cr/osa-golfito-corredores/Caracterizacion-Osa-Corredores-Golfito.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2011). *Censo. 2011. Población total por zona y sexo, según provincia, cantón y distrito*. INEC. <https://www.inec.cr/poblacion/temas-especiales-de-poblacion>
- Jiménez, A. (2019). *Diversidad florística y funcional en tres tipos de formaciones vegetales de bosque muy húmedo tropical, Península de Osa, Costa Rica*. Universidad Nacional de Costa Rica https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/18147/TFG_Alejandro%20Jim%C3%A9nez%20Fonseca.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Junta de Andalucía. (2015). *Guías Didácticas de Educación Ambiental: Educación ambiental y conservación de la Geodiversidad*. Fondo Europeo de Desarrollo Regional.
- Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los Tropicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arboreas; posibilidades y metodos para un aprovechamiento sostenido*. (GTZ) GMBH. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2015005945>
- Levy-Tacher, S., Vleut, I., Román-Dañobeytia, F., y Aronson, J. (2015). Natural Regeneration after Long-Term Bracken Fern Control with Balsa (*Ochroma pyramidale*) in the Neotropics. *Forests*, 6(6), 2163-2177. <https://www.mdpi.com/1999-4907/6/6/2163>
- Ley, J. (2014). *Crecimiento y supervivencia de cinco especies arbóreas en el interior de bosques secundarios y pastizales en un bosque húmedo montano de la zona sur de Costa Rica*. <https://kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/27703>
- Lobo, J. y Bolaños, F. (2005). *Historia natural de Golfito, Costa Rica*. INBio. <http://biologia.ucr.ac.cr/profesores/Bolanos%20Federico/Biologia%20de%20Campo/Historia%20Natural%20de%20Golfito.pdf>
- López, G., Madrigal, J., Zúñiga, L., Castillo, A., Méndez, G. y Arguedas, F. (2016). *Golfito: Propuesta Plan de Turismo Municipal, Julio 2016*. Municipalidad de Golfito.
- McDonald, T., Gann, G., Jonson, J. y Dixon, K. (2016). *International standards for the practice of ecological restoration – including principles and key concepts*. Society for Ecological Restoration.
- Martínez-Garza, C., Bongers, F., y Poorter, L. (2013). Are functional traits good predictors of species performance in restoration plantings in tropical abandoned pastures? *Forest Ecology and Management*, 303(2013), 35-45. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112713002004>
- Mata-Quirós, M. (2020). *Fast-tracking rainforest restoration: Scalable approaches to re-establish forest structure, function and wildlife*. Osa Conservation.
- Mesquita, R., Massoca, P., Jakovac, C., y Bentos, T. (2015). Amazon Rain Forest Succession: Stochasticity or Land-Use Legacy? *BioScience*, 65(9), 849-861. https://www.researchgate.net/publication/281470595_Amazon_Rain_Forest_Succession_Stochasticity_or_Land-Use_Legacy

- Mirenda, C. (2020). Percepciones del cambio climático en perspectiva de género en Jalisco, México. *Letras Verdes* 28(2020), 31-48. doi:<https://doi.org/10.17141/letrasverdes.28.2020.4307>
- Molina-Bustamante, C., y Crowder, L. (2014). *La dimensión humana de los ecosistemas marinos de la Región Osa y Golfito*. San José, Costa Rica: INOGO. <https://inogo.stanford.edu/sites/default/files/Ecosistemas%20Marinos%20Osa%20y%20Golfito%202014%20F.pdf>
- Morales, M. (2010). *Composición florística, estructura muestreo diagnóstico y estado de conservación de una cronosecuencia de bosques tropicales del Corredor Biológico de Osa, Costa Rica*. TEC. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5741/COMPOSICION_FLORISTICA_CONSERVACION_OSA_CR.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Morales-Salazar, M., Vílchez-Alvarado, B., Chazdon, R., Ortiz-Malavasi, E. y Guevara-Bonilla, M. (2013). Estructura, composición y diversidad vegetal en bosques tropicales del Corredor Biológico Osa, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 10 (24). <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/1319/1222>
- Morera, A. (2019). *Dinámica y estructura en ecosistemas forestales y su aporte al ciclo de carbono en la Península de Osa, Costa Rica*. Universidad Nacional de Costa Rica. <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/15234>
- Morera-Beita, A., Sánchez, D., Wanek, W., Hofhansl, F., Werner, H., Chacón-Madrugal, E., Montero-Muñoz, J. y Silla, F. (2019). Beta diversity and oligarchic dominance in the tropical forests of Southern Costa Rica. *Biotropica*, 51(2), 117-128. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/btp.12638>
- Munguía, Y. y Zúñiga, S. (2013). *Caracterización del cantón de Golfito, Corredor Fronterizo Zona Sur*. MIVAH. https://www.mivah.go.cr/Documentos/investigaciones_diagnosticos/diagnosticos_planes_intervencion/2013/GOLFITO/DIAGNOSTICO_GOLFITO_FRONTERA.pdf
- Muñoz, B., Sánchez, J., Montejó, L., Herrera, P. y Gamboa, A. (2012). *Guía Técnica para la reproducción de especies arbóreas pioneras*. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente e Instituto de Ecología y Sistemática. <http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/3898/1/Gu%C3%ADa%20t%C3%A9cnica%20para%20la%20reproducci%C3%B3n%20de%20especies%20pioneras.pdf>
- Murga, M., y Novo, M. (2008). El desarrollo sostenible como eje fundamentante de la educación ambiental. *Sostenible*, 1(10), 29-41. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2904907#:~:text=El%20desarrollo%20sostenible%20como%20eje%20fundamentante%20de%20la%20educaci%C3%B3n%20ambiental,-Autores%3A%20Mar%C3%ADa%20%20C%81ngeles&text=Las%20sociedades%20caminan%20en%20su,cultural>
- Novo, M. (2009). La educación ambiental, una genuina educación para el desarrollo sostenible. *Revista de Educación*. 1(2009), 195-217. <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/74555>

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2010). *La gestión de los bosques ante el cambio climático. La FAO trabaja con los países para hacer frente al cambio climático a través de la gestión forestal sostenible*. FAO. <http://www.fao.org/3/i1960s/i1960s00.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la educación, I. c. (2010). *Climate Change Education for Sustainable Development*. París, Francia: UNESCO. <https://www.gcedclearinghouse.org/sites/default/files/resources/%5BSPA%5D%20Educaci%C3%B3n%20sobre%20el%20Cambio%20Clim%C3%A1tico%20para%20el%20Desarrollo%20Sostenible.pdf>
- Ortiz, E., Chazcon, R. y Vélquez, B. (2001). *Proyecto de Investigación Línea base de estudio de la biodiversidad, servicios ambientales y valores para la conservación de bosques secundarios y maduros en el Corredor Biológico Osa*. TEC. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3138/infor_proyecto.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Osa Conservation. (2020). *Protecting Osa's Habitats*. Osa Conservation. <https://osaconservation.org/protecting-osa-habitats/>
- Pallqui, N., Monteagudo, A., Phillips, O., Lopez-Gonzalez, G., Cruz, L., Galiano, W., Chavez, Wilfredo. y Vasquez, R. (2014). Dinámica, biomasa aérea y composición florística en parcelas permanentes Reserva Nacional Tambopata, Madre de Dios, Perú. *Revista peruana de biología*, 21(3), 235 - 242. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332014000300006
- Pérez-Ribera, R. (2002). *Evaluación del impacto del aprovechamiento forestal en cinco especies forestales, Los Mogos, Península de Osa, Costa Rica*. TEC. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/489>
- Quesada, R. (24 y 25 de agosto 2007). *Los Bosques de Costa Rica*. IX Congreso Nacional de Ciencias, Exploraciones fuera y dentro del aula, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. <https://www.cientec.or.cr/exploraciones/ponencias2007/RupertoQuesada.pdf>
- Quesada-Alpízar, M., Cortés, J., Alvarado, J. y Fonseca, A. (2006). *Características hidrográficas y biológicas de la zona marino-costera del Área de Conservación OSA*. doi:10.13140/RG.2.1.4541.7042
- Quinto, H., Moreno, F. y Álvarez, E. (2010). *Estructura y biomasa aérea de bosques primarios en un gradiente altitudinal en Colombia*. Medellín, Colombia. <https://core.ac.uk/download/pdf/11052402.pdf>
- Ramírez, F., Valverde, J. y Salas, F. (1995). *Cálculo del volumen aserrable de árboles en pie*. CATIE. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A5004e/A5004e.pdf>
- Restrepo, H., Orrego, S., y Galeano, O. (2012). Estructura de bosques secundarios y rastrojos montano bajos del norte de Antioquia, Colombia. *Colombia Forestal*, 15(2), 173 - 189. <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v15n2/v15n2a03.pdf>
- Reyes, D. (2012). *Análisis de los procesos de restauración pasiva para un bosque seco tropical en la Estación Experimental Forestal Horizontes. Guanacaste, Costa Rica*. Cartago, Costa Rica. <http://copa.acguanacaste.ac.cr/bitstream/handle/11606/887/AN%C3%81LISIS%20DE%20LOS%20PROCESOS%20DE%20RESTAURACI%C3%93N%20PASIVA%20PARA%20UN%20BOSQUE%20SECO%20TROPICAL%20EN%20LA%20ESTACI%C3%93N%20EXPERIMENTAL%20FORESTAL%20HORIZONTES%20GUANACASTE%20COSTA%20RICA.pdf>

20EN%20LA%20ESTACI%C3%93N%20EXPERIMENTAL%20FORESTAL%20HORIZONTES.%20GUANACASTE
%2C%20COSTA%20RICA..pdf?sequence=1&isAllowed=y

Riba-Hernández, L. y Monge-Nájera, J. (2018). Percepción del cambio en la calidad ambiental del paisaje cultural: la ciudad bananera de Golfito, Costa Rica. *InterSedes*, 19(40), 3-25. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/is/v19n40/2215-2458-is-19-40-1.pdf>

Rodrigues, C., de-Azevedo, C. y Brum, L. (2013). Monitoramento da dinâmica de carbon: famílias botânicas mais representativas em uma floresta não manejada em Manaus, AM. Embrapa Amazônia Ocidental. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1007446/1/Doc111A5.pdf>

Rodríguez, A. y Moya, R. (2011). *Maderas de la Península de Osa: su descripción e identificación para el control de su aprovechamiento*. TEC. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10806/maderas_pen%C3%ADnsula_osa_descripci%C3%B3n_identificaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rosero-Bixby, L., Maldonado-Ulloa, T. y Bonilla-Carrión, R. (2002). Bosque y población en la Península de Osa, Costa Rica. *Revista Biología Tropical*, 50(2), 585-598. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/16460/15974>

Salmerón, A., González, A. y Geada, G. (2016). Tipos funcionales de plantas según su respuesta a las perturbaciones en un bosque semideciduo micrófilo costero de Cuba Oriental. *Revista Bosque*. 37(1), 135-145. <http://revistas.uach.cl/pdf/bosque/v37n1/art13.pdf>

Sánchez, D. (2016). *Evaluación del carbono almacenado en la biomasa, necromasa y carbono orgánico del suelo de tres diferentes hábitats en la Península de Osa*. Universidad Nacional de Costa Rica. https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/13491/Tesis_Dami%C3%A1n_Felipe_S%C3%A1nchez_Rodr%C3%ADguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sánchez, M. (27 de abril de 2021). Edad de los bosques donde están localizadas las parcelas del ecosistema de referencia. (P. Salazar, Entrevistador) Península de Osa, Costa Rica.

Sandor, M. (2012). *Forest Regeneration on the Osa Peninsula, Costa Rica*. https://opencommons.uconn.edu/gs_theses/369/

Sandor, M. y Chazcon, R. (2014). Remnant Trees Affect Species Composition but Not Structure of Tropical Second-Growth Forest. *PloS one*, 9(1), 1-7. https://www.researchgate.net/publication/259879526_Remnant_Trees_Affect_Species_Composition_but_Not_Structure_of_Tropical_Second-Growth_Forest

Schnitzer, S. A., Mangan, S. A., Dalling, J. W., Baldeck, C. A., Hubbell, S. P., Ledo, A., Aguilar, S., Brassfield, D., Hernandez, A., Lao, S., Perez, R., Valdes, O., Rutishauser, S. y Yorke, S. R. (2012). Liana Abundance, Diversity, and Distribution on Barro Colorado Island, Panama. *PLoS one*, 7(12). <https://journals-plos-org.una.idm.oclc.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0052114>

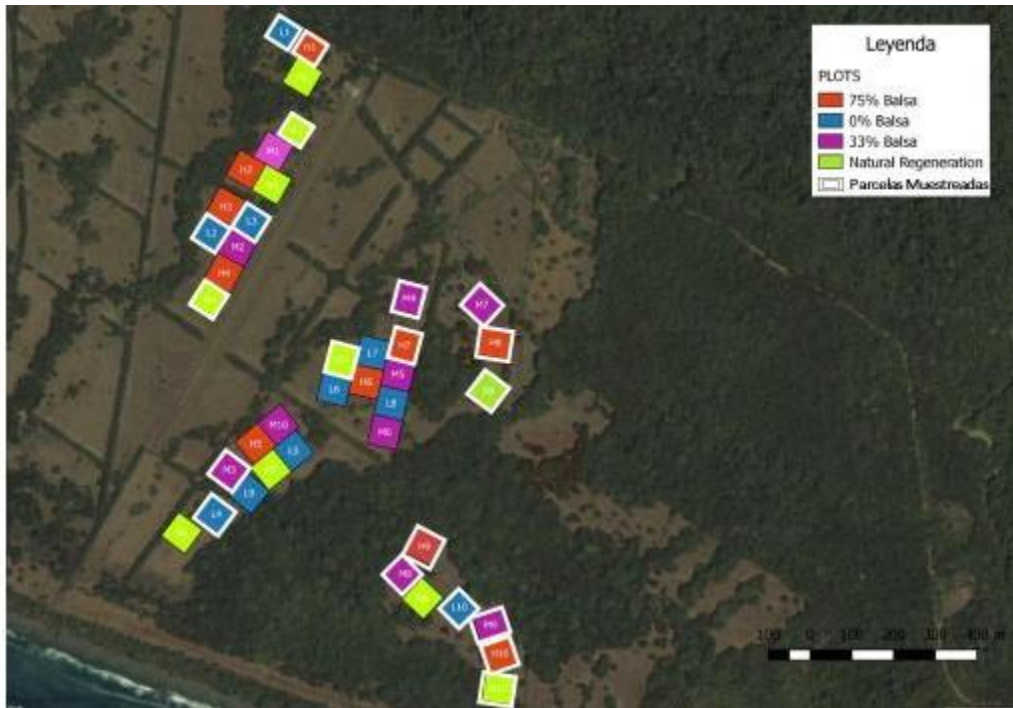
Silva, I. y Mejía, O. (2014). Autoestima, adolescencia y pedagogía. *Revista Electrónica Educare (Educare Electronic Journal)*, 1(1), 1409-4258. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/EDUCARE/article/view/6367/16327>

- Slik, F., Paoli, G., McGuire, K., Amaral, L., Barroso, J., Bastian, M., Blanc, L., Bongers, F., Boundja, P., Clark, C., Collins, M., Dauby, G., Ding, Y., Doucet, J., Eler, E., Ferreira, L., Forshed, O., Fredriksson, G., Gillet, J ... (2012). Large trees drive forest aboveground biomass variation in moist lowland forests across the tropics. *Global Ecology and Geography*, 22(12), 1261-1271. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/geb.12092>
- Soto-Montoya, C. (2011). *Uso de sensores remotos para estimar biomasa arriba del suelo en bosques de la Península de Osa*. Cartago, Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/5739>
- Taylor, P., Asner, G., Dahlin, K., Anderson, C., Knapp, D., Martin, R., Joseph, M., R, Chazdon., R, Cole., W, Wanek., F, Hofhansl., E, Malavassi., B, Vilchez-Alvarado. y Townsend, A. (2015). Controles a escala de paisaje sobre las existencias de carbono de los bosques sobre el suelo en la península de Osa, Costa Rica. *Plos One*, 10 (6),1-18. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126748>
- Ulate, C. (2011). *Análisis y comparación de la biomasa aérea dela cobertura forestal según zona de vida y tipo de bosque para Costa Rica*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Urrelo, R. (2018). *Stock de carbono de la biomasa aérea de las especies comerciales de un bosque de terraza baja inundable de la comunidad nativa Uranias, Loreto, Perú, 2016*. http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/5519/Rosario_Tesis_Titulo_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Valerio, J., y Salas, C. (1998). *Selección de prácticas silviculturales para bosques tropicales manual técnico*. Santa Cruz, Bolivia. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNACG865.pdf
- Valerio, V., y Arguedas, S. (2013). *Proyecto Manejo de Carbono: Caso Municipio de San Rafael de Heredia*. Heredia, Costa Rica: Memorias VII Congreso de la Red Latinoamericana de Ciencias Ambientales. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/memorias/article/view/2366/2191%20pag%20279-281>
- Valerio-Hernández, Arguedas-Quirós, y Aguilar-Arguedas. (2016). Educación ambiental en el marco de una estrategia participativa para atender el cambio climático a nivel local: Experiencias en Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 49(1), 1-12. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/8355/9398>
- Van-Breugel, M., Bongers, F., y Martínez-Ramos, M. (2007). Species Dynamics During Early Secondary Forest Succession: Recruitment, Mortality. *BIOTROPICA*, 35(5), 610–619. http://www.oikos.unam.mx/LECT/images/publicaciones_2010/species_dynamics_2007.pdf
- Vargas, L. (2012). *Análisis de una cronosecuencia de bosques tropicales del corredor biológico Osa, Costa Rica*. TEC. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3004/Informe_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vásquez, A. y Arellano, H. (2012). Estructura, Biomasa aérea y carbono almacenado en los bosques del Sur y Noroccidente de córdoba. *Colombia Diversidad Biótica XII*, 18(2), 923-961.

- Vega, E. (2017). *Almacenamiento de carbono en la biomasa aerea de un bosque colina baja de la parcela de corta anual 07 de la conseción n°16- iqu/c-j-236-04, cuenca del Río Napo, Iquitos – Perú*. UNAP. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4618>
- Vleut, I., Levy-Tacher, S., De-Boer, W., Galindo-González, J., y Ramírez-Marcial, N. (2013). Can a fast-growing early-successional tree (*Ochroma pyramidale*, Malvaceae) accelerate forest succession? *Journal of Tropical Ecology*, 29(2), 173 - 180. <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-tropical-ecology/article/abs/can-a-fastgrowing-earllysuccessional-tree-ochroma-pyramidale-malvaceae-accelerate-forest-succession/EFAAE5C8046A18F5050980A164155269>
- Whitworth, A., Pillco-Huarcaya, R., Downie, R., Villacampa, J., Brauholtz, L. y MacLeod, R. (2018). Long lasting impressions: After decades of regeneration rainforest biodiversity remains differentially affected following selective logging and clearance for agriculture. *Global Ecology and Conservation*, 13(2018). doi:<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2018.e00375>
- Yepes, A., del-Valle, J., Jaramillo, S. y Orrego, S. (2010). Recuperación estructural en bosques sucesionales andinos de Porce (Antioquia, Colombia). *Biología Tropical*, 58(1), 427-445. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000100031
- Zahawi, R., y Augspurger, C. (2006). Tropical Forest Restoration: Tree Islands As Recruitment Foci In Degraded Lands Of Honduras. *Ecological Applications*, 16(2), 464–478. [https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/1051-0761\(2006\)016\[0464:TFRTIA\]2.0.CO;2](https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/1051-0761(2006)016[0464:TFRTIA]2.0.CO;2)
- Zanne, A. E., López-González, G., Coomes, D. A., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S. L., Miller, R. B., Swenson, N. G., Wiemann, M. C. y Chave, J. (2009). Global wood density database. Dryad. <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>.

10 Anexos

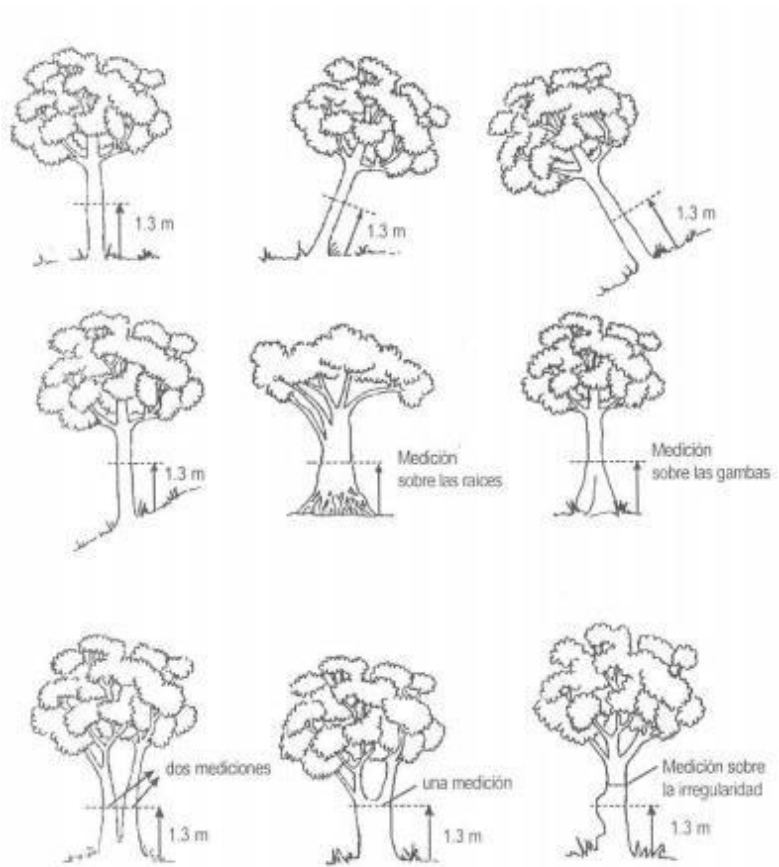
Anexo 1. Distribución de parcelas y aplicación de tratamientos en RA.



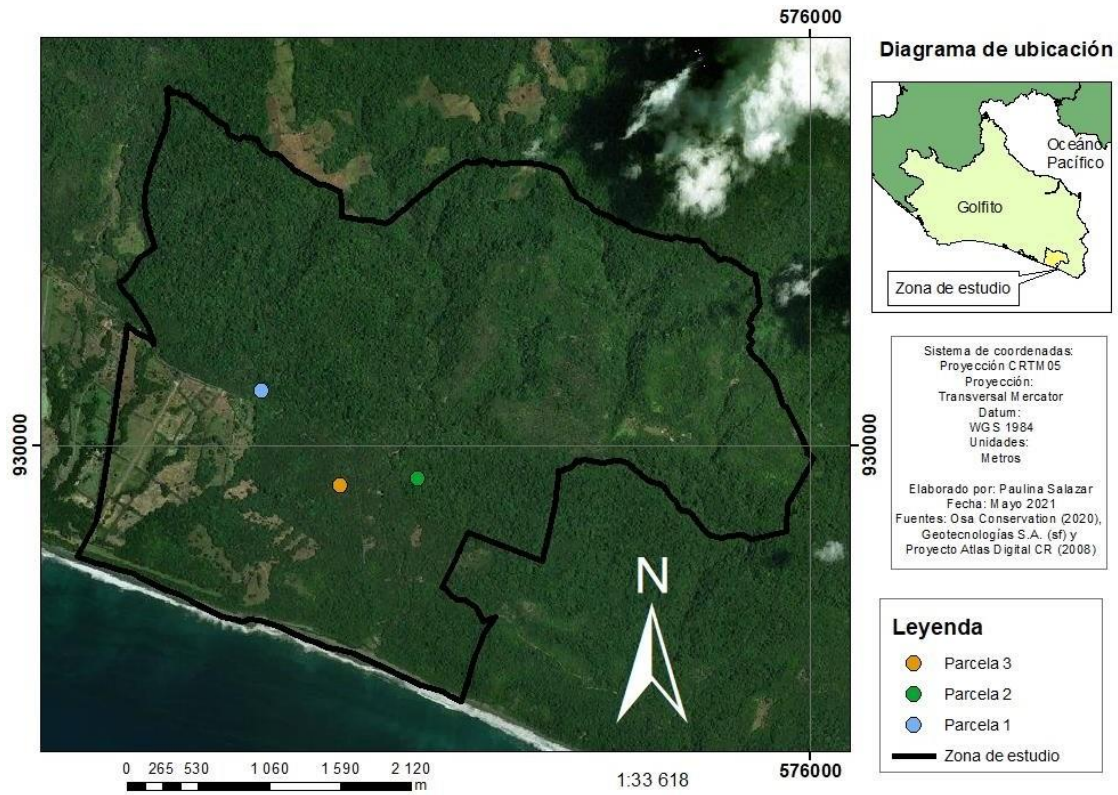
Anexo 2. Lista de especies nativas plantadas en cada parcela, RA.

sp.code	family	species	common_name
1	ANACARDIACEAE	<i>Anacardium excelsum</i>	Espavel
2	ANACARDIACEAE	<i>Astronium graveolens</i>	Ron ron
3	ANACARDIACEAE	<i>Spondias mombin</i>	Jobo
4	ANACARDIACEAE	<i>Tapirira guianensis</i>	Cedro dulce
5	APOCYNACEAE	<i>Aspidosperma spruceanum</i>	Mangillo
6	BIGNONIACEAE	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	Corteza amarilla
7	MALVACEAE	<i>Pachira aquatica</i>	Bala cañon
8	CALOPHYLLACEAE	<i>Calophyllum inophyllum</i>	Maria
9	CALOPHYLLACEAE	<i>Calophyllum longifolium</i>	Maria
10	CLUSIACEAE	<i>Garcinia madruno</i>	Jorco
11	FABACEAE	<i>Inga multijuga</i>	Guaba
12	FABACEAE	<i>Inga alba</i>	Guaba
13	FABACEAE	<i>Inga sapindoides</i>	Guaba
14	FABACEAE	<i>Ormosia macrocalyx</i>	Nene
15	FABACEAE	<i>Pterocarpus officinalis</i>	Sangrillo
16	SALICACEAE	<i>Casearia corymbosa</i>	Plomillo
17	LAURACEAE	<i>Nectandra umbrosa</i>	Aguacatillo
18	CANNABACEAE	<i>Trema micrantha</i>	Capulin
19	MELIACEAE	<i>Carapa guianensis</i>	Cedro bateo
20	MORACEAE	<i>Brosimum utile</i>	Baco
21	MYRISTICACEAE	<i>Virola koschnyi</i>	Frutadorada
22	MYRISTICACEAE	<i>Virola sebifera</i>	Virola
23	MYRISTICACEAE	<i>Virola sp.A.</i>	Virola
24	RUBIACEAE	<i>Genipa americana</i>	Guaytil
25	SAPINDACEAE	<i>Cupania rufescens</i>	
26	SAPINDACEAE	<i>Diodendron costaricense</i>	Iguano
27	MUNTINGIACEAE	<i>Muntingia calabura</i>	Capulin blanco
28	MALVACEAE	<i>Ochroma pyramidale</i>	Balsa
29	FABACEAE	<i>Hymenaea courbaril</i>	Guapinol
30	OLACACEAE	<i>Mnquartia guianensis</i>	Manu
31	MORACEAE	<i>Clarisia biflora</i>	Ojoche
32	ANNONACEAE	<i>Oxandra venezuelana</i>	Yayo
33	MYRISTICACEAE	<i>Otoba novogranatensis</i>	Frutadorada
34	SAPOTACEAE	<i>Manilkara staminodella</i>	Nispero chicle
35	SIMAROUBACEAE	<i>Simarouba amara</i>	Aceituno
36	FABACEAE	<i>Inga punctata</i>	Guaba
37	SAPOTACEAE	<i>Pouteria faveolata</i>	Sapotillo
38	FABACEAE	<i>Schizolobium parahyba</i>	gallinazo
39	FABACEAE	<i>Tachigali versicolor</i>	Reseco
40	LECYTHIDACEAE	<i>Eschweilera collinsii</i>	Repollito
41	COMBRETACEAE	<i>Terminalia oblonga</i>	Surá
42	MORACEAE	<i>Brosimum costaricanum</i>	baco
43	FABACEAE	<i>inga sp.</i>	Guaba
44	HUMIRIACEAE	<i>Vantanea barbouri</i>	chiricano
45	FABACEAE	<i>Peltogyne purpurea</i>	Nazareno
46	FABACEAE	<i>Platymiscium sp</i>	Cristobal
47	MORACEAE	<i>Brosimum lactescens</i>	Ojoche
48	FABACEAE	<i>Andira inermis</i>	came asada
49	APOCYNACEAE	<i>Tabernaemontana donnell smith</i>	huevo de caballo
50	LECYTHIDACEAE	<i>Lecythis mesophylla</i>	Olla de mono
51	MALVACEAE	<i>Ceiba pentandra</i>	
52	MELIACEAE	<i>Cedrella odorata</i>	cedro amargo
53	Urticaceae	<i>Cecropia sp</i>	Guarumo
54	Malvaceae	<i>Pseudobombax septenatum</i>	Barrigón
55	Rubiaceae	<i>Rubiaceae (¿Tocoyena pittieri)</i>	na
56	Malvaceae	<i>Trichospermum galeotti</i>	
57	Moraceae	<i>Ficus insipida</i>	Chlamate
58	Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>	Vainillo
59	Boraginaceae		Roble
60	Boraginaceae	<i>Cordia collococca</i>	Moco de caballo
61	Boraginaceae	<i>Handroanthus ochraceus</i>	Corteza Negra
62	Chrysobalanaceae	<i>Chrysobalanus icaco</i>	Icaco
63	Fabaceae	<i>Albizia saman</i>	Cenizaro
64	Fabaceae	<i>Caesalpinia eriostachys</i>	Saino
65	Fabaceae	<i>Cajoba arborea</i>	Lorito
66	Fabaceae	<i>Diphysa americana</i>	Guachipilin
67	Fabaceae	<i>Dipteryx panamensis</i>	Almendro
68	Fabaceae	<i>Vatairea</i>	Cocobofo
69	Fabaceae	<i>Zygia longifolia</i>	Sota caballo
70	Meliaceae	<i>Sweetenia macrophylla</i>	Caoba
71	Moraceae	<i>Brosimum costaricanum</i>	Ojochillo-Caca de mico

Anexo 3. Metodología para medir DAP (Camacho, 2000).



Anexo 4. Distribución de las tres parcelas del ecosistema de referencia.



Anexo 5. Parada estratégica para ver el efecto del Cambio Climático en la pérdida de los bordes de la playa.



Anexo 6. Medición del diámetro de un árbol, para saber la absorción de dióxido de carbono y la producción específica de oxígeno.



Anexo 7. Explicación de que es una parcela permanente y el objetivo de la investigación del presente estudio.



Anexo 8. Visita a la parcela dos (unidad muestral permanente del bosque del presente estudio) para la explicación de cómo hacer la medición de diámetro y para qué sirve en la regeneración.



Anexo 9. Participantes de uno de los talleres, con su bitácora, donde contestaban las preguntas.



Anexo 10. Lista de especies encontradas en el bosque secundario de referencia, según familia, gremio ecológico e Índice de Valor de Importancia (IVI).

Especie	Familia	Gremios ecológicos	Abundancia	Frecuencia	Dominancia	IVI %
Spondias mombin	Anacardiaceae	Heliófito durable	18,81	1,96	26,06	15,61
Luehea seemanii	Malvaceae	Heliófito durable	11,90	1,96	14,87	9,58
Castilla tunu	Moraceae	Efímera	9,64	1,96	5,17	5,59
Inga multi juga	Fabaceae	Efímera	4,52	1,96	5,72	4,07
Apeiba tibourbou	Malvaceae	Heliófito durable	3,57	1,96	4,87	3,47

Chimarrhis latifolia	Rubiaceae	Indeterminado	5,48	1,96	2,11	3,18
Spondias radlkoferi	Anacardiaceae	Heliófita durable	2,02	1,31	2,95	2,09
Viola sebifera	Myristicaceae	Heliófita durable	3,10	1,96	1,06	2,04
Croton schiedeanus	Euphorbiaceae	Efímera	3,33	1,31	1,17	1,94
Inga sapindoides	Fabaceae	Heliófita durable	2,50	1,96	1,10	1,85
Homalolepis cedron	Simaroubaceae	Esciófita	2,86	1,96	0,61	1,81
Ficus zarzalensis sf	Moraceae	Indeterminado	0,12	0,65	4,56	1,78
Guettarda foliacea	Rubiaceae	Esciófita	1,31	1,96	1,90	1,72
Guatteria amplifolia	Annonaceae	Esciófita	2,50	1,96	0,61	1,69
Viola chrysocarpa	Myristicaceae	Indeterminado	1,79	1,96	0,40	1,38
Tachigali versi color	Fabaceae	Indeterminado	2,62	0,65	0,61	1,29
Cordia bicolor	Cordiaceae	Heliófita durable	1,55	1,31	0,78	1,21
Trophis racemosa	Moraceae	Heliófita durable	1,07	1,96	0,58	1,20
Goethalsia meiantha	Malvaceae	Heliófita durable	1,07	0,65	1,78	1,17
Ficusinsípida	Moraceae	Heliófita durable	0,12	0,65	2,66	1,14
Viola laevigata	Myristicaceae	Heliófita durable	1,19	1,31	0,65	1,05
Hieronyma alchorneoides	Phyllanthaceae	Heliófita durable	0,83	0,65	1,44	0,98
Pterocarpus hayesii	Fabaceae	Heliófita durable	0,48	1,31	0,99	0,92
Brosimum alicastrum	Moraceae	Esciófita	0,24	0,65	1,84	0,91
Symphonia globulifera	Clusiaceae	Heliófita durable	0,36	0,65	1,71	0,91
Gustavia brachycarpa	Lecythidaceae	Esciófita	0,60	1,96	0,16	0,91
Clarisia biflora	Moraceae	Esciófita	0,60	1,96	0,13	0,89
Otoba novogranatensis	Myristicaceae	Heliófita durable	0,83	1,31	0,40	0,85
Genipa americana	Rubiaceae	Heliófita durable	0,36	1,96	0,16	0,83
Casearia sylvestris	Salicaceae	Heliófita durable	0,71	1,31	0,35	0,79
Tapirira guianensis	Anacardiaceae	Heliófita durable	0,71	1,31	0,15	0,72
Ocotea sp	Lauraceae	Indeterminado	0,36	1,31	0,44	0,70
Nectandra membranacea	Lauraceae	Heliófita durable	0,48	1,31	0,21	0,66
Pradosia sp	Sapotaceae	Indeterminado	0,24	1,31	0,44	0,66
Brosimum guianense	Moraceae	Esciófita	0,48	1,31	0,19	0,66
Lacmellea panamensis	Apocynaceae	Heliófita durable	0,48	1,31	0,12	0,64
Maranthes panamensis	Chrysobalanaceae	Esciófita	0,24	0,65	0,93	0,61
Ochroma pyramidale	Malvaceae	Efímera	0,24	1,31	0,23	0,59
Heisteria acuminata	Olacaceae	Heliófita durable	0,36	1,31	0,10	0,59
Celtis schippii	Cannabaceae	Heliófita durable	0,12	0,65	0,99	0,59
Protium glabrum	Burseraceae	Heliófita durable	0,36	1,31	0,07	0,58

Miconia argentea	Melastomataceae	Efímera	0,71	0,65	0,36	0,58
Pterocarpus sp	Fabaceae	Heliófita durable	0,12	0,65	0,95	0,57
Xylopia sericophylla	Annonaceae	Heliófita durable	0,24	1,31	0,11	0,55
Licania sp	Chrysobalanaceae	Esciófita	0,12	0,65	0,87	0,55
Virola nobilis	Myristicaceae	Heliófita durable	0,24	1,31	0,09	0,54
Damburneya umbrosa	Lauraceae	Esciófita	0,24	1,31	0,06	0,54
Dilodendron costaricense	Sapindaceae	Heliófita durable	0,24	1,31	0,05	0,53
Sorocea pubivena	Moraceae	Heliófita durable	0,24	1,31	0,04	0,53
Lacistema aggregatum	Lacistemataceae	Heliófita durable	0,24	1,31	0,04	0,53
Pseudolmedia spuria	Moraceae	Esciófita	0,12	0,65	0,77	0,51
Lonchocarpus ferrugineus	Fabaceae	Heliófita durable	0,36	0,65	0,45	0,49
Pouteria torta	Sapotaceae	Esciófita	0,24	0,65	0,54	0,48
Handroanthus chrysanthus	Bignoniaceae	Heliófita durable	0,12	0,65	0,57	0,45
Coccoloba tuerckheimii	Polygonaceae	Heliófita durable	0,24	0,65	0,37	0,42
Vantanea barbourii	Humiriaceae	Esciófita	0,36	0,65	0,18	0,40
Dussia macrophyllata	Fabaceae	Heliófita durable	0,12	0,65	0,40	0,39
Brosimum lactescens	Moraceae	Esciófita	0,12	0,65	0,37	0,38
Pouteria spicata	Sapotaceae	Esciófita	0,12	0,65	0,37	0,38
Piper reticulatum	Piperaceae	Efímera	0,36	0,65	0,07	0,36
Chomelia microloba	Rubiaceae	Indeterminado	0,36	0,65	0,06	0,36
Protium panamense	Burseraceae	Heliófita durable	0,24	0,65	0,10	0,33
Cheiloclinium cognatum	Celastraceae	Indeterminado	0,24	0,65	0,07	0,32
Xylosma intermedia	Salicaceae	Indeterminado	0,24	0,65	0,05	0,32
Simarouba amara	Simaroubaceae	Heliófita durable	0,24	0,65	0,04	0,31
Pouteria sp (hoja peq)	Sapotaceae	Esciófita	0,12	0,65	0,16	0,31
Lozania pittieri	Lacistemataceae	Esciófita	0,12	0,65	0,15	0,31
Anacardium excelsum	Anacardiaceae	Esciófita	0,12	0,65	0,15	0,31
Sapium allenii	Euphorbiaceae	Heliófita durable	0,12	0,65	0,14	0,31
Meliosma allenii	Sabiaceae	Esciófita	0,12	0,65	0,10	0,29
Ficus maxima	Moraceae	Heliófita durable	0,12	0,65	0,09	0,29
Myriocarpa longipes	Urticaceae	Heliófita durable	0,12	0,65	0,09	0,29
Pouteria chiricana sf	Sapotaceae	Indeterminado	0,12	0,65	0,08	0,28
Pouteria subrotata	Sapotaceae	Indeterminado	0,12	0,65	0,08	0,28
Trichilia sp	Meliaceae	Heliófita durable	0,12	0,65	0,06	0,28
Guarea tonduzii	Meliaceae	Indeterminado	0,12	0,65	0,06	0,28
Maquira guianensis	Moraceae	Indeterminado	0,12	0,65	0,05	0,27

Heisteria concinna	Olacaceae	Esciófita	0,12	0,65	0,04	0,27
Desconocido(muriendo)	Indeterminada	Indeterminado	0,12	0,65	0,04	0,27
Unonopsis pittieri	Annonaceae	Heliófita durable	0,12	0,65	0,04	0,27
Tocoyena pittieri	Rubiaceae	Esciófita	0,12	0,65	0,03	0,27
Capparidastrum discolor	Capparaceae	Heliófita durable	0,12	0,65	0,03	0,27
Piper aequale	Piperaceae	Indeterminado	0,12	0,65	0,03	0,27
Caryocar costaricense	Caryocaraceae	Indeterminado	0,12	0,65	0,03	0,27
Protium stevensonii	Burseraceae	Esciófita	0,12	0,65	0,03	0,27
Vitex cooperi	Lamiaceae	Heliófita durable	0,12	0,65	0,02	0,27
Inga punctata	Fabaceae	Heliófita durable	0,12	0,65	0,02	0,27
Perebea hispídula	Moraceae	Indeterminado	0,12	0,65	0,02	0,27
Vochysia guatemalensis	Vochysiaceae	Heliófita durable	0,12	0,65	0,02	0,27
Coccoloba sp	Polygonaceae	Heliófita durable	0,12	0,65	0,02	0,27
Lonchocarpus eriophyllus	Fabaceae	Esciófita	0,12	0,65	0,02	0,26
Desconocido(descopado)	Indeterminada	Indeterminado	0,12	0,65	0,02	0,26
Stenostomum turrialbanum	Rubiaceae	Esciófita	0,12	0,65	0,02	0,26
Crateva tapia	Capparaceae	Heliófita durable	0,12	0,65	0,02	0,26
Pouteria reticulata sf	Sapotaceae	Esciófita	0,12	0,65	0,02	0,26
Chione venosa	Rubiaceae	Esciófita	0,12	0,65	0,02	0,26
Inga alba	Fabaceae	Heliófita durable	0,12	0,65	0,02	0,26
Drypetes brownii	Putranjivaceae	Indeterminado	0,12	0,65	0,02	0,26
Myrcia splendens	Myrtaceae	Heliófita durable	0,12	0,65	0,02	0,26

Anexo 11. Lista de especies encontradas en las parcelas de regeneración asistida, según tratamiento, familia, gremio ecológico e Índice de Valor de Importancia (IVI).

Tratamiento	Especie	Familia	Gremio ecológico	Abundancia	Frecuencia	Dominancia	IVI %
H	<i>Anacardium excelsum</i>	Anacardiaceae	Esciófita	0,73	6,06	0,39	1,44
H	<i>Cecropia peltata</i>	Urticaceae	Efímera	4,40	12,12	2,96	3,90
H	<i>Ceiba pentandra</i>	Malvaceae	Heliófita durable	0,37	6,06	0,14	1,31
H	<i>Ficus insipida</i>	Moraceae	Heliófita durable	0,18	3,03	0,36	0,71
H	<i>Ficus zarzalensis sf</i>	Moraceae	Indeterminado	0,18	3,03	1,08	0,86
H	<i>Genipa americana</i>	Rubiaceae	Heliófita durable	0,18	3,03	2,63	1,17
H	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Malvaceae	Efímera	4,76	12,12	10,98	5,57

H	<i>Inga multijuga</i>	Fabaceae	Efímera	0,18	3,03	0,06	0,65
H	<i>Inga punctata</i>	Fabaceae	Heliófita durable	0,18	3,03	0,06	0,65
H	<i>Lacmellea panamensis</i>	Apocynaceae	Heliófita durable	0,18	3,03	0,09	0,66
H	<i>Luehea seemannii</i>	Malvaceae	Heliófita durable	0,55	9,09	3,59	2,65
H	<i>Ochroma pyramidale</i>	Malvaceae	Efímera	85,90	15,15	72,85	34,78
H	<i>Schizolobium parahyba</i>	Fabaceae	Efímera	1,28	6,06	0,45	1,56
H	<i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae	Heliófita durable	0,55	9,09	1,46	2,22
H	<i>Trichospermum galeottii</i>	Malvaceae	Efímera	0,18	3,03	0,05	0,65
H	<i>Vitex cooperi</i>	Lamiaceae	Heliófita durable	0,18	3,03	2,84	1,21
L	<i>Anacardium excelsum</i>	Anacardiaceae	Esciófita	10,71	4,88	3,95	3,91
L	<i>Astronium graveolens</i>	Anacardiaceae	Heliófita durable	2,86	2,44	0,50	1,16
L	<i>Casearia hirsuta</i>	Salicaceae	Indeterminado	0,71	2,44	1,32	0,90
L	<i>Cecropia peltata</i>	Urticaceae	Efímera	5,00	7,32	4,90	3,44
L	<i>Cedrela Odorata</i>	Meliaceae	Heliófita durable	0,71	2,44	0,16	0,66
L	<i>Cupania rufescens</i>	Sapindaceae	Heliófita durable	0,71	2,44	0,25	0,68
L	<i>Damburneya umbrosa</i>	Lauraceae	Esciófita	0,71	2,44	0,12	0,65
L	<i>Ficus citrifolia</i>	Moraceae	Heliófita durable	0,71	2,44	8,73	2,38
L	<i>Ficus maxima</i>	Moraceae	Heliófita durable	1,43	2,44	2,40	1,25
L	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Malvaceae	Efímera	3,57	4,88	1,42	1,97
L	<i>Inga multijuga</i>	Fabaceae	Efímera	2,86	2,44	0,85	1,23
L	<i>Inga punctata</i>	Fabaceae	Heliófita durable	2,86	4,88	0,80	1,71
L	<i>Inga sapindoides</i>	Fabaceae	Heliófita durable	5,71	7,32	20,79	6,76
L	<i>Lacmellea panamensis</i>	Apocynaceae	Heliófita durable	1,43	4,88	2,74	1,81
L	<i>Luehea seemannii</i>	Malvaceae	Heliófita durable	5,00	9,76	10,24	5,00
L	<i>Miconia argentea</i>	Melastomataceae	Efímera	2,14	4,88	2,76	1,96
L	<i>Muntingia calabura</i>	Muntingiaceae	Indeterminado	21,43	9,76	9,47	8,13
L	<i>Ochroma pyramidale</i>	Malvaceae	Efímera	1,43	2,44	2,09	1,19
L	<i>Pachira aquatica</i>	Malvaceae	Heliófita durable	0,71	2,44	0,18	0,67
L	<i>Schizolobium parahyba</i>	Fabaceae	Efímera	10,00	7,32	2,50	3,96
L	<i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae	Heliófita durable	19,29	9,76	23,84	10,58
M	<i>Anacardium excelsum</i>	Anacardiaceae	Esciófita	4,70	8,70	1,29	2,94
M	<i>Astronium graveolens</i>	Anacardiaceae	Heliófita durable	0,28	2,17	0,05	0,50
M	<i>Cecropia peltata</i>	Urticaceae	Efímera	5,52	6,52	2,32	2,87
M	<i>Ceiba pentandra</i>	Malvaceae	Heliófita durable	0,28	2,17	0,07	0,50
M	<i>Chimarrhis latifolia</i>	Rubiaceae	Esciófita	0,28	2,17	0,21	0,53
M	<i>Cordia collococca</i>	Cordiaceae	Efímera	0,28	2,17	0,06	0,50
M	<i>Ficus zarzalensis sf</i>	Moraceae	Indeterminado	0,83	2,17	9,89	2,58
M	<i>Genipa americana</i>	Rubiaceae	Heliófita durable	0,55	2,17	3,89	1,32
M	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Malvaceae	Efímera	2,76	6,52	4,89	2,84
M	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	Bignoniaceae	Heliófita durable	0,28	2,17	0,45	0,58
M	<i>Inga multijuga</i>	Fabaceae	Efímera	0,55	2,17	0,17	0,58

M	<i>Inga sapindoides</i>	Fabaceae	Heliófito durable	1,38	8,70	2,87	2,59
M	<i>Lacmellea panamensis</i>	Apocynaceae	Heliófito durable	0,83	6,52	0,33	1,54
M	<i>Luehea seemannii</i>	Malvaceae	Heliófito durable	1,38	4,35	12,14	3,57
M	<i>Miconia argentea</i>	Melastomataceae	Efímera	2,21	6,52	1,40	2,03
M	<i>Muntingia calabura</i>	Muntingiaceae	Indeterminado	1,93	6,52	1,25	1,94
M	<i>Ochroma pyramidale</i>	Malvaceae	Efímera	69,34	8,70	50,45	25,70
M	<i>Pachira aquatica</i>	Malvaceae	Heliófito durable	0,28	2,17	0,06	0,50
M	<i>Schizolobium parahyba</i>	Fabaceae	Efímera	0,28	2,17	0,13	0,52
M	<i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae	Heliófito durable	4,70	10,87	3,76	3,86
M	<i>Vitex cooperi</i>	Lamiaceae	Heliófito durable	1,38	4,35	4,31	2,01
N	<i>Anacardium excelsum</i>	Anacardiaceae	Esciófito	0,67	3,57	0,08	0,86
N	<i>Casearia hirsuta</i>	Salicaceae	Indeterminado	1,34	3,57	0,25	1,03
N	<i>Cecropia peltata</i>	Urticaceae	Efímera	14,09	14,29	3,78	6,43
N	<i>Citrus sp</i>	Rutaceae	Indeterminado	0,67	3,57	0,27	0,90
N	<i>Cordia collococca</i>	Cordiaceae	Efímera	1,34	3,57	0,22	1,03
N	<i>Crescentia cujete</i>	Bignoniaceae	Indeterminado	0,67	3,57	0,11	0,87
N	<i>Erythrina poeppigiana</i>	Fabaceae	Indeterminado	0,67	3,57	0,13	0,88
N	<i>Ficus zarzalensis sf</i>	Moraceae	Indeterminado	0,67	3,57	3,87	1,62
N	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Malvaceae	Efímera	41,61	14,29	14,33	14,05
N	<i>Inga punctata</i>	Fabaceae	Heliófito durable	2,68	3,57	0,33	1,32
N	<i>Inga sapindoides</i>	Fabaceae	Heliófito durable	0,67	3,57	8,95	2,64
N	<i>Lacmellea panamensis</i>	Apocynaceae	Heliófito durable	1,34	3,57	0,51	1,08
N	<i>Lonchocarpus macrophyllus</i>	Fabaceae	Efímera	2,01	7,14	9,87	3,81
N	<i>Luehea seemannii</i>	Malvaceae	Heliófito durable	18,79	3,57	45,18	13,51
N	<i>Miconia argentea</i>	Melastomataceae	Efímera	4,70	7,14	1,16	2,60
N	<i>Muntingia calabura</i>	Muntingiaceae	Indeterminado	0,67	3,57	0,11	0,87
N	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	Efímera	0,67	3,57	0,14	0,88
N	<i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae	Heliófito durable	5,37	7,14	10,02	4,51
N	<i>Vitex cooperi</i>	Lamiaceae	Heliófito durable	1,34	3,57	0,67	1,12

Anexo 12. Respuesta de las encuestas en las bitácoras proporcionadas en los talleres presenciales.

1. ¿Qué cree usted que es el de Cambio climático?	Votos	%
Es la variación del clima del planeta tierra	44	92
Es una situación política de los países	1	2
Es una moda cultural	0	0
Es la variación del clima del planeta tierra y es una situación política de los países	1	2
Todas las anteriores	2	4

2. Marque cuales son actividades que ocasionan el cambio climático	Votos	%
Tala ilegal e incendios forestales	21	44
Gases de las empresas	17	35
Uso de petróleo para diferentes actividades como: transporte y plásticos	13	27
Ganadería y agricultura extensiva	10	21
Todas las anteriores	12	25

3. Marque todas las opciones relacionadas con cambio climático:	Votos	%
Aumento de la temperatura y el calor	42	88
Pérdida de flora y fauna importantes y únicas que no se adaptan a los cambios	37	77
Pérdida de corales: temperaturas del mar cambian y algunos corales se mueren	37	77
Lluvias intensas afectan las cosechas	35	73
Aumento del nivel del mar: pérdida de playas, daño a manglares y destrucción infraestructura costera	33	69
Inundaciones, principalmente a las orillas de los ríos donde se han talado los árboles	32	67
Disminución del agua potable por la contaminación	13	27
Aumento de plagas y escasa polinización	8	17
Ninguna de las anteriores	1	2

4. Con lo aprendido hoy, ¿cómo contribuyes a disminuir el cambio climático que sufre el planeta?	Votos	%
No talar árboles	35	73
No botar basura	35	73
Sembrar árboles	17	35
Evitar el uso de plásticos	14	29
Reciclar	13	27
Cuidar la naturaleza	13	27
No a los incendios forestales	10	21
Cuidar los animales	10	21
Campañas para recoger basura	7	15
No a la ganadería extensiva	6	13
Reutilizar	5	10
No a la agricultura extensiva	3	6
Aprovechar árboles sosteniblemente	3	6
Cuidar la atmósfera	3	6
No contaminar el ambiente con humo	3	6
No quemar plásticos	2	4
Usar menos químicos en las plantas	2	4

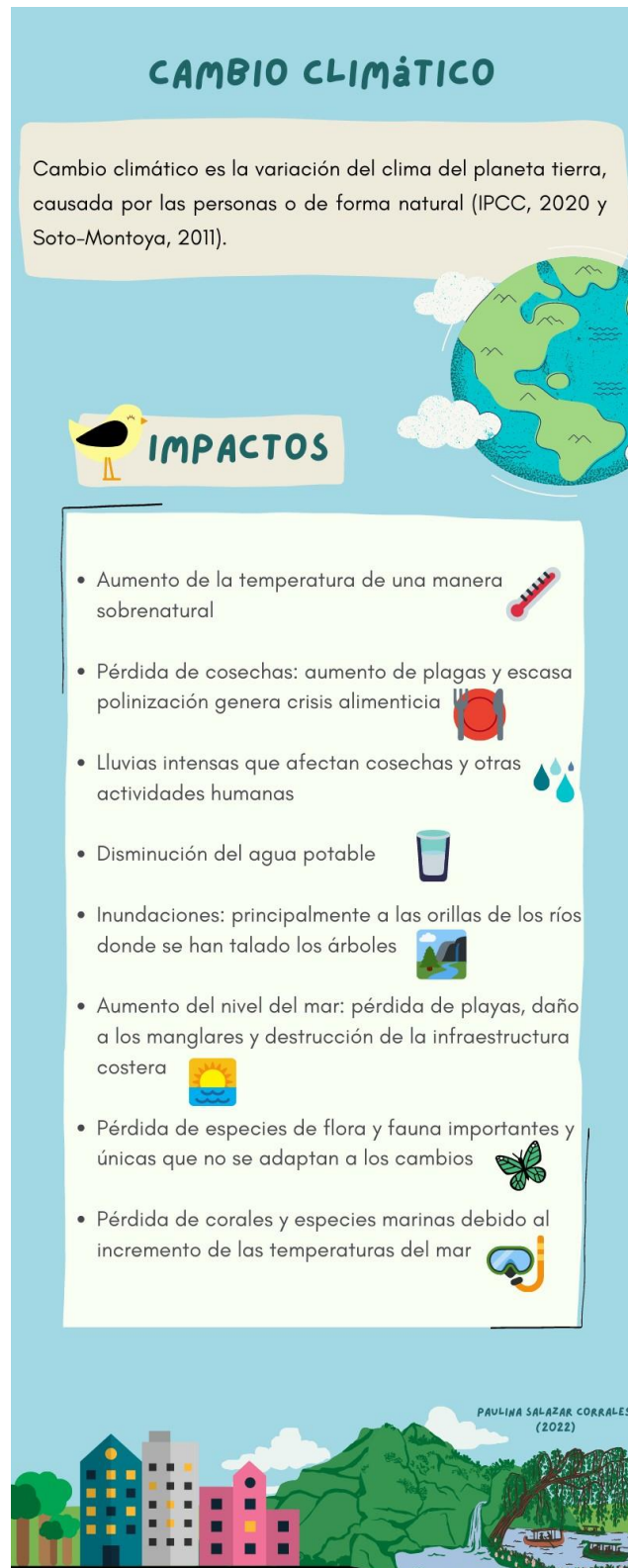
No al consumismo	2	4
Cuidar nuestro cuerpo con alimentos sanos (comida local)	2	4
Tratar de usar transporte amigable con el planeta	1	2
Cuidar los manglares	1	2
Proteger los corales	1	2
Diversificación de cultivos	1	2
Aprovechar la madera caída	1	2
Disminuir el uso de petróleo	1	2

Anexo 13. Preguntas generadoras en el bosque de: ¿Que es dióxido de carbono? ¿qué función cumplen los árboles al adsorber del aire ciertos compuestos contaminantes?



11 Apéndices

Apéndice 1. Infografía parte uno para redes sociales con información de cambio climático y algunos impactos.



Apéndice 2. Infografía parte dos para redes sociales con información de cambio climático, acciones para mitigar los efectos del cambio climático y la importancia de la vegetación arbórea para este.



Apéndice 3. Preguntas proporcionadas en la bitácora-folleto en del taller educativo. Está encuesta se aplicó a todas las personas participantes del taller impartido de manera presencial (edades de 6 a 22 años).

1. ¿Qué cree usted que es el de Cambio Climático?
 - A. Es una situación política de los países
 - B. Es la variación del clima del planeta tierra
 - C. Es una moda cultural
 - D. Todas las anteriores

2. Marque ¿cuáles son actividades que ocasionan el cambio climático?
 - A. Ganadería y agricultura extensiva
 - B. Uso de petróleo para diferentes actividades como: transporte y plásticos
 - C. Gases de las empresas
 - D. Tala ilegal e incendios forestales
 - E. Todas las anteriores

3. Marque todas las opciones relacionadas con cambio climático:
 - A. Aumento de la temperatura y el calor
 - B. Aumento de plagas y escasa polinización
 - C. Lluvias intensas afectan las cosechas
 - D. Disminución del agua potable por la contaminación
 - E. Inundaciones, principalmente a las orillas de los ríos donde se han talado los árboles
 - F. Aumento del nivel del mar: pérdida de playas, daño a manglares y destrucción infraestructura costera
 - G. Pérdida de flora y fauna importantes y únicas que no se adaptan a los cambios
 - H. Pérdida de corales: temperaturas del mar cambian y algunos corales se mueren

4. Pregunta de desarrollo. Con lo aprendido hoy, ¿cómo contribuyes a disminuir el cambio climático que sufre el planeta?

Apéndice 4. Preguntas generadoras a las personas participantes del taller educativo. Esta encuesta se aplicó a los niños, y niñas que participaron en el taller impartido de manera presencial (edades de 6 a 22 años). De manera indirecta se les pregunto sobre que perciben o conocen sobre cambio climático.

1. ¿Ha escuchado hablar sobre cambio climático? ¿Qué creen que es cambio climático?
2. ¿Sabes que es dióxido de carbono?
4. ¿Sabes que función cumplen los árboles cuando absorben del aire ciertos compuestos contaminantes?
5. ¿Cuáles son acciones que ayudan a mitigar el cambio climático? (Conservar y proteger los manglares/ Combinar la Ganadería y/o agricultura con árboles)