

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y AMBIENTALES



Estimación de la captura de carbono del bosque secundario de Zocre
Morro de Calzada, Moyobamba

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES

Diana Rojas Santa Cruz
Cecilia Mariseli Vásquez Llanos

ASESOR

Wilfredo Mendoza Caballero

Rioja, Perú

2025

METADATOS COMPLEMENTARIOS**Datos de los Autores****Autor 1**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Autor 2

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Autor 3

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Autor 4

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Datos de los Asesores**Asesor 1**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (Obligatorio)	

Asesor 2

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (Obligatorio)	

Datos del Jurado**Presidente del jurado**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos de la Obra

Materia*	
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado:	
Idioma	
Tipo de trabajo de investigación	
País de publicación	
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	
Grado académico o título profesional	
Nombre del programa	
Código del programa Consultar el listado:	

***Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesauro).**



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 002 - 2025/UCSS/FCAA-DI

Siendo las 10:00 a.m. del 27 de enero de 2025 a través de la plataforma virtual zoom de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis integrado por:

- | | |
|----------------------------------|-----------------|
| 1. Norma Luz Quinteros Camacho | presidente |
| 2. Denis Izquierdo Hernández | primer miembro |
| 3. Diego Alexander Zavala Vicuña | segundo miembro |
| 4. Wilfredo Mendoza Caballero | asesor(a) |

Se reunieron para la sustentación virtual de la tesis titulada:

Estimación de la captura de carbono del bosque secundario de Zocre Morro de Calzada, Moyobamba

Que presentan las bachilleres en **Ciencias Ambientales**:

Diana Rojas Santa Cruz
Cecilia Mariseli Vásquez Llanos

Cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.


Terminada la sustentación y luego de deliberar, el jurado acuerda:

APROBAR **X**
DESAPROBAR ...

La tesis, con el calificativo de **BUENA** y eleva la presente acta al decanato de la **Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales**, a fin de que se declare EXPEDITA para conferir el TÍTULO de INGENIERO AMBIENTAL.

Lima, 27 de enero de 2025.


Norma Luz Quinteros Camacho
Presidente


Denis Izquierdo Hernández
1° miembro


Diego Alexander Zavala Vicuña
2° miembro


Wilfredo Mendoza Caballero
Asesor(a)

Anexo 2

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE **TESIS** / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

Lima 26 de enero de 2025

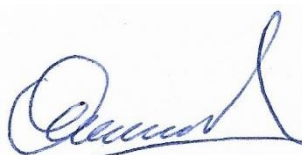
Señora,
Mónica Beaumont Valdez
Coordinadora del Departamento de Investigación
Facultad de Ingeniería Agraria

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que **la tesis**, bajo mi asesoría, con título: **Estimación de la captura de carbono del bosque secundario de Zocre Morro de Calzada, Moyobamba**, presentado por **Diana Rojas Santa Cruz** (código de estudiante 2014101872 y DNI Nro. 73778013) y **Cecilia Mariseli Vásquez Llanos** (código de estudiante 2014101887 y DNI Nro. 75311419), para optar el título profesional académico de **Ingeniero Ambiental** ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 0 %** (poner el valor del porcentaje).* Por tanto, en mi condición de asesor(a), firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



Wilfredo Mendoza Caballero
DNI N°: 23978854
ORCID: 0000-0003-4542-5590
Facultad de Ingeniería Agraria - UCSS

* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

DEDICATORIA

Esta investigación va dedicado a Dios y a mis padres Armin y Gladys quienes han creído en mí, dándome el ejemplo de superación, humildad y sacrificio; ellos han estado presentes apoyándome en cada etapa de mi vida y han contribuido para el logro de mis objetivos personales y profesionales.

Cecilia Mariseli Vásquez Llanos

El presente trabajo está dedicado en primer lugar a Dios, a mis padres, hermanos y amigos quienes estuvieron brindándome cada día su apoyo incondicional y enseñándome el gran camino hacia la superación del éxito. Esto se hizo realidad gracias a todos ustedes.

Diana Rojas Santa Cruz

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a DIOS por permitirnos culminar nuestros estudios y por guiar nuestros pasos para ser mejores personas y profesionales.

A nuestro asesor Dr. Wilfredo Mendoza Caballero, por su tiempo y apoyo con su conocimiento y experiencia en estos temas durante la elaboración y culminación de este trabajo de investigación.

A la Universidad Católica Sedes Sapientiae, filial Rioja por formarnos como profesionales.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE APÉNDICES.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Bases teóricas especializadas.....	10
1.2.1. Los bosques en el Perú.....	10
1.2.2. Captura y almacenamiento de carbono.....	10
1.2.3. Efecto invernadero.....	10
1.2.4. Biomasa.....	11
1.2.5. Los bosques como reservorios de carbono.....	11
1.2.6. Ciclo del carbono.....	11
1.2.7. Fotosíntesis.....	12
1.2.8. Deforestación.....	13
1.2.9. Metodología para la estimación de biomasa y carbono.....	14
1.2.10. Muestreo Aleatorio Estratificado.....	14
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
2.1. Descripción de la investigación.....	15
2.2. Lugar y fecha.....	15
2.3. Población y muestra.....	17
2.4. Técnicas e instrumentos.....	18
2.5. Fases de la investigación.....	19

2.6. Identificación de las variables y su mensuración	27
2.7. Análisis de datos.....	27
2.8. Materiales	28
CAPÍTULO III: RESULTADOS	29
3.1. Diversidad florística de los bosques secundarios de 25 y 30 años de establecimiento en la Zocre Morro de Calzada	29
3.1.1. Riqueza de especies en la Zocre Morro de Calzada	29
3.1.2. Índice de Shannon-Wiener	31
3.1.3. Índice de Simpson	31
3.1.4. Índice de Jaccard	32
3.2. Caracterización de la estructura vertical y horizontal de los árboles mayores de 10 cm de DAP de los bosques secundarios de 25 y 30 años de Zocre Morro de Calzada	34
3.3. Estimación de la biomasa aérea de árboles mayores de 10 cm de DAP de los bosques secundarios de 25 y 30 años de la Zocre Morro de Calzada	40
3.4. Cálculo del carbono almacenado en la parte aérea en los árboles mayores de 10 cm de DAP por los bosques secundarios de 25 y 30 años de Zocre Morro de Calzada	52
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN.....	65
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....	70
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS	73
TERMINOLOGÍA	81
APÉNDICES	84

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Valores de interpretación del índice de Shannon-Wiener</i>	23
Tabla 2. <i>Valores de interpretación del índice de Simpson (I-D)</i>	24
Tabla 3. <i>VARIABLES en estudio, unidades de medida y método</i>	27
Tabla 4. <i>Número de árboles según clase diamétrica en bosques secundarios de 25 años</i>	34
Tabla 5. <i>Número de árboles según clases de altura en bosques secundarios de 25 años</i> ..	35
Tabla 6. <i>Número de árboles según clase diamétrica en bosques secundarios de 30 años</i>	37
Tabla 7. <i>Número de árboles según clase altitudinal en bosques secundarios de 30 años</i>	39
Tabla 8. <i>Captura de carbono del bosque secundario con 25 y 30 años</i>	64

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. <i>Interacciones en torno al carbono</i>	12
Figura 2. <i>Pérdida de cobertura forestal</i>	13
Figura 3. <i>Diseño de parcela de muestreo</i>	18
Figura 4. <i>Ubicación de parcelas de muestreo</i>	20
Figura 5. <i>Delimitación de parcelas</i>	21
Figura 6. <i>Medición del diámetro altura al pecho (DAP)</i>	22
Figura 7. <i>Riqueza de especies</i>	30
Figura 8. <i>Diversidad de Shannon-Wiener</i>	31
Figura 9. <i>Diversidad de Simpson</i>	32
Figura 10. <i>Análisis de similitud por parcelas según el índice de Jaccard</i>	33
Figura 11. <i>Análisis de similitud por tipo de bosque secundario según el índice de Jaccard</i>	33
Figura 12. <i>Distribución de árboles según clase diamétrica en bosques secundarios de 25 años</i>	35
Figura 13. <i>Distribución de árboles según clase altitudinal en bosques secundarios de 25 años</i>	36
Figura 14. <i>Distribución de árboles según clase diamétrica en bosques secundarios de 30 años</i>	38
Figura 15. <i>Distribución de árboles según clase altitudinal en bosques secundarios de 30 años</i>	40
Figura 16. <i>Biomasa aérea según especies en parcelas en bosques secundarios de 25 años</i>	41
Figura 17. <i>Biomasa aérea según especies en sub parcelas en bosques secundarios de 25 años</i>	42
Figura 18. <i>Biomasa aérea según géneros de especies en parcelas en bosques secundarios de 25 años</i>	43
Figura 19. <i>Biomasa aérea según géneros de especies en sub parcelas en bosques secundarios de 25 años</i>	44
Figura 20. <i>Biomasa aérea según familias de especies en parcelas en bosques secundarios de 25 años</i>	45

Figura 21. <i>Biomasa aérea según familias de especies en sub parcelas en bosques secundarios de 25 años</i>	46
Figura 22. <i>Biomasa aérea según especies en parcelas en bosques secundarios de 30 años</i>	47
Figura 23. <i>Biomasa aérea según especies en sub parcelas en bosques secundarios de 30 años</i>	48
Figura 24. <i>Biomasa aérea según géneros de especies en parcelas en bosques secundarios de 30 años</i>	49
Figura 25. <i>Biomasa aérea según géneros de especies en sub parcelas en bosques secundarios de 30 años</i>	50
Figura 26. <i>Biomasa aérea según familias de especies en parcelas en bosques secundarios de 30 años</i>	51
Figura 27. <i>Biomasa aérea según familias de especies en sub parcelas en bosques secundarios de 30 años</i>	52
Figura 28. <i>Carbono almacenado según especies en parcelas en bosques secundarios de 25 años</i>	53
Figura 29. <i>Carbono almacenado según especies en sub parcelas en bosques secundarios de 25 años</i>	54
Figura 30. <i>Carbono almacenado según géneros de especies en parcelas en bosques secundarios de 25 años</i>	55
Figura 31. <i>Carbono almacenado según géneros de especies en sub parcelas en bosques secundarios de 25 años</i>	56
Figura 32. <i>Carbono almacenado según familias de especies en parcelas en bosques secundarios de 25 años</i>	57
Figura 33. <i>Carbono almacenado según familias de especies en sub parcelas en bosques secundarios de 25 años</i>	58
Figura 34. <i>Carbono almacenado según especies en parcelas en bosques secundarios de 30 años</i>	59
Figura 35. <i>Carbono almacenado según especies en sub parcelas en bosques secundarios de 30 años</i>	60
Figura 36. <i>Carbono almacenado según géneros de especies en parcelas en bosques secundarios de 30 años</i>	61
Figura 37. <i>Carbono almacenado según géneros de especies en sub parcelas en bosques secundarios de 30 años</i>	62

Figura 38. <i>Carbono almacenado según familias de especies en parcelas en bosques secundarios de 30 años.....</i>	63
Figura 39. <i>Carbono almacenado según familias de especies en sub parcelas en bosques secundarios de 30 años.....</i>	64

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Mapa de ubicación del área de estudio.....	84
Apéndice 2. Longitud y latitud de las parcelas de los bosques secundarios de 25 y 30 años.....	85
Apéndice 3. Cantidad y porcentaje de individuos por especie, género y familia.....	86
Apéndice 4. Biomasa aérea en bosques secundarios en parcelas de 25 y 30 años, según especies, géneros y familias en la Zocre Morro de Calzada.....	90
Apéndice 5. Biomasa aérea en bosques secundarios en sub parcelas de 25 y 30 años, según especies, géneros y familias en la Zocre Morro de Calzada.....	91
Apéndice 6. Carbono almacenado en bosques secundarios en parcelas de 25 y 30 años, según especies, géneros y familias en la Zocre Morro de Calzada.....	92
Apéndice 7. Carbono almacenado en bosques secundarios en sub parcelas de 25 y 30 años, según especies, géneros y familias en la Zocre Morro de Calzada.....	93
Apéndice 8. Registro fotográfico.....	95

RESUMEN

La investigación se desarrolló en la Zona de Conservación y Recuperación de Ecosistemas. La finalidad del estudio fue determinar la captura de carbono del bosque secundario con 25 y 30 años de establecimiento en la Zocre Morro de Calzada, orientados en la determinación de la diversidad florística, caracterización de la estructura vertical y horizontal, estimación de biomasa aérea y del carbono almacenado de los árboles mayores de 10 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP). Se muestrearon un total de 18 parcelas cada una de ellas con sub parcelas, 3 de ellas en el bosque secundario de 25 años y 15 parcelas en el bosque secundario de 30 años, el esfuerzo de muestreo está en relación a la extensión que poseen los bosques de cada tiempo de establecimiento. Se utilizó el método no destructivo (con ecuaciones alométricas) basados en la metodología de Cuellar *et al.* (2015) para determinar la biomasa aérea y carbono almacenado de los árboles. Como parte de los resultados se registraron 459 individuos, las cuales se encuentran distribuidas en 53 especies, 40 géneros y 25 familias. Así mismo, en el bosque secundario de 25 años la mayor cantidad de árboles pertenecieron a la clase diamétrica de 31 a 35 cm (40 árboles) y a la clase de altura de 17 a 19 m (33 árboles); en tanto, en el bosque secundario de 30 años la mayor cantidad de árboles pertenecieron a la clase diamétrica de 31 a 35 cm (111 árboles) y a la clase de altura mayor a 22 m (85 árboles). Por otro lado, el bosque secundario de 25 años registró la mayor cantidad de biomasa aérea (134,40 T.) a comparación de los bosques secundarios de 30 años (124,51 T). Finalmente, el bosque secundario de 25 años registró la mayor cantidad de carbono almacenado (67,20 TC.ha⁻¹) a comparación de los bosques secundarios de 30 años (62,26 TC.ha⁻¹)

Palabras claves: Biomasa aérea, carbono almacenado, diversidad florística, estructura horizontal y estructura vertical.

ABSTRACT

The purpose of the study was to determine the carbon sequestration of the secondary forest with 25 and 30 years of establishment in the Morro de Calzada Zocre, oriented in the determination of floristic diversity, characterization of the vertical and horizontal structure, estimation of aerial biomass and carbon stored in trees larger than 10 cm in diameter at breast height (DBH). A total of 18 plots were sampled, each with subplots, 3 of them in the 25 year old secondary forest and 15 plots in the 30 year old secondary forest, the sampling effort is in relation to the extension of the forests of each establishment time. The non-destructive method (with allometric equations) based on the methodology of Cuellar *et al.* (2015) was used to determine the aboveground biomass and carbon stored in the trees. As part of the results, 459 individuals were recorded, which are distributed in 53 species, 40 genera and 25 families. Likewise, in the 25-year-old secondary forest, the greatest number of trees belonged to the 31 to 35 cm diameter class (40 trees) and to the 17 to 19 m height class (30 trees); In the 30-year-old secondary forest, the greatest number of trees belonged to the 31 to 35 cm diameter class (111 trees) and to the height class greater than 22 m (85 trees). On the other hand, the 25 year old secondary forest registered the highest amount of aerial biomass (134,40 T) compared to the 30 year old secondary forest (124,51 T). Finally, the 25 year old secondary forest recorded the highest amount of carbon stored (67,20 TC.ha⁻¹) compared to the 30 year old secondary forests (62,26 TC.ha⁻¹).

Key words: aerial biomass, carbon stock, floristic diversity, horizontal structure and vertical structure.

INTRODUCCIÓN

Los bosques secundarios presentan un alto potencial de manejo que permite generar servicios y recursos para las poblaciones, siendo la producción maderera uno de los principales recursos empleados y que es una alternativa viable en base a las características del mercado (Villalobos, 2020). Cada vez más, adquiere importancia los bosques secundarios debido a que cumplen la función de conservar la biodiversidad y al mismo tiempo mitigar los efectos del cambio climático, aunque estos resultados son logrados después de años de procesos de regeneración, y frecuentemente los bosques secundarios son talados y perturbados sin antes haber recuperado sus condiciones normales (Reid *et al.*, 2018).

Así también, los bosques cumplen un rol muy importante en el ciclo global de carbono, pero lamentablemente estos están siendo alterados o destruidos, a pesar de su gran importancia por ser sumideros de carbono (Sosa, 2016). Conforme se genera el deterioro ambiental, aumenta la necesidad de encontrar herramientas para revertir estas tendencias negativas, como el incremento de la temperatura debido al efecto del cambio climáticos, que es generado principalmente por el desarrollo económico en la sociedad humana (Vargas-Mena y Yañez, 2004).

La pérdida de los bosques se da por diferentes actividades antrópicas, por ejemplo, el aumento de las áreas urbanas, que de forma significativa contribuyen en la disminución de cobertura vegetal generando el incremento de las emisiones de carbono, temperatura de la superficie y el calentamiento global (Kafy *et al.*, 2022; Waseem y Khayyam, 2019); por otro lado, se generan pérdida de coberturas boscosas mediante prácticas agrícolas, minería e incendios (Dzawanda y Ncube, 2020).

El Perú tiene una superficie de 73 millones de hectáreas de bosques caracterizados por una diversidad amplia, destacando los bosques amazónicos que abarcan la superficie mayor con 94 % de la zona forestal, los bosques de tipo secos que comprenden el 5 % y, por último, los

bosques andinos que comprenden el 0,5 % (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR], 2015). No obstante, uno de los principales problemas es la deforestación que sufren estos bosques, son ocasionados por los pobladores locales asentados en áreas cercanas. En el año 2020 llegaron a deforestar 203 272 ha de superficie en la Amazonía peruana, este valor excedió en 54 846 ha de superficie de bosques perdidos en el 2019 (Sierra, 2021); por lo tanto, la tasa de deforestación va incrementándose cada año en el Perú (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2019).

La región San Martín cuenta con una superficie de 5 128 807 ha y durante el año 2020 la pérdida de bosques fue de 20 149 ha; asimismo, entre los años 2001 y 2020 la cobertura de bosque amazónico ha perdido 450 356 ha, pasando de 3 763 713 a 3 313 357 ha para el año 2020. Datos registrados revelan la gravedad de la problemática en la zona del Alto Mayo (Moyobamba y Rioja) donde durante el año 2019 se han producido pérdidas de cobertura vegetal de 2 836 ha (MINAM, 2022).

El problema de la deforestación en el departamento de San Martín es muy alarmante por el incremento cada año, por ello es importante reducir la tasa de deforestación anual y realizar planes de reforestación o permitir que las áreas deforestadas recuperen su cobertura como ha ocurrido en las faldas de la Zocre Morro de Calzada; con la finalidad de conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que brindan estos bosques. En este contexto, la investigación desarrollada en la Zocre Morro de Calzada, permitió conocer la diversidad florística y la cantidad de toneladas de carbono que están almacenando los bosques secundarios de 25 y 30 años del área.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la captura de carbono del bosque secundario con 25 y 30 años de establecimiento en la Zocre Morro de Calzada, Moyobamba.

Objetivos específicos

- Determinar la diversidad florística de los bosques secundarios de 25 y 30 años de establecimiento.
- Caracterizar la estructura vertical y horizontal de los árboles mayores de 10 cm de DAP de los bosques secundarios de 25 y 30 años.
- Estimar la biomasa aérea de árboles mayores de 10 cm de DAP de los bosques secundarios de 25 y 30 años.
- Calcular el carbono almacenado en la parte aérea en los árboles mayores de 10 cm de DAP por los bosques secundarios de 25 y 30 años.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

1.1.1. Internacionales

Duval y Cámara (2021) llevaron a cabo una investigación titulada “Diversidad y captura de carbono en un bosque secundario de “Caldén” (*Prosopis caldenia*) en la Pampa, Argentina”. Con el objetivo de evaluar la diversidad, biomasa y captura de carbono en un bosque secundario de “caldén” *Prosopis caldenia*, ubicado en Argentina. El área de estudio fueron 10 ha en la Reserva Provincial Laguna Guatraché. Utilizaron la metodología de REDD+ para realizar el inventario de biomasa y el cálculo del stock de carbono en la parte aérea; el desarrollo del muestreo fue de manera aleatoria y realizaron 10 parcelas de forma circular de 1 ha de área total, dentro del círculo mayor diseñaron dos círculos más, donde el círculo A tuvo un radio de 3 m y midieron las especies con diámetro a la altura del pecho (DAP) menor a los 5 cm; el círculo B tuvo un radio total de 18 m y evaluaron especies con $DAP > 5 < 15$ cm; y finalmente el círculo C (que representa al círculo mayor) con 25 m de radio, donde midieron las especies con $DAP > 15$ cm. Como resultados encontraron un total de 2 152 árboles pertenecientes a familias como Rhamnaceae, Verbenaceae, Santalacea, Anacardiaceae y Fabaceae, 3 especies arbustivas (*Schinus fasciculatus*, *Condalia microphylla* y *Aloysia gratissima*) y 3 especies arbóreas (*Jodina rhombifolia*, *Prosopis alba* y *Prosopis caldenia*); asimismo, determinaron que en el círculo A predominaron los arbustos característico de un bosque reciente, y en los círculos B y C predominaron especies arbóreas característicos de bosques más maduros; por otro lado, determinaron $156,40 \text{ T}\cdot\text{ha}^{-1}$ de biomasa total, $78,20 \text{ T}\cdot\text{ha}^{-1}$ de captura de carbono y $281,50 \text{ T}\cdot\text{ha}^{-1}$ como promedio de CO_2 removido desde la atmósfera. Concluyeron que la diversidad del círculo A fue mayor con respecto a de los círculos B y C, en otras palabras, el bosque joven fue más diverso que el bosque maduro.

Mena y Andrade (2021) desarrollaron una investigación titulada “Potencial de reducción de emisiones y captura de carbono en bosques y sistemas agroforestales con cacao en el Pacífico colombiano”; con el objetivo fue estimar el potencial del bosque y el sistema agroforestal (SAF) de “cacao” en cuanto a la captura de carbono y la reducción de emisiones. Como área de estudio seleccionaron 3 sistemas de uso de suelo que fueron sistema agroforestal con “cacao”, bosque secundario y bosque primario, establecieron dentro de estas áreas 18 parcelas de muestreo (6 por sistema). Midieron el diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 10 cm de todos los árboles y el DAP ≥ 30 cm de los arbustos de “cacao” empleando instrumentos como pie de rey y la forcípula; para la cuantificación de la biomasa aérea utilizaron ecuaciones alométricas con 0,5 de fracción de carbono, asimismo, estimaron la fijación de carbono en el SAF con “cacao” y en el bosque secundario como la razón entre la edad y el carbono almacenado. En el bosque primario, la pérdida de carbono fue estimado de acuerdo a la deforestación para Chocó y mencionada subcuenca; por último, desarrollaron análisis de varianza y el comparativo de medias LSD Fisher a fin de estimar diferencias significativas en la fijación y almacenamiento de carbono de los diferentes usos. Como resultados encontraron que a comparación del bosque secundario y el SAF con “cacao” (22,30 y 5,30 T.ha⁻¹ de carbono, respectivamente), el bosque primario almacenó mayor cantidad de carbono (190,10 T.ha⁻¹); asimismo, no existió diferencias en la fijación de carbono entre el SAF con “cacao” y bosque secundario (1,33 vs 2,33 T.ha.año⁻¹) y estimaron que dentro de 20 años la reducción de emisiones sería de 1,4 a -2,6 TCO₂ en el bosque primario y de 30,70 ya 100,80 TCO₂ en el SAF con “cacao” y bosque secundario, respectivamente. Concluyeron que, en la subcuenca del río Munguidó podría implementarse proyectos que permitan reducir emisiones en bosque primario y captura de carbono en SAF con “cacao” y bosques secundarios, logrando con ello emitieron entre 1,4 - 2,6 millones de toneladas de CO₂.

Córdova (2020) en el estudio “Determinación del carbono aéreo de dos bosques secundarios, en la zona de Intag-Imbabura”, Ecuador; tuvieron como objetivo determinar la cantidad de carbono almacenado en dos bosques secundarios. La metodología consistió en la instalación de tres parcelas cuadradas con dimensiones de 30 x 30 m separadas cada 50 m y localizadas de forma L, en el interior consideró dos parcelas más, la primera en la parte inferior derecha de 10 x 10 m y en el interior de esta una parcela circular de 5 m de diámetro; además utilizó el método destructivo para determinar el carbono almacenado y la biomasa, también registró

en cada árbol valores de diámetro a la altura de pecho (DAP), altura comercial (Hc) y altura total (Hr), en la principal parcela consideró los árboles con DAP mayor a 20 cm, en la parcela de 10 x 10 m consideró árboles con DAP entre 10 y 19,99 cm, en la parcela de forma circular registró árboles con DAP entre 1 y 9,99 cm; construyó fórmulas alométricas desarrollando regresiones múltiples y simples con el software estadístico InfoStat. Como resultados encontró que cada bosque secundario con 18 años aproximadamente registró una cantidad de 16,78 TC.ha⁻¹ de carbono almacenado y el segundo bosque con diferencia de 12 años almacenó 55,73 TC.ha⁻¹ de carbono, resultando 2,43 TC.ha⁻¹ la tasa de fijación; por otro lado, determinó que el bosque de 18 años registró una biomasa aérea de 33,57 TC.ha⁻¹ y 111,46 TC.ha⁻¹ el bosque de 30 años. Concluyó que, con la tasa de fijación, los bosques secundarios son considerados reguladores climáticos, siendo un aporte considerable para reducir los gases de efecto invernadero en la zona.

Guerrero e Imbaquingo (2020) en el estudio “Diversidad y potencial de almacenamiento de carbono de un bosque secundario en la cuenca media del río Intag”, tuvieron como objetivo determinar la composición florística y el aporte como sumidero de carbono de un bosque secundario. El área de estudio fue un bosque secundario de 50 años de edad, donde instalaron tres parcelas principales en forma de “L”, cada una con una medida de 30 x 30 m y distancia de 50 m entre ellas; en cada parcela principal ubicaron dos sub parcelas, la primera de forma cuadrada en la esquina sureste de las parcelas principales con una medida de 10 x 10 m, la segunda parcela de forma circular con un área de 19,6 m² y un radio de 2,5 m; el inventario forestal de los árboles con DAP superior a 20 cm en las parcelas principales, luego en las sub parcelas cuadradas evaluaron los árboles con un DAP de rango de 10 a 19,9 cm y en las sub parcelas circulares de 1 a 9,9 cm de DAP, identificaron la composición florística, determinaron la biomasa, evaluaron el carbono del suelo y carbono aéreo. Los resultados mostraron una composición florística de 97 individuos de 20 familias y 38 especies con mayor cantidad de individuos *Elaeagia utilis*, *Palicourea amehystina* y *Dendropanax arboreus*, dentro de la primera y segunda parcela fue la especie *Elaeagia utilis* la más común, en la última parcela la más común fue *Palicourea amehystina*; el carbono en el suelo fue de 18,50 TC.ha⁻¹, el carbono almacenado en la biomasa total fue de 145,82 TC.ha⁻¹ y el carbono total del bosque que evaluaron fue de 1 410,13 TC.ha⁻¹. El estudio concluyó que un bosque secundario tiene la capacidad de almacenar grandes cantidades de carbono.

Paredes *et al.* (2020) en el estudio “Estructura arbórea en el bosque secundario de la Estación Biológica Pindo Mirador, Pastaza, Ecuador”, tuvieron como objetivo caracterizar la estructura arbórea del bosque secundario de la Estación Biológica Pindo Mirador, establecieron 4 parcelas de 0,1 ha que cubren un área de muestreo de 0,4 ha; donde fueron medidos todos los árboles con diámetro ≥ 10 cm, determinando su altura total; con los registros establecieron cuatro clases diamétricas y clases de altura. Las abundancias por especies y parcelas, clases diamétricas y rangos de altura fueron analizadas para extraer sus estadísticos descriptivos, mediante comparaciones no paramétricas establecer diferencias entre ellos. Los resultados mostraron la abundancia de 49 especies pertenecientes a 36 géneros de 27 familias, dominan los árboles con un diámetro entre 10 y 20 cm con una altura entre 8 y 20 m. El estudio concluyó que, el bosque es heterogéneo típico de la transición andino-amazónica, con baja riqueza de especies, cuya estructura vertical dominante es del piso medio, dominado por las especies *Hyeronima oblonga* y *Piptocoma discolor*, las que tienen la mayor estructura.

1.1.2. Nacionales

Zelada (2021) en el estudio “Contenido de carbono en la biomasa arbórea del área urbana del distrito de Piura”, tuvo como objetivo evaluar el carbono almacenado por parte de la biomasa arbórea. El área de estudio fue una extensión de 1 527,77 ha perteneciente al distrito de Piura, donde la población fue 30 áreas verdes entre plazas y parques urbanos, para superficies menores a 2 000 m² la muestra fue el total de la superficie y en el caso de parques las parcelas fueron de 20 x 50 m con área de 1 000 m². En cada uno de las parcelas establecidas registró el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura y la especie de cada árbol; asimismo, empleó ecuaciones alométricas para determinar el contenido y biomasa de carbono. Los resultados mostraron 2 268 individuos pertenecientes a 37 especies, determinó un valor de 152,14 T.ha⁻¹ de biomasa promedio y 71,50 T.ha⁻¹ de contenido de carbono, también determinó que el bosque de la zona urbana del distrito de Piura almacena 1 130,49 TC y 4 148,89 TCO₂ en 15,81 ha de parques públicos donde *Prosopis pallida* “algarrobo” fue la especie que presentó mayor secuestro de carbono con 3 024,99 TCO₂ y 284,25 TC.

Tacarpo (2018) en el estudio “Estimación del potencial de captura de carbono de las especies de flora predominante de la parte alta del bosque de la Comunidad Campesina de Tumpa –

Provincia de Yungay”, tuvo como objetivo determinar el potencial de captura de carbono de especies de flora dominantes en la zona alta del bosque en la Comunidad Campesina de Tumpa. El área de estudio fue una superficie de bosque de 57 ha, cuya muestra fue de 5 parcelas rectangulares con dimensiones de 4 x 25 m. La metodología permitió estimar las reservas totales de carbono almacenado y también ecuaciones alométricas para determinar la biomasa arbórea, determinar el potencial de captura de carbono fue la metodología de desarrollo de inventario forestal tomando en cuenta altura y diámetro a la altura del pecho (DAP) de árboles con $DAP > 2,5$ cm, asimismo, para obtener el volumen de la biomasa de hojarasca y arbustiva/herbácea efectuó muestreos de forma directa en cuadrantes de 0,5 x 0,5 m y 1 x 1 m, para el suelo realizó muestreos en calicatas hasta una profundidad de 50 cm. Los resultados mostraron una biomasa vegetal de $61,82 \text{ TC}\cdot\text{ha}^{-1}$ (16 %), con distribución en la biomasa herbácea/arbustiva de $2,81 \text{ TC}\cdot\text{ha}^{-1}$, en la biomasa arbórea de $37,95 \text{ TC}\cdot\text{ha}^{-1}$, en la biomasa subterránea de $14,27 \text{ TC}\cdot\text{ha}^{-1}$ y en la biomasa de hojarasca de $6,79 \text{ TC}\cdot\text{ha}^{-1}$; y en el suelo de $321,98 \text{ TC}\cdot\text{ha}^{-1}$ (84 %), estimando en el sistema forestal un total de $383,80 \text{ TC}\cdot\text{ha}^{-1}$. El estudio concluyó que en la zona alta de la Comunidad Campesina de Tumpa el bosque natural presentó un potencial elevado de reservas de carbono.

Villoslada (2018) en el estudio “Evaluación del potencial ecosistémico de un bosque secundario y su influencia en la captura de carbono, en el sector Puerto Motilones, ciudad de Moyobamba”, tuvo como objetivo evaluar el potencial ecosistémico y su influencia en la captura de carbono de un bosque secundario de 20 años. El área de estudio fue 7,13 ha de bosque secundario, realizó 3 transectos con dimensiones de 10 x 150 m ($1\,500 \text{ m}^2$ o 0,15 ha), siendo el área total de muestreo de 0,45 ha. Identificó el potencial ecosistémico de acuerdo a la estratificación sencilla de la zona estudiada en base a condiciones y/o características observadas, asimismo, identificó la vegetación arbórea a través de un inventario en las unidades muestrales, dentro de parcelas de 10 x 10 m identificó la vegetación arbustiva, la medición de características biométricas como altura y DAP lo desarrolló para especies con $DAP > 10$ cm y empleó el método indirecto no destructivo para determinar la cantidad de biomasa de la hojarasca. Los resultados evidenciaron 27 especies forestales (“ojé”, “cético”, “huimba”, entre otras), 3 especies de palmeras (“pona”, “palmiche” y “pijuahillo”) y 21 especies herbáceas y arbustivas (“uña de gato”, entre otras), determinó un valor promedio de carbono capturado de $234,14 \text{ T}\cdot\text{ha}^{-1}$ por la biomasa vegetal arbórea, en base a ello determinó que en las 7,13 ha de bosque secundario el carbono

capturado en promedio fue de 520,31 T.ha⁻¹. El estudio concluyó que, importantes comunidades de plantas en el bosque secundario estudiado, muestra una diversidad de especies que ayudan a la reducción del dióxido de carbono mediante la captura de grandes toneladas de carbono.

Calle (2017) en el estudio “Estimación del potencial de captura de carbono de un bosque secundario en el sector Lago Avispa y su contribución como sumideros naturales frente al cambio climático, Requena”, tuvo como objetivo estimar el potencial de captura de carbono de un bosque secundario en el sector Lago Avispa y su contribución como sumideros naturales frente al cambio climático en la localidad de Requena, ciudad de Loreto. El área de estudio fue una hectárea de bosque secundario, donde la muestra fue de cuatro parcelas con dimensiones de 25 x 100 m resultando un área de 2 500 m². La metodología consistió en medir dos variables para luego evaluar la relación estadística que existe entre ellas; seleccionó una hectárea, posteriormente lo dividió en 25 sub parcelas cuadradas iguales y luego selecciono cinco parcelas, una en el centro y los cuatro restantes ubicadas en las esquinas de la hectárea de 25 x 100 m, para evaluar consideró a los árboles mayores a 30 cm de DAP. Los resultados mostraron que el total de carbono capturado por la hojarasca o biomasa muerta fue 46 300 TC.ha⁻¹, resultado mayor que el total de carbono de biomasa viva que fue 7,98 TC.ha⁻¹ y existiendo entre ambos una diferencia considerable de 46 292,02 TC.ha⁻¹; asimismo, encontró un total de 251 árboles del cual la biomasa viva fue 1,77 T.ha⁻¹. El estudio concluyó que, estos bosques brindan una contribución de excelentes sumideros naturales de grandes cantidades de carbono que capturan, además ayuda eficazmente a amortiguar los efectos del cambio climático.

Villacorta (2013) en el estudio “Análisis de la estructura horizontal y composición florística de dos bosques secundarios en la carretera Iquitos - Nauta, Loreto, Perú”, tuvo como objetivo conocer la composición florística y estructura horizontal. El área de estudio incluyó dos bosques secundarios de 4 y 8 años respectivamente, donde en el primer bosque se instalaron 2 parcelas de 0,5 ha y en el segundo bosque instalaron una parcela de 0,5 ha, siendo de forma cuadrada con diámetro de 50 x 50 m. Realizaron un inventario forestal de árboles iguales o mayores a 5 cm de diámetro, donde como resultado en composición florística registraron 736 árboles y 50 especies, siendo la más abundante la especie *Cecropia* sp. y en el bosque

de 4 años 812 árboles y 42 especies por hectárea con más abundancia siendo la especie *Llausaquiro*, en cuanto a la estructura horizontal la mayoría de árboles pertenecen a la clase diamétrica de 5 – 5,99 cm, donde en el bosque de 8 años encontraron 1 074 árboles.ha⁻¹, mientras que en el bosque de 4 años obtuvieron una cantidad de 1 612 árboles.ha⁻¹.

1.2. Bases teóricas especializadas

1.2.1. Los bosques en el Perú

Perú es un país que cuenta con alrededor de 72 millones de hectáreas de selva con gran diversidad de seres vivos, siendo uno de los países con expansión boscosa en toda Latinoamérica, en cuarto lugar con mayor selva tropical y se encuentra entre los 10 primeros países con gran cantidad de bosques en su territorio; los pastizales altoandinos, los humedales, pantanos de aguajales, renacales, pajonales y pacaes constituyen 20 millones de hectáreas de territorio (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2016). El 88,9 % pertenecen a los bosques primarios, mientras que el 9,5 % son bosques secundarios y el 1,6 % son bosques que se encuentran en mala gestión; por lo tanto, estas variedades de bosques en el Perú aportan considerables servicios ambientales (Sabogal, 2017).

1.2.2. Captura y almacenamiento de carbono

Según Ortega *et al.* (2010), la captura del CO₂ que elimina el carbono, es un proceso que se da gracias a la sucesión del crecimiento de los bosques que almacenan al CO₂ a través de la fotosíntesis, otra fuente de captura de CO₂ son los océanos; mediante las corrientes de aire el dióxido de carbono es transportado hacia el mar disolviéndose en la superficie del agua, luego las olas llevan este CO₂ hacia las profundidades del mar, siendo las algas marinas que capturan el carbono y devuelven el oxígeno hacia la atmósfera (Aguinaco, 2008).

1.2.3. Efecto invernadero

El efecto invernadero se da mediante el ingreso de los rayos solares al planeta tierra quedándose una parte que altera la temperatura en el mundo, el calor es retenido por los gases invernadero (dióxido de carbono, vapor de agua, ozono, metano, entre otros). En la

actualidad ha aumentado el efecto invernadero debido a que este proceso está generando un constante desequilibrio por la concentración alto de estos gases, favoreciendo de esta manera al cambio. En el siglo XX (año 60) el calentamiento atmosférico se dio a notar con mayor frecuencia, debido a la gran producción de dióxido de carbono, y en los años 90 los científicos llegaron a la conclusión de que el efecto invernadero está implicado en los constantes cambios climáticos (Farfán, 2019).

1.2.4. Biomasa

La relación de carbono/nitrógeno es un valor numérico que determina la proporción de estos dos elementos en el suelo, ya que son necesarios para el desarrollo de la vida, afectando directa o indirectamente a todos los procesos biológicos. El carbono es fijado como biomasa mediante el proceso de fotosíntesis de las plantas y suele oscilar en torno a un 50 - 60 % de la materia orgánica; en cambio el nitrógeno tiene un porcentaje mucho menor que el porcentaje de carbono, debido a esto y a la competencia que realizan los diferentes seres vivos para la obtención del elemento, puede ser un factor limitante, además, la relación C/N se utiliza para medir la biomasa y la evolución de la materia orgánica en los estudios de fertilidad del suelo (Martínez y Leyva, 2014).

1.2.5. Los bosques como reservorios de carbono

Los bosques sirven como protección del medio ambiente, pero el impacto que causa la deforestación es enorme; mediante la liberación de CO₂. En los bosques tropicales existe una disminución de reservas de carbono, como consecuencia de las actividades realizadas por el ser humano; se estima un rango entre 20 a 80 mg.ha⁻¹ de carbono perdidos en estos bosques tropicales la que son liberados directamente hacia la atmósfera (Céspedes *et al.*, 2012). Los distintos bosques hacen que la cantidad de carbono varíe, los bosques primarios y secundarios son aquellos que mayor carbono capturan a diferencia de los usos de tierras agrícolas que tienen un menor porcentaje de captura de carbono (Maquera, 2017).

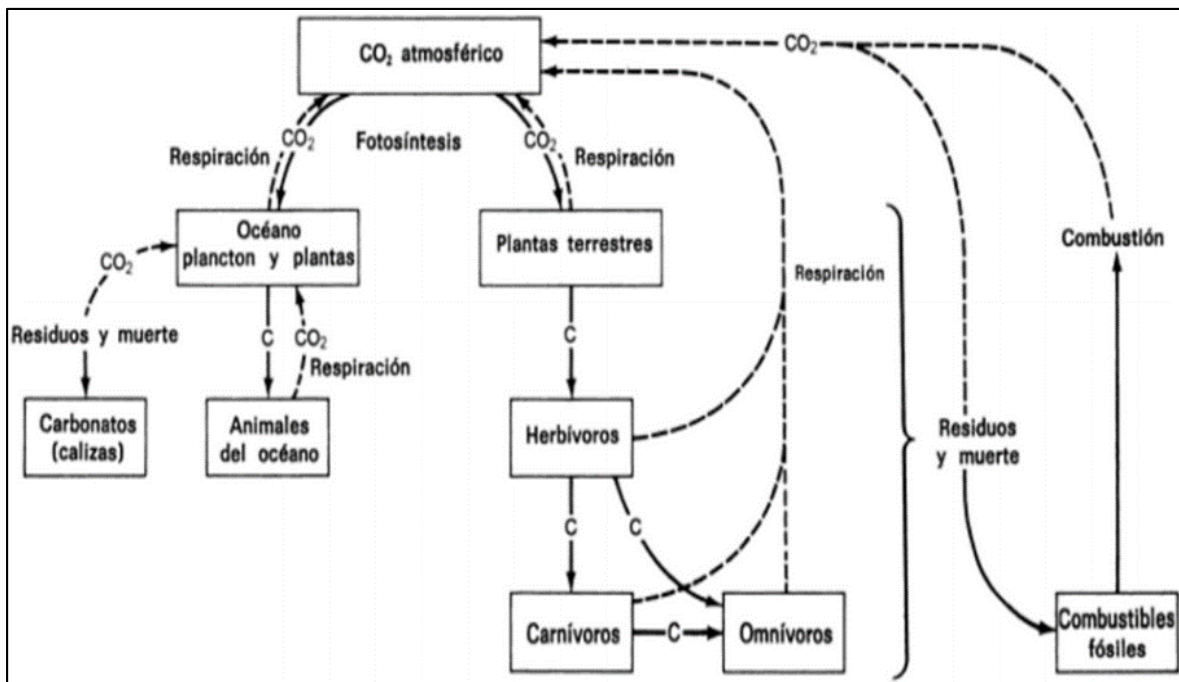
1.2.6. Ciclo del carbono

Son 27 los elementos esenciales reconocidos que conforman los ciclos biogeoquímicos, entre ellos se encuentra el ciclo del carbono; existe carbono en la corteza terrestre y

atmósfera (Chávez, 2018). Por otro lado, los árboles superiores absorben el CO_2 a través de sus hojas; estos son trasladados a los cloroplastos, donde se encuentran los pigmentos que captan la luz solar y es allí donde se realiza la fotosíntesis, cierta parte de CO_2 retorna a la atmósfera, mientras que la otra parte es convertida en carbohidrato, este proceso recibe el nombre de producción primaria bruta y oxígeno (Figura 1) (Jaramillo, 2004).

Figura 1

Interacciones en torno al carbono



Nota. Adaptado de *bioquímica* (p. 14), por Armstrong y Bennet, 1982, Reverté, S.A.

1.2.7. Fotosíntesis

Es aquella transformación que realizan los árboles, algas y microorganismos, a través de la luz solar; este proceso llamada como fotosíntesis consiste en separar y liberar el oxígeno molecular hacia la atmósfera, mientras que el dióxido de carbono es utilizado para beneficio de los receptores de carbono convirtiendo al CO_2 en glucosa y otros componentes orgánicos, por otro lado, algunos microorganismos forman compuestos orgánicos pero no liberan oxígeno molecular, este proceso recibe el nombre de fotosíntesis anoxigénica (Pérez-Urria, 2011).

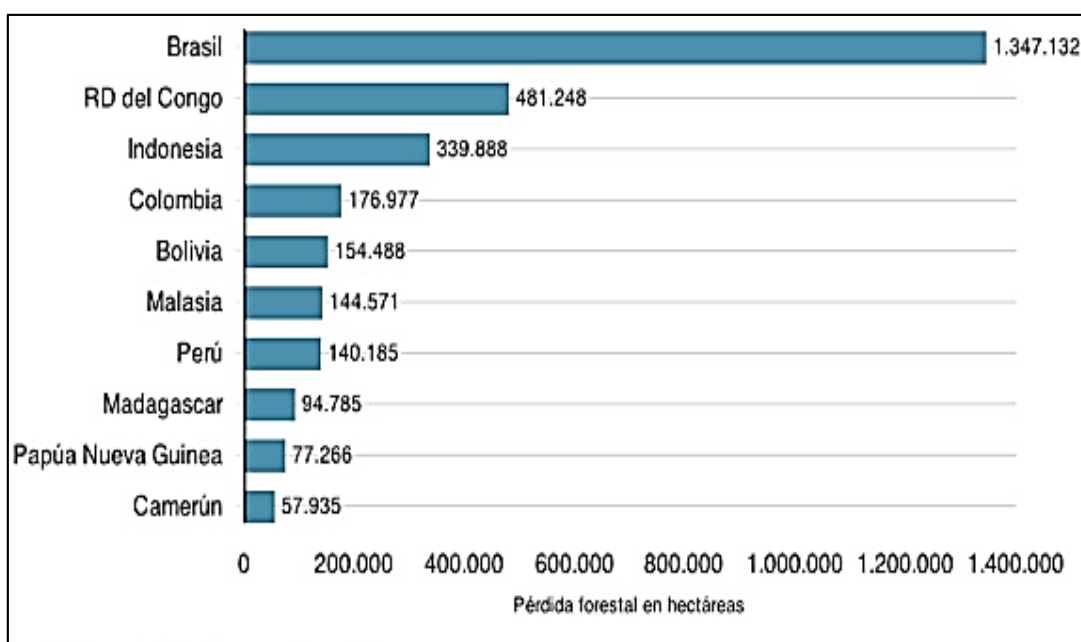
1.2.8. Deforestación

La deforestación, es aquella transformación de los bosques a diferentes tipos de usos de tierra, ya sean para la agricultura, pastoreo, reservas hídricas, infraestructura, áreas urbanas, entre otros; es por ello que involucra una destrucción total de la cobertura vegetal contribuyendo con los gases de efecto invernadero (GEI) (Chávez, 2018).

Aproximadamente, se calcula que en los últimos años se ha perdido el 40 % de la superficie forestal, ya que esta pérdida ha sido un factor directo (intervención humana) durante el siglo XX. La mayor parte de la deforestación se concentra en 10 países (Figura 2) habiendo una pérdida de 7,4 millones de hectáreas de bosques, en estos países se ha producido un gran impacto en la reducción de la deforestación (Intriago, 2001).

Figura 2

Pérdida de cobertura forestal



Nota. Adaptado de El Economista (fotografía), por BBC News Mundo (2019). <https://www.eleconomista.net/tendencias/Cuales-son-los-paises-mas-deforestados-del-mundo-y-cuanto-están-en-América-Latina-20190426-0004.html>.

1.2.9. Metodología para la estimación de biomasa y carbono

Para el correcto cálculo y evaluación de la biomasa boscosa sobre la superficie se deben de utilizar los siguientes métodos que a continuación se describirán (Rügnitz *et al.*, 2009, pg. 28):

Método indirecto o no destructivo (uso de ecuaciones alométricas). Consiste en relacionar aquellas dimensiones fundamentales obtenidas en el área de estudio de fácil cálculo, para ello se utilizan ecuaciones o elementos de expansión, que han sido generadas mediante un análisis de regresión, consiste en realizar cálculos de la biomasa total por medio del diámetro o la altura de los árboles y densidad.

Método directo o destructivo. Utiliza factores de expansión de la biomasa, que conlleva a cortar uno o varios árboles, luego de estimar la biomasa mediante el peso directo de los componentes como ramas, fuste y hojas, y finalmente se extrapolan los resultados, este método es más costoso.

1.2.10. Muestreo Aleatorio Estratificado

Es aquella donde se forman estratos; esto quiere decir que la población total se divide en subgrupos homogéneos, formando luego grupos según características homogéneas como por ejemplo edad, género, zona geográfica, entre otros; finalmente en cada estrato elegido se pueden realizar muestreos aleatorios simples garantizando que cada subgrupo de población esté debidamente representado en la muestra (Otzen y Manterola, 2017).

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción de la investigación

La presente investigación es descriptiva y no experimental porque no se manipularon las variables del estudio. En la investigación no experimental se describen los fenómenos tal y como se dan en su entorno natural, para posteriormente analizarlos (Agudelo *et al.*, 2008). El estudio tuvo como propósito estimar la captura de carbono en bosques secundarios con 25 y 30 años; para ello se evaluó a todos los árboles que se encuentran en las parcelas, mediante un trabajo de campo y en gabinete se realizó los cálculos pertinentes para estimar la biomasa de carbono almacenado en los bosques secundarios.

2.2. Lugar y fecha

Lugar

El área de estudio está ubicada en Zocre Morro de Calzada, perteneciente al distrito de Calzada, provincia de Moyobamba, departamento de San Martín (ver Apéndice 1). Las 3 ha de 25 años es de propiedad privada que pertenecen al señor Sergio Rodríguez Orltegui y 47 ha de 30 años pertenecen a la Municipalidad Distrital de Calzada; la información de los años de establecimiento fue proporcionados por cada propietario mediante comunicación personal.

Toda el área de Zocre Morro de Calzada cuenta con un área total de 1 247,60 ha, donde se mezcla bosques primarios y bosques secundarios (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo [MINCETUR], 2011). La zona de estudio en la presente investigación abarca una superficie de 50 ha aproximadamente, esta área se evaluó por que cuenta con información del tiempo de establecimiento de las dos subpoblaciones (25 y 30 años) que tuvo una variación altitudinal de 848 m hasta 1 024 m.s.n.m. Las coordenadas de las parcelas fueron

registradas en UTM (Apéndice 2).

El clima del distrito es casi similar a toda la parte baja del Alto Mayo; con temperaturas media anual que fluctúa entre 10,1 °C y 34 °C. Aproximadamente el 45 % de las áreas del distrito tienen la fisiografía plana, y el resto están conformados por colinas moderadas a altas y en algunos lugares con terraza media; muestran drenaje de bueno a moderado. En el área de estudio en la parte baja donde se encuentra el bosque secundario de 25 años de edad, el terreno tiene pendiente moderado; conforme se incrementa en altitud con el resto de parcelas el pendiente pasa a ligeramente fuerte, hasta llegar a la zona más alta de la Zocre Morro de Calzada con fuerte pendiente.

Los bosques de Moyobamba cuentan con una abundante vegetación y una belleza paisajística; dentro de la flora están las “almendras”, “azarquito”, “alfaro”, “calaña”, entre otros, además, entre la fauna se ha reportado al “mono tocón”, “gallinazos”, “pichico”, entre otros; el Morro, es un predio denominado Zona de Conservación y Recuperación de Ecosistemas (ZOCRE) (MINCETUR, 2011).

La presencia de flora y fauna es característico del bosque húmedo nuboso, donde la temperatura es fría por las noches y templadas por el día, debido a variaciones en la altitud este experimentó algunas modificaciones que condicionan y favorecen la presencia de diversos grupos taxonómicos; entre las especies de vegetación más habituales se reporta la abundancia de orquídeas, bromelias y almendras, así mismo, la presencia de especies de aves, insectos y reptiles, es un área muy importante para la observación de aves de bosque montano (MDC, 2019).

El distrito tiene una gran actividad ganadera, sobresaliendo la Granja Ganadera de Calzada del Gobierno Regional de San Martín, existen también pequeñas lagunas. En estos últimos años mejoró la economía gracias a la producción de cultivo de “piña” de la variedad regional Lamas, regional Roja y Golden; además, existen piscigranjas que producen “gamitana” *Colossoma macropomun*, “paco” *Piaractus brachipomus* y “tilapia” *Oreochromis niloticus*.

La producción agropecuaria es diversa, principalmente por el cultivo de “plátano”, “yuca”, “frejoles”, entre otros, productos que son transportados del campo hacia la localidad de Calzada para su comercialización localmente o su transporte en menores cantidades a mercados como de Moyobamba. Por otro lado, las empresas Don Pollo Tropical SAC y Stevia One Perú SAC desarrollan actividades productivas en la localidad, creando puestos laborales que producen “pollo” en la granja y “estevia” respectivamente.

La economía también está basada en el desarrollo turístico además, posee artesanos de arcilla y paja, creando verdaderas obras de arte; mediante esta actividad transversal que se realiza en el distrito de Calzada, cuenta con un flujo turístico de cerca 6 000 visitantes al año, entre turistas nacionales y extranjeros que visitan el principalmente el Morro de Calzada, ubicado al este de la localidad constituyéndose como un ícono natural, no solo de la localidad sino también de la provincia de Moyobamba y del valle del Alto Mayo. Además, se cuenta con potencialidades turísticas no explotadas como la laguna del Amor y el entorno tradicional de la localidad (MDC, 2019).

Fecha

El trabajo de campo se realizó el mes de noviembre y diciembre del 2021.

2.3. Población y muestra

Población

La población estuvo constituida por 50 ha de bosque secundario, que se subdivide en dos subpoblaciones por la edad, debido a que 3 ha posee de 25 y 47 ha 30 años de establecimiento en la Zocre Morro de Calzada, debido a estas características el muestreo fue estratificado al azar en estas dos subpoblaciones.

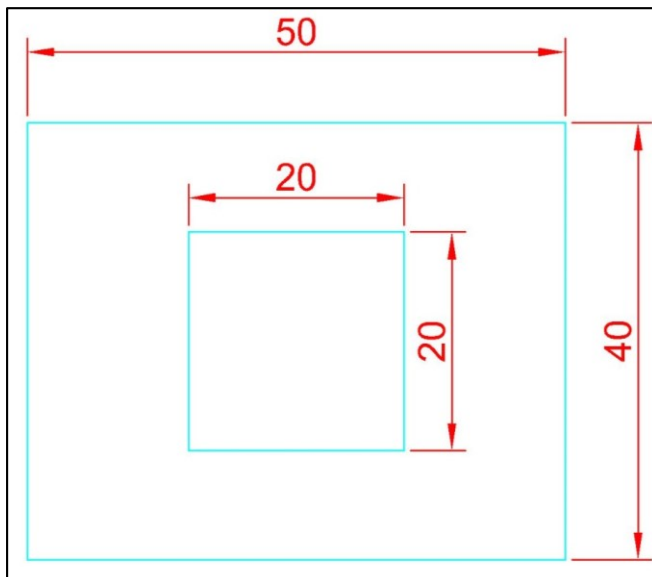
Muestra

La muestra estuvo constituida por 18 parcelas, cada parcela de 0,2 ha, en la subpoblación de 25 años, se evaluaron 3 parcelas que equivale a 0,6 ha, esta área muestreada es representativa

basado en la recomendación por MINAM (2015), esta referencia indica que, en bosques montanos, o bosque de selva alta o yungas el tamaño mínimo de muestreo debe ser 0,5 ha; asimismo, para el bosque secundario de 30 años se evaluaron 15 parcelas, que equivale a 3 ha, superando en área de muestreo recomendado por MINAM (2015). Las parcelas fueron ubicadas al azar, considerando la homogeneidad, topografía y la extensión de los bosques en cada subpoblación. Para ello se empleó el muestreo de tipo estratificado; donde las parcelas tenían una dimensión de 40 x 50 m (0,2 ha) donde se evaluaron árboles maduros y las sub parcelas presentaban dimensiones de 20 x 20 m donde se evaluaron los fustales (Figura 3). El área total de muestreo fue de 50 hectáreas.

Figura 3

Diseño de parcela de muestreo



Nota. Adaptado de *Patrón de cambios del carbono almacenado en el ecosistema debido al cambio de uso del bosque tropical en la Cuenca de Aguaytía, Perú* (p. 111), por Cuellar *et al.* (2015). Instituto de Innovación Agraria. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/382>

2.4. Técnicas e instrumentos

Técnicas

Se utilizó la técnica de la observación directa para la recolección de datos primarios en campo registrando información como: diámetro a la altura del pecho, altura comercial y altura total de las especies existentes en el bosque secundario de Zocre Morro de Calzada,

Moyobamba, los mismos que fueron plasmados en las fichas de campo.

Instrumento

Los instrumentos utilizados fueron las fichas de inventario y fichas de medición de la biomasa aérea y carbono.

2.5. Fases de la investigación

La investigación fue desarrollada en la Zona de Conservación y Recuperación de Ecosistemas (Zocre) Morro de Calzada, ubicado en el distrito de Calzada, provincia de Moyobamba, región de San Martín. La finalidad fue conocer la captura de carbono del bosque secundario con 25 y 30 años de establecimiento en la Zocre Morro de Calzada, Moyobamba, a través del método no destructivo (usando ecuaciones alométricas). Para estimar la biomasa aérea de los árboles con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayores de 10 cm se aplicó la ecuación alométrica para bosques tropicales (bosques lluviosos > 3 500 mm.año⁻¹, con datos de altura) (Chave *et al.*, 2005), las densidades de cada una de las especies fueron obtenidas de una base de datos de densidad de madera (Zanne *et al.*, 2009) y para la obtención del carbono almacenado se empleó la fracción de 0,5 (Cuellar *et al.*, 2015).

La investigación se desarrolló de acuerdo a las siguientes etapas:

2.5.1. Fase preliminar

Se inició con un diagnóstico del área de estudio a nivel de gabinete por medio del Google Earth y la base cartográfica del Gobierno Regional de San Martín. Se realizó el reconocimiento del área de estudio, posterior a ello se elaboró el mapa de la zona con los puntos a muestrear (Figura 4) y luego se diseñaron las fichas técnicas para la recolección de la información en campo.

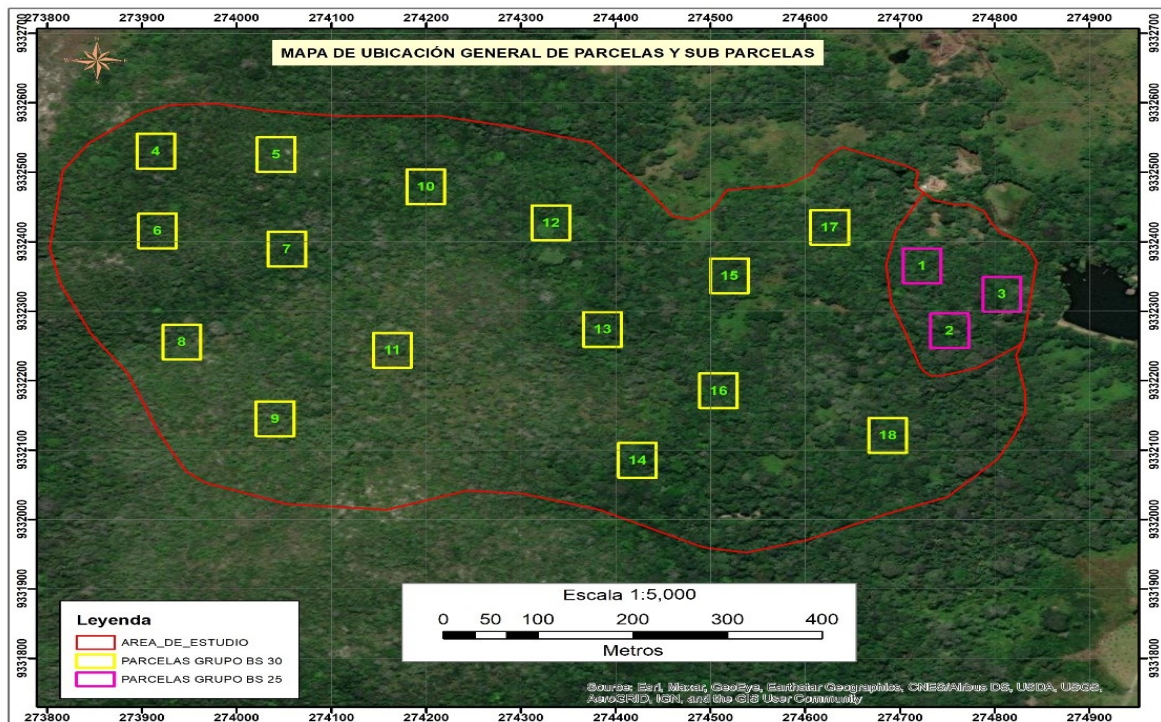
2.5.2. Fase de campo

Establecimiento de las parcelas de muestreo

Se realizó con la ayuda del GPS previamente establecido los puntos a evaluar en gabinete tomando en cuenta las características de la zona, se delimitaron las parcelas utilizando rafia para circular, luego se procedió a ubicar dentro de la parcela la sub parcela; según la metodología de Cuellar *et al.* (2015). Se delimitaron parcelas de 40 x 50 m (2 000 m²) y posterior a ello las sub parcelas de 20 x 20 m (400 m²); en la Figura 4, las parcelas de color fucsia que son de propiedad privada corresponden al bosque de 25 años perteneciente al señor Sergio Rodríguez Olortegui y las parcelas de color amarillo corresponden al bosque secundario de 30 años, que pertenecen a la Municipalidad de dicha localidad.

Figura 4

Ubicación de parcelas de muestreo



Se realizó la delimitación de las parcelas (Figura 5) y sub parcelas del bosque secundario de 25 y 30 años, mediante una brújula y cinta métrica se midió el área de cada parcela y sub parcela; las coordenadas fueron tomadas con un GPS Garmin, colocándose en cada esquina estacas de 1 m, todas las parcelas fueron delimitadas con rafia de color amarillo y rojo las sub parcelas (Cuellar *et al.*, 2015).

Figura 5

Delimitación de parcelas



Inventario de árboles mayores de 10 cm de DAP en los bosques secundarios de 25 y 30 años de la Zocre Morro de Calzada

Se realizó el inventario de todas las especies existentes con DAP mayores a 10 cm en cada una de las sub parcelas y en las parcelas se midieron a todos los árboles con DAP mayores a 30 cm del bosque secundario de 25 y 30 años; con una altura desde la superficie hasta la altura del pecho de 1,30 m, asimismo se midió la altura total (H) de todos los árboles que se ubicaban dentro de cada parcela y sub parcela (Figura 6) (Cuellar *et al.*, 2015). Las alturas de los árboles fueron medidas con el uso de una vara de 15 m como referencia, la que fue alzada hasta alcanzar el nivel de cada individuo (Rügnitz *et al.*, 2009); las mediciones se realizaron con la ayuda de un guía local de la zona. Se colectaron muestras botánicas de las plantas principalmente frutos y/o flores para ser identificadas en gabinete; finalmente se procedió a pintar cada árbol medido con la finalidad de no volver a medir.

Figura 6

Medición del diámetro altura al pecho (DAP)



Se ubicó los árboles y se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) a 1,30 m desde la superficie; para ello se utilizó una cinta diamétrica, midiendo los siguientes árboles según las recomendaciones de Cuellar *et al.* (2015):

- Fustales: DAP mayores a 10 cm; en las sub parcelas de 20 x 20 m.
- Árboles maduros: DAP mayores a 30 cm; en las parcelas de 40 x 50 m.

2.5.3. Fase de gabinete

Determinación de la diversidad florística

Se procedió a la sistematización en el programa Excel de la data obtenida en campo y luego estas se ordenaron por especies, género y familia, las que fueron identificadas principalmente por el asesor Wilfredo Mendoza Caballero, quien tiene amplia experiencia en taxonomía de las plantas amazónicas del Perú, además se precisa que el asesor es investigador del Museo de Historia Natural de San Marcos, quien usó la colección científica del herbario de San Marcos para la confirmación de algunas muestras.

Por otro lado, empleando el Software PAST 3,5 se procedió al cálculo de los índices de

diversidad alfa y beta. En el caso de la diversidad alfa, se analizaron el índice de Shannon-Wiener (H') y Simpson (1-D); y, en el caso de la diversidad beta se utilizó el índice de Jaccard que permitió conocer valores de similitud entre las diferentes parcelas muestreadas. Las fórmulas empleadas se describen a continuación.

Índice Shannon Wiener

El índice de Shannon-Wiener, permite medir la diversidad de especies, valorando la uniformidad de las mismas, es decir si hay una baja diversidad, muestra que la determinada especie es alta y si hay una alta diversidad señala que la especie fue tomada de forma al azar (Moreno, 2001). Los valores de interpretación del índice de Shannon-Wiener se presentan en la Tabla 1.

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

Donde:

- p_i = Probabilidad de encontrar a la especie i o proporción del número de individuos de la especie i con respecto al total.
- \log_2 = Logaritmo base 2.

Tabla 1

Valores de interpretación del índice de Shannon-Wiener

Valores	Diversidad
0,1 – 1,5	Baja
1,6 – 3,0	Media
3,1 – 4,5	Alta

Nota. Adaptado de “Ecological Diversity and Its Measurement”, Margurran (1988). Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=X7b7CAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP7&dq=Magurran,+A.+E.+\(1988\).+Ecological+diversity+and+its+measurement.+Princeton+University+Press,+New+Jersey.&ots=daq8UjFnHh&sig=sGUquoJ09sSBMrEqZF6lkyYKmlY#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=X7b7CAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP7&dq=Magurran,+A.+E.+(1988).+Ecological+diversity+and+its+measurement.+Princeton+University+Press,+New+Jersey.&ots=daq8UjFnHh&sig=sGUquoJ09sSBMrEqZF6lkyYKmlY#v=onepage&q&f=false)

Para que el índice de Shannon Wiener sea expresado en los resultados como bits/individuos, se procedió a convertir el logaritmo en base épsilon a logaritmo base 2; multiplicando el resultado por el factor 1,4427 (Brower y Zar, 1984).

Índice de Simpson (1-D)

Se refiere a cuantificar la posibilidad que dos individuos seleccionados al azar de una muestra tienen que ser de la misma especie (Moreno, 2001). Los valores de interpretación del índice de Simpson se presentan en la Tabla 2.

$$1 - D = \sum pi^2$$

Donde:

- pi = Abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Tabla 2

Valores de interpretación del índice de Simpson (1-D)

Valores	Diversidad
0,00 – 0,35	Baja
0,36 – 0,75	Media
0,76 – 1,00	Alta

Nota. Adaptado de “Ecología: Estudio de la Distribución y la Abundancia”, Krebs (1985). Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. <https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-UAAAN:16635/Description>

Índice de similitud de Jaccard

Índice que permite medir el nivel de similitud entre los transectos, siendo posible relacionar el número de especies repartidas con el total de especies exclusivas. Los valores van desde 0 hasta 1, el primero representa a cuando no existen especies que se reparten entre las parcelas y el segundo representa a que ambas parcelas cuentan con la misma composición de especies. Permite medir la ausencia o presencia de especies (Moreno, 2001).

$$I_j = c/a + b - c$$

Donde:

- a: número de especies en el sitio A.
- b: número de especies en el sitio B.
- c: número de especies presentes en ambos sitios A y B, es decir, están compartidas.

Caracterización de estructura vertical y horizontal

En los bosques secundarios de 25 y 30 años, se caracterizó la estructura horizontal de acuerdo a las clases diamétricas, las cuales fueron: 10 – 15 cm, 16 – 20 cm, 21 – 25 cm, 26 – 30 cm, 31 – 35 cm, 36 – 40 cm y árboles con clase diamétrica > 40 cm considerando la propuesta de Rüginitz *et al.* (2009).

Asimismo, en cada tipo de bosque secundario, la estructura vertical fue caracterizado de acuerdo a las clases altitudinales, que fueron: ≤ 7 m, 8 – 10 m, 11 – 13 m, 14 – 16 m, 17 – 19 m, 20 – 22 m y árboles mayores a los 22 m (Rüginitz *et al.*, 2009).

Estimación de la biomasa aérea

Se usó una ecuación alométrica para bosques tropicales, característico de bosques lluviosos (>3 500 mm.año⁻¹), considerando que se contaba con datos de altura (Chave *et al.*, 2005).

$$(AGB)_{est} = \rho \times \exp(-1,499 + 2,148 \times \ln(D) + 0,207(\ln(D))^2 - 0,0281(\ln(D))^3)$$

Donde:

- ρ: densidad de la madera.
- D: diámetro a la altura del pecho.

Las densidades de la madera de cada una de las especies fueron tomadas de la base de datos de densidad de la madera global según Zanne *et al.* (2009), quienes han publicado la

densidad de 16 468 especies; esta base esta respalda por la plataforma DRYAD, la cual está compuesta por investigaciones académicas y de investigación, financiadores de investigación, sociedades académicas y editoriales, es muy usada en las publicaciones e investigación sobre densidad de madera y captura de carbono en el mundo, esta información está disponible en “Data from: Towards a worldwide wood economics spectrum”, disponible en: <https://datadryad.org/stash/dataset/doi:10.5061/dryad.234> (Zanne *et al.*, 2009).

Para determinar la biomasa por hectárea, se realizó la suma de la biomasa de la totalidad de árboles identificados y medidos en la parcela, luego se obtuvo el promedio (Rügnitz *et al.*, 2009).

$$BA = \left(\sum_{AB} / 1000 \right) * (10000 / \text{área de la parcela})$$

Donde:

- BA: biomasa arbórea (T/ha).
- \sum_{AB} : sumatoria de la biomasa de todos los árboles de la parcela.
- Factor 1 000: conversión de kg a T.
- Factor 10 000: conversión del área (m²) a hectárea (ha).

Estimación del carbono almacenado

Para determinar el carbono almacenado, se tomó en consideración la siguiente fórmula (Cuellar *et al.*, 2015):

$$AC = (BA \times CF)$$

Donde:

- AC: cantidad de carbono almacenado en la biomasa arbórea (t/ha).
- BA: Biomasa arbórea (t/ha).
- CF: Fracción del carbono (0,5), valor estándar del IPCC.

2.6. Identificación de las variables y su mensuración

La variable de investigación fue captura de carbono (Tabla 3).

Tabla 3

Variables en estudio, unidades de medida y método

Variab les	Unidad de medida	Metodología
Altura	Metros	Vara
DAP del fuste	Centímetros	Cinta diamétrica
Diversidad florística	Número total de especies	Estimación de riqueza
	Número de individuos por especies más comunes	Índice de Simpson
	Número de especies y el número de individuos por especie	Índice de Shannon-Wiener
	Nivel de semejanza entre muestras	Índice de Jaccard
Biomasa aérea de los árboles	T.ha ⁻¹	Método no destructivo – ecuaciones alométricas
Carbono almacenado	TC.ha ⁻¹	

2.7. Análisis de datos

Se utilizó la estadística descriptiva para el procesamiento y análisis de datos empleando el paquete estadístico Excel. Asimismo, para determinar la diversidad alfa (índice Shannon-Wiener (H') y Simpson (1-D) y diversidad beta (índice de Jaccard) se utilizó el Software PAST 3,5.

2.8. Materiales

Durante el desarrollo de la investigación se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

Materiales de campo

- Vara
- Tijera de podar
- Cinta adhesiva
- Rafia
- Tablero
- Fichas
- Wincha
- Machetes
- Lapiceros
- Libreta de apuntes
- Plumón indeleble
- Cinta métrica
- Papel periódico
- Bolsas de polietileno
- Cinta adhesiva

Servicios de campo

- Alimentación
- Transporte

Equipos

- GPS Garmin
- Cámara

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Diversidad florística de los bosques secundarios de 25 y 30 años de establecimiento en la Zocre Morro de Calzada

Para el bosque secundario de Zocre Morro de Calzada se ha registrado un total de 459 individuos, los cuales se distribuyen en 53 especies, 40 géneros y 25 familias (ver Apéndice 3). De los cuales las especies más abundantes son: *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don con 9,59 % (44 individuos), *Brosimum guianense* (Aubl.) Huber con 8,71 % (40 individuos), *Trichilia maynasia* C. DC. con 8,28 % (38 individuos), *Protium robustum* (Swart) Porter y *Chrysophyllum argenteum* Jacq. ambos con 5,23 % (24 individuos) y *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. ex Mutis) L. Andersson con 5,01 % (23 individuos) (Apéndice 3). Con respecto a los géneros más abundantes se encuentran: *Brosimum* con 11,33 % (52 individuos), *Jacaranda* con 9,59 % (44 individuos), *Trichilia* con 9,37 % (43 individuos), *Miconia* con 5,88 % (27 individuos), *Protium* y *Crysophyllum* con 5,23 % (24 individuos) cada uno. Y finalmente se determinó como familias más abundantes a: Moraceae con 15,03 % (69 individuos), Meliceae con 13,29 % (61 individuos), Bignoniaceae con 9,59 % (44 individuos), Sapotaceae con 9,37 % (43 individuos), Lauraceae con 8,71 % (40 individuos) y Fabaceae con 7,63 % (35 individuos).

3.1.1. Riqueza de especies en la Zocre Morro de Calzada

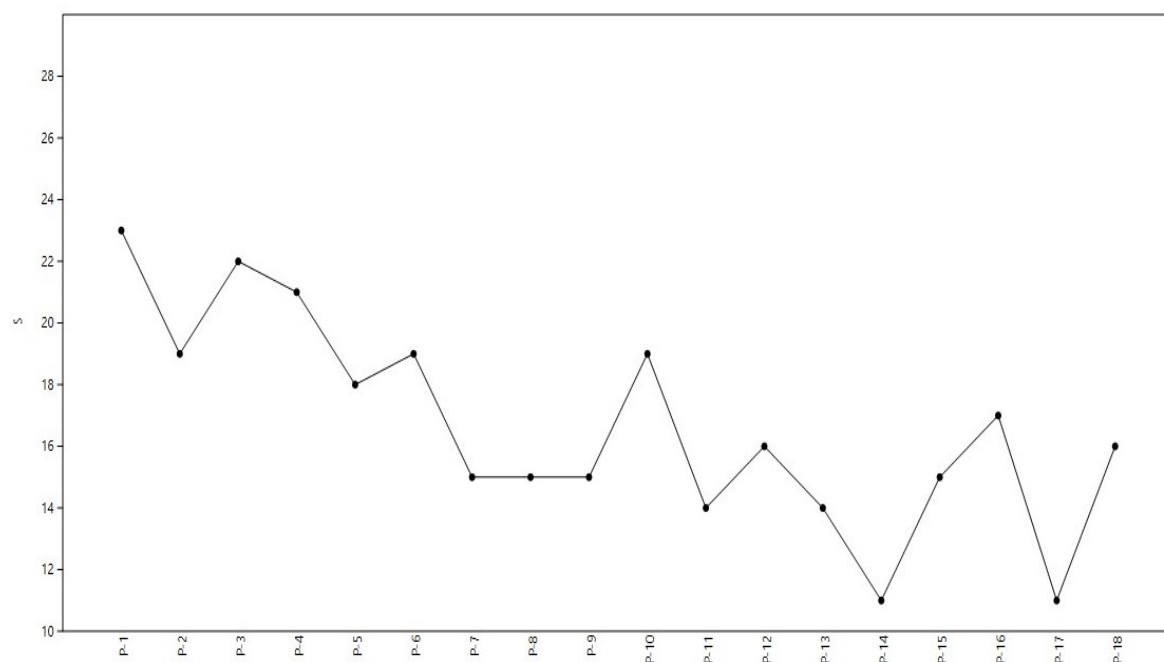
En el bosque secundario de 25 años de la Zocre Morro de Calzada se registraron 23 especies (Figura 7) donde las más abundantes fueron: *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don (9 individuos), *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. ex Mutis) L. Andersson y *Brosimum guianense* (Aubl.) Huber (8 individuos) y *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke (7 individuos); los géneros con mayor riqueza fueron: *Miconia* (6 especies), *Dendropanax* (2 especies) y *Alchornea* (2 especies); las familias con mayor riqueza fueron: Melastomataceae (4 especies), Fabaceae (4 especies), Meliaceae (3 especies) y Lauraceae (3 especies).

En el bosque secundario de 30 años de la Zocre Morro de Calzada se registraron hasta 21 especies (Figura 7) donde las más abundantes fueron: *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don (35 individuos), *Trichilia maynasia* C. DC. (34 individuos), *Brosimum guianense* (Aubl.) Huber (32 individuos) y *Chrysophyllum argenteum* Jacq. (20 individuos); los géneros con mayor riqueza fueron: *Miconia* (6 especies), *Trichilia* (2 especies) y *Alchornea* (2 especies) las familias con mayor riqueza fueron: Melastomataceae (6 especies), Fabaceae (4 especies) y Meliaceae (4 especies).

En el bosque secundario de 25 años de la Zocre Morro de Calzada se registraron entre 19 a 23 especies; en la parcela 1, se registró mayor cantidad de especies y la menor cantidad en la parcela 2. Mientras que en el bosque secundario de 30 años de edad se registraron entre 11 a 21 especies en las parcelas, por otra parte, en la parcela 4 se registró mayor cantidad de especies y la menos cantidad de especies en la parcela 14 y 17 (Figura 7). A nivel general, el bosque secundario de 25 años tiene mayor diversidad de especies a comparación del bosque secundario de 30 años de edad.

Figura 7

Riqueza de especies

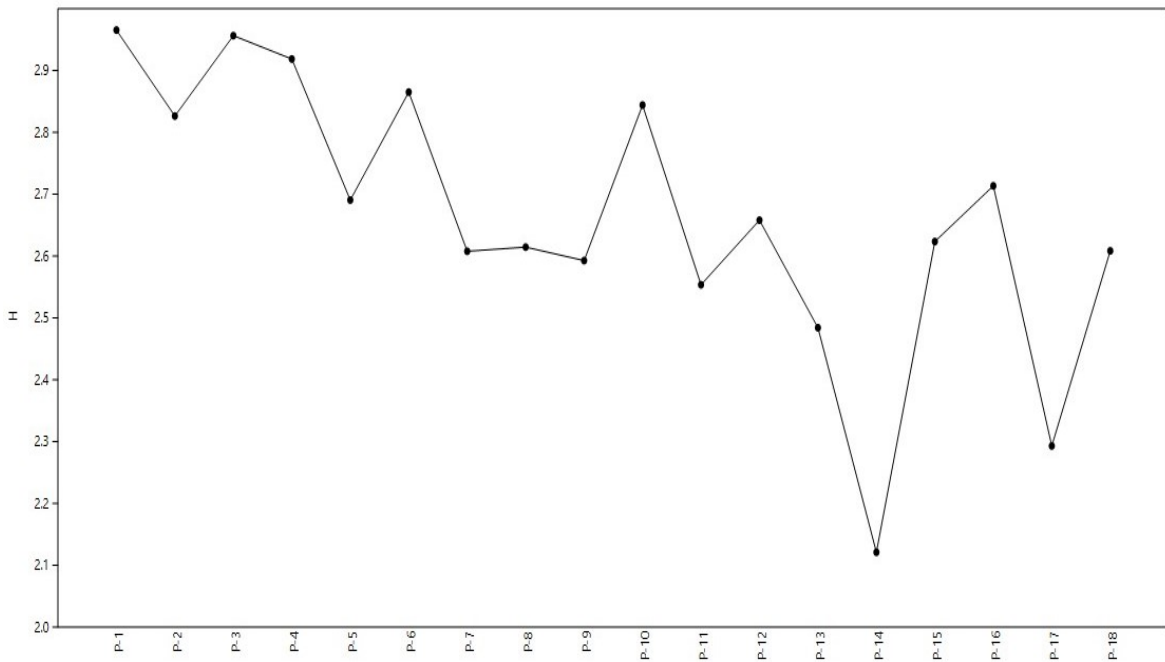


3.1.2. Índice de Shannon-Wiener

En el bosque secundario de 25 años de la Zocre Morro de Calzada el índice de Shannon-Wiener varió de 4,09 bits/ind. a 4,28 bits/ind., a comparación del bosque secundario de 30 años donde el valor de índice de Shannon-Wiener se encontró entre 3,06 bits/ind. a 4,21 bits/ind. (Figura 8). Por lo tanto, la diversidad de especies en el bosque secundario de 25 años los índices determinados fueron mayores debido a que en estas parcelas se registraron mayor cantidad de especies en comparación a las parcelas de los bosques secundarios de 30 años (Figura 8).

Figura 8

Diversidad de Shannon-Wiener

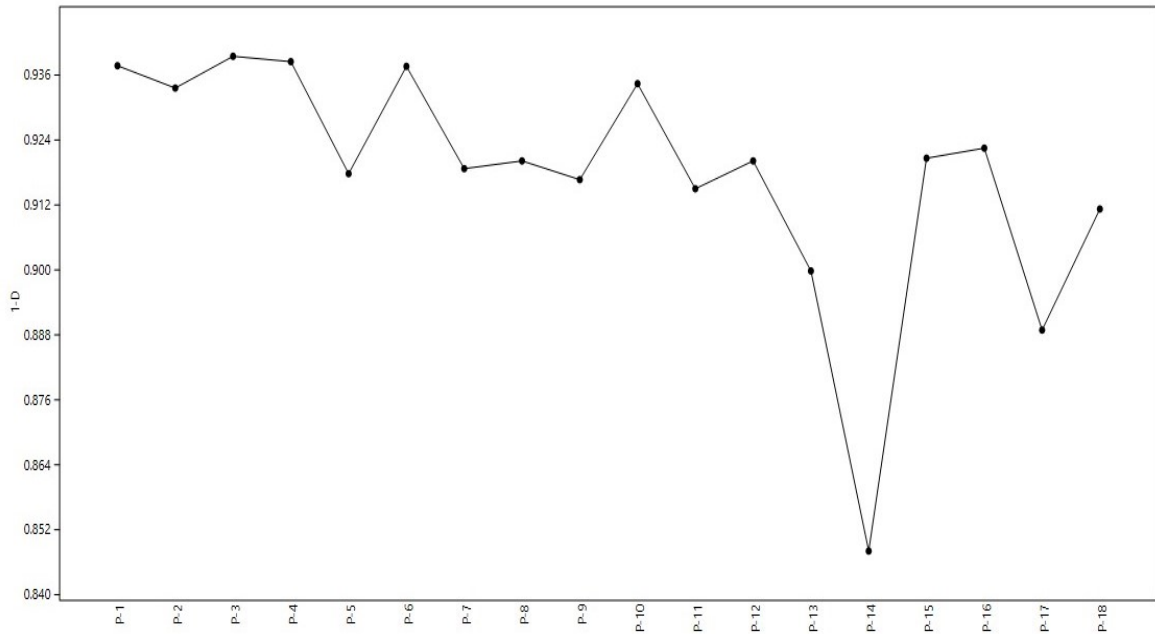


3.1.3. Índice de Simpson

En el bosque secundario de 25 años de la Zocre Morro de Calzada se determinó que el índice de Simpson varió de 0,93 a 0,94, a comparación del bosque secundario de 30 años donde el valor de índice de Simpson se encontró entre 0,85 a 0,94. De acuerdo a la diversidad de especies a través del índice de Simpson, se puede observar que en el bosque secundario de 25 años tuvieron una baja heterogeneidad de especies en comparación a las parcelas de los bosques secundarios de 30 años (Figura 9).

Figura 9

Diversidad de Simpson



3.1.4. Índice de Jaccard

Para el bosque Morro de Calzada se realizó un dendograma de similitud considerando el índice de Jaccard con datos cualitativos de presencia y ausencia de especies, la que es interpretada en porcentaje, muestreadas de los bosques secundarios de 25 y 30 años de edad, donde se puede observar que estas parcelas se encontraron entremezcladas y se puede apreciar que, un grupo tuvo una similitud de 47 % entre la parcela 17 y el resto de las parcelas evaluadas (Figura 10). Es importante precisar que el bosque secundario de 25 años y 30 años tuvieron una similitud de un poco más de 45 % (Figura 11).

Figura 10

Análisis de similitud por parcelas según el índice de Jaccard

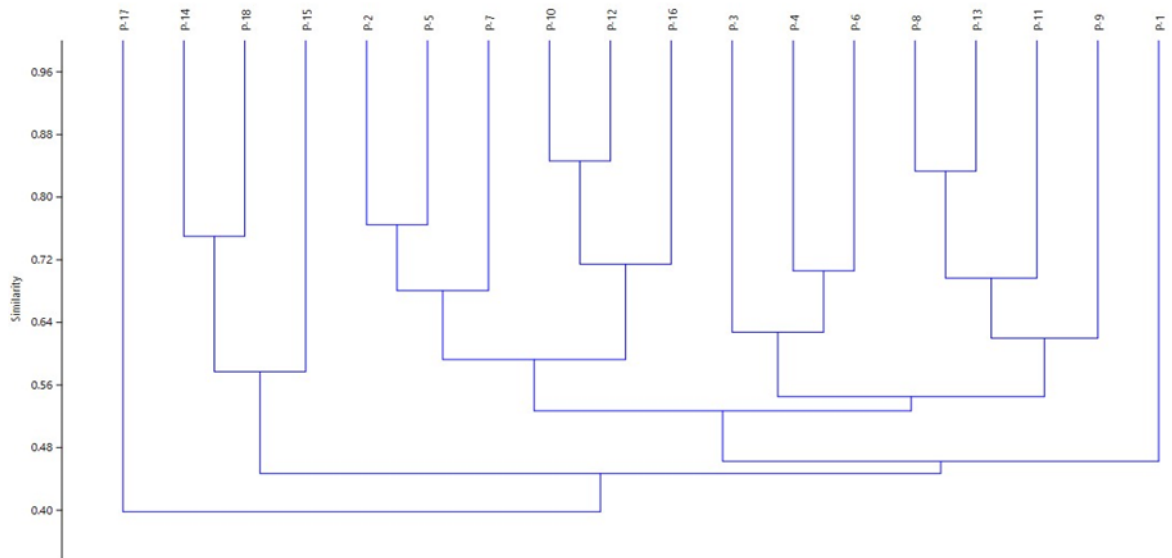
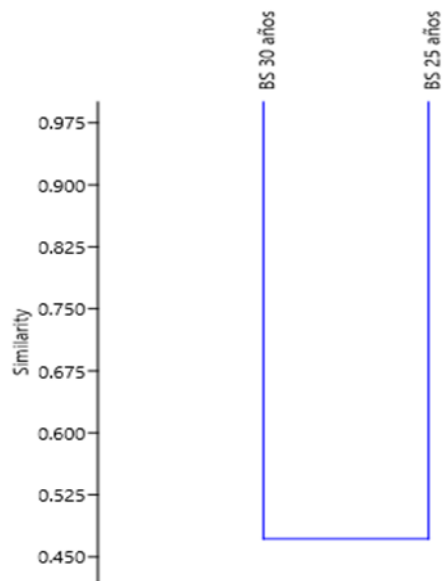


Figura 11

Análisis de similitud por tipo de bosque secundario según el índice de Jaccard



3.2. Caracterización de la estructura vertical y horizontal de los árboles mayores de 10 cm de DAP de los bosques secundarios de 25 y 30 años de Zocre Morro de Calzada

En función a los datos recolectados de diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura de los árboles en cada una de las parcelas muestreadas, se procedió a caracterizar la estructura vertical y horizontal en ambos tipos de bosques estudiados, cuyos resultados se presentan a continuación.

Estructura vertical y horizontal en bosques secundarios de 25 años en la Zocre Morro de Calzada

En bosques secundarios de 25 años, se observa que 40,8 % de los árboles estuvieron dentro del rango de clase diamétrica de 31-35 cm, por otro lado, 3 % se encontraron dentro de 21-25 cm (Tabla 4 y Figura 12).

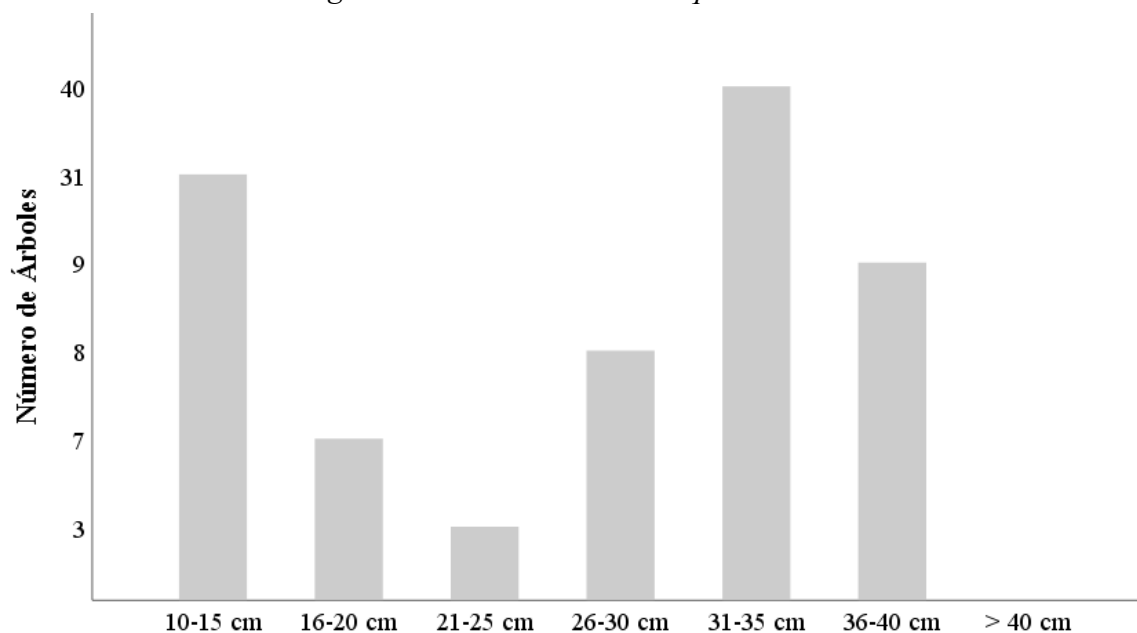
Tabla 4

Número de árboles según clase diamétrica en bosques secundarios de 25 años

N° Parcela	Clases diamétricas (cm)						Total	%
	10-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40		
1	11	2	2	2	17	0	34	34,69
2	12	1	0	3	13	3	32	32,65
3	8	4	1	3	10	6	32	32,65
Total	31	7	3	8	40	9	98	100,0
%	31,63	7,14	3,06	8,16	40,82	9,18	100,0	

Figura 12

Distribución de árboles según clase diamétrica en bosques secundarios de 25 años



En bosques secundarios de 25 años, se observa que 33,67 % de los árboles estuvieron dentro del rango de clase de altura de 17-19 cm, por otro lado, el 1 % se encontraron en el rango de ≤ 7 m (Tabla 5 y Figura 13).

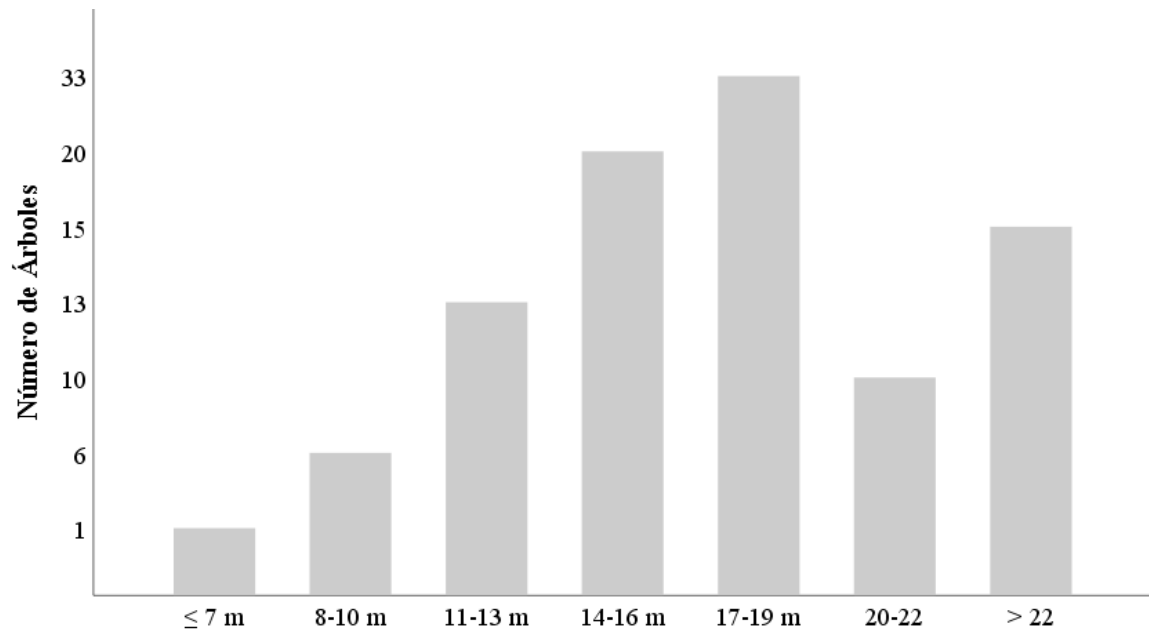
Tabla 5

Número de árboles según clases de altura en bosques secundarios de 25 años

N° Parcela	Clases de altura (m)							Total	%
	≤ 7	8-10	11-13	14-16	17-19	20-22	> 22		
1	0	0	5	8	18	1	2	34	34,69
2	1	3	5	6	6	4	7	32	32,65
3	0	3	3	6	9	5	6	32	32,65
Total	1	6	13	20	33	10	15	98	100,0
%	1,02	6,12	13,27	20,41	33,67	10,20	15,31	100,0	

Figura 13

Distribución de árboles según clase de altura en bosques secundarios de 25 años



Estructura vertical y horizontal en bosques secundarios de 30 años en la Zocre Morro de Calzada

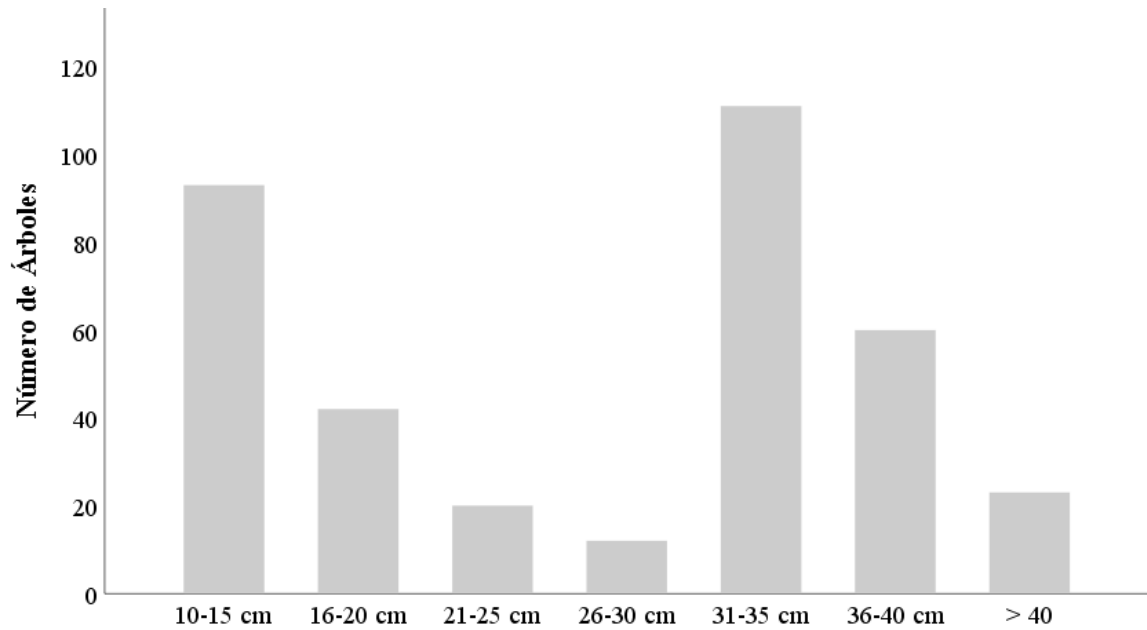
En bosques secundarios de 30 años, la mayor cantidad de árboles están dentro del rango de la clase diamétrica de 31-35 cm que representa el 30,75 % y en menor cantidad de 26-30 cm representa apenas el 3,32 % (Tabla 6 y Figura 14).

Tabla 6*Número de árboles según clase diamétrica en bosques secundarios de 30 años*

N° Parcela	Clases diamétricas (cm)							Total	%
	10-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	> 40		
4	10	5	2	0	4	9	3	33	9,14
5	6	5	0	2	8	3	6	30	8,31
6	4	4	1	1	6	6	4	26	7,20
7	5	3	2	1	6	5	1	23	6,37
8	8	1	0	3	11	1	0	24	6,65
9	5	1	3	1	7	7	0	24	6,65
10	8	4	0	1	10	2	0	25	6,93
11	4	4	1	0	8	3	0	20	5,54
12	5	4	1	0	9	4	1	24	6,65
13	7	0	3	0	9	2	2	23	6,37
14	6	2	2	0	6	4	1	21	5,82
15	4	2	3	0	4	6	2	21	5,82
16	11	0	1	2	4	2	3	23	6,37
17	6	2	0	0	8	2	0	18	4,99
18	4	5	1	1	11	4	0	26	7,20
Total	93	42	20	12	111	60	23	361	100,0
%	25,76	11,63	5,54	3,32	30,75	16,62	6,37	100,0	

Figura 14

Distribución de árboles según clase diamétrica en bosques secundarios de 30 años



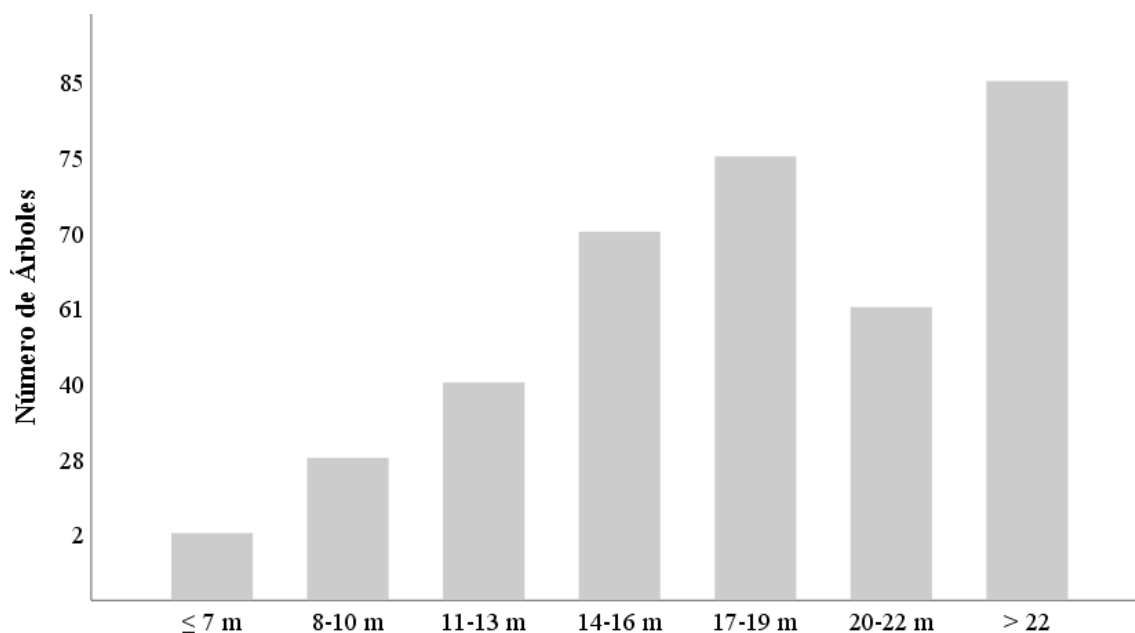
En bosques secundarios de 30 años, la mayor cantidad de árboles están dentro del rango de la clase de altura de > 22 m que equivale a 23,55 % y en menor cantidad de ≤ 7 m apenas el 0,55 % (Tabla 7 y Figura 15).

Tabla 7*Número de árboles según clase de altura en bosques secundarios de 30 años*

N° Parcela	Clases altitudinales (m)							Total	%
	≤7	8-10	11-13	14-16	17-19	20-22	> 22		
4	1	2	4	7	4	4	11	33	9,14
5	0	3	2	5	5	5	10	30	8,31
6	0	2	0	4	6	4	10	26	7,20
7	0	4	2	3	4	1	9	23	6,37
8	1	3	3	2	10	2	3	24	6,65
9	0	2	3	4	4	4	7	24	6,65
10	0	1	2	9	7	1	5	25	6,93
11	0	2	3	4	4	3	4	20	5,54
12	0	0	2	7	8	4	3	24	6,65
13	0	2	6	2	5	4	4	23	6,37
14	0	0	2	5	4	7	3	21	5,82
15	0	2	1	4	6	3	5	21	5,82
16	0	2	4	6	2	6	3	23	6,37
17	0	3	3	3	2	5	2	18	4,99
18	0	0	3	5	4	8	6	26	7,20
Total	2	28	40	70	75	61	85	361	100,0
%	0,55	7,76	11,08	19,39	20,78	16,90	23,55	100,0	

Figura 15

Distribución de árboles según clase de altura en bosques secundarios de 30 años



3.3. Estimación de la biomasa aérea de árboles mayores de 10 cm de DAP de los bosques secundarios de 25 y 30 años de la Zocre Morro de Calzada

A partir de la caracterización de la diversidad florística y la medición de la variable diámetro a la altura del pecho (mayor a 10 cm) de cada uno de los árboles, fue posible determinar la biomasa aérea de los árboles, en el bosque de 25 años se obtuvo un promedio de 134,40 T.ha⁻¹; mientras que en el bosque de 30 años se obtuvo un total de 124,51 T.ha⁻¹. En total las 50 ha en promedio almacenan 258,91 T.ha⁻¹ de biomasa aérea; para un mejor análisis e interpretación de resultados, estos se presentaron de acuerdo a los años de los bosques secundarios (25 y 30 años).

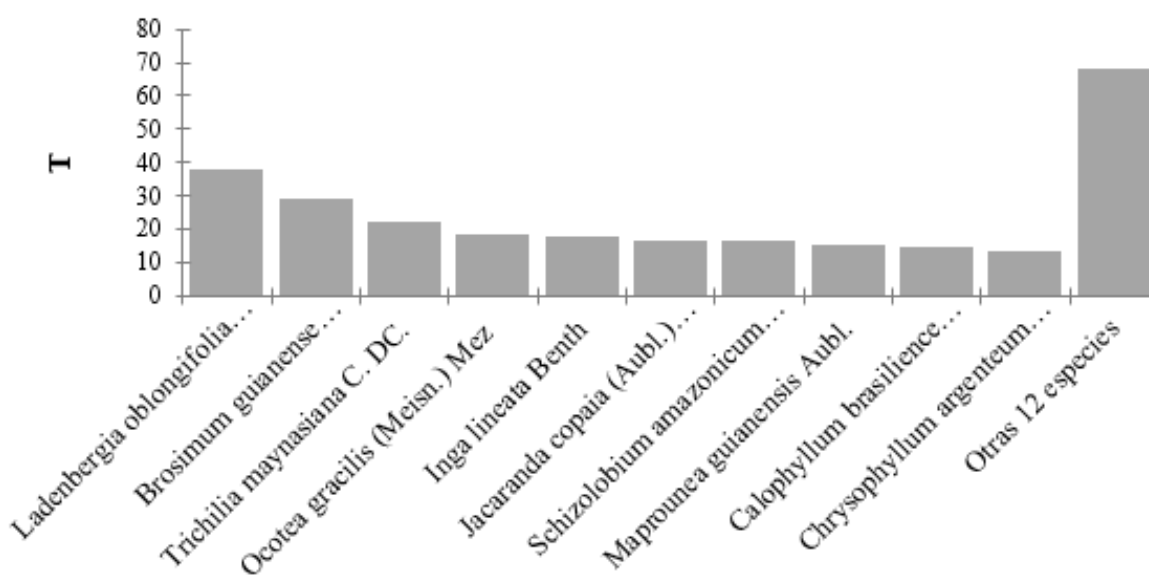
Estimación de la biomasa aérea de bosques secundarios de 25 años

En el bosque secundario de 25 años de edad en las parcelas (40 x 50 m) se determinó un total de 270,71 T de biomasa aérea, en cuanto a especies; donde las diez especies más representativas registraron el 74,77 % (202,40 T) de biomasa aérea, los cuales fueron: *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. ex Mutis) L. Andersson 14,00 % (37,91 T), *Brosimum guianense* (Aubl.) Huber 10,81 % (29,26 T), *Trichilia maynasia* C. DC. 8,23 % (22,27 T),

Ocotea gracilis (Meisn.) Mez 6,90 % (18,69 T), *Inga lineata* Benth 6,45 % (17,45 T), *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don 6,20 % (16,79 T), *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke 6,20 % (16,78 T), *Maprounea guianensis* Aubl. 5,51 % (14,92 T), *Calophyllum brasiliense* Cambess 5,51 % (14,90 T) y *Chrysophyllum argenteum* Jacq 4,96 % (13,44 T); en tanto, la biomasa aérea de las otras 12 especies en su conjunto representó el 25,23 % (68,31 T) (Figura 16).

Figura 16

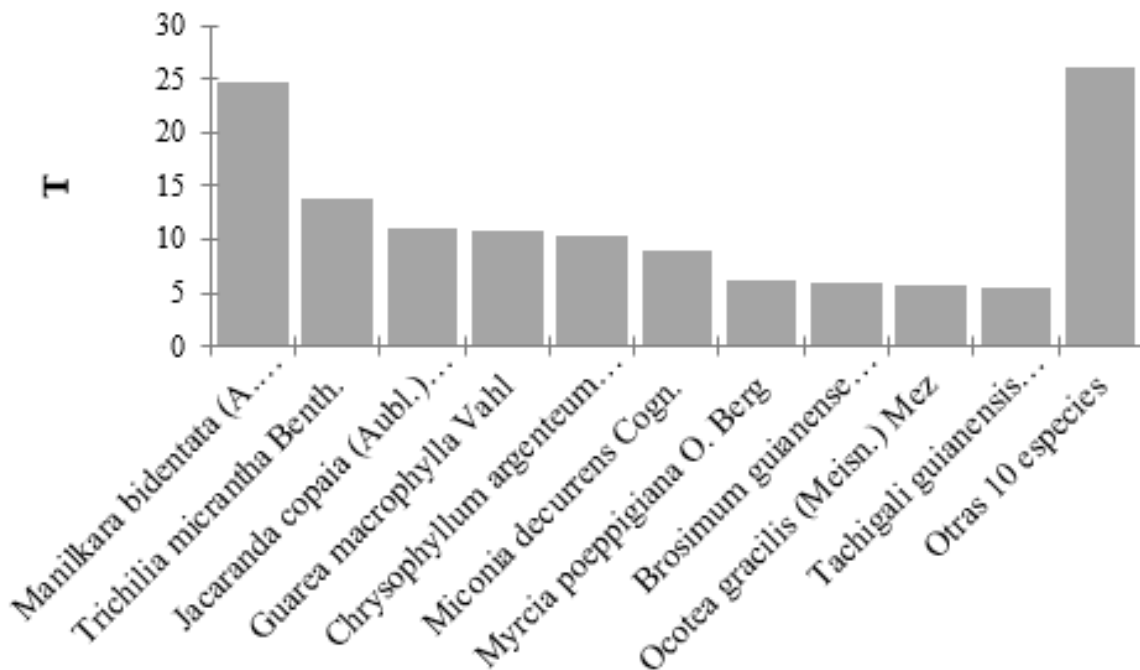
Biomasa aérea según especies en parcelas en bosques secundarios de 25 años



En el bosque secundario de 25 años en las sub parcela (20 x 20 m) se determinó un total de 128,87 T de biomasa aérea; en cuanto a especies; donde las diez especies más representativas registraron el 79,70 % (102,71 T) de biomasa aérea, los cuales fueron: *Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev 19,19 % (24,74 T), *Trichilia micrantha* Benth. 10,79 % (13,91 T), *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don 8,54 % (11,00 T), *Guarea macrophylla* Vahl 8,34 % (10,74 T), *Chrysophyllum argenteum* Jacq. 7,96 % (10,26 T), *Miconia decurrens* Cogn 6,85 % (8,83 T), *Myrcia poeppigiana* O. Berg 4,73 % (6,10 T), *Brosimum guianense* (Aubl.) Huber 4,68 % (6,03 T), *Ocotea gracilis* (Meisn.) Mez 4,40 % (5,67 T) y *Tachigali guianensis* (Benth.) Zarucchi & Herend. 4,22 % (5,44 T); en tanto, la biomasa aérea de las otras 10 especies en su conjunto representó el 20,30 % (26,16 T) (Figura 17).

Figura 17

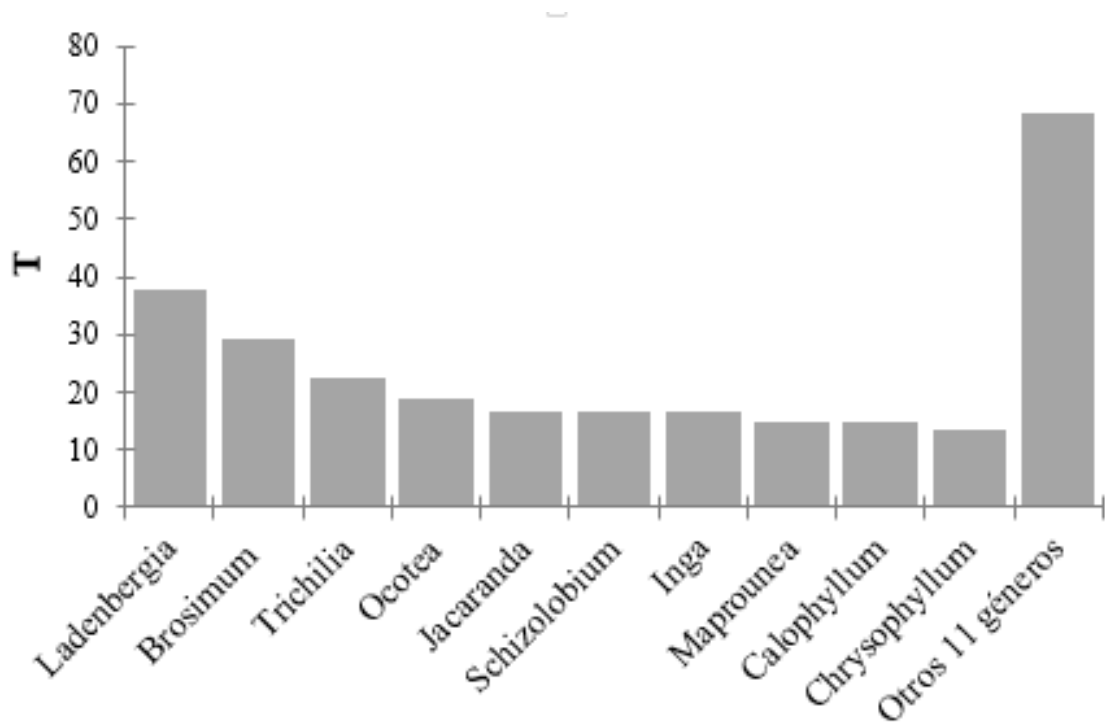
Biomasa aérea según especies en sub parcelas en bosques secundarios de 25 años



En cuanto a los géneros en las parcelas se determinó un total de 269,81 T de biomasa aérea, donde los diez géneros más representativos registraron el 74,68 % (201,50 T) de biomasa aérea; siendo estos: *Ladenbergia* 14,05 % (37,91 T), *Brosimum* 10,84 % (29,26 T), *Trichilia* 8,25 % (22,27 T), *Ocotea* 6,93 % (18,68 T), *Jacaranda* 6,22 % (16,79 T), *Schizolobium* 6,22 % (16,78 T), *Inga* 6,13 % (16,55 T), *Maprounea* 5,53 % (14,92 T), *Calophyllum* 5,52 % (14,90 T) y *Chrysophyllum* 4,98 % (13,44 T); en tanto, la biomasa aérea de los otros 11 géneros en su conjunto representó el 25,32 % (68,31 T) (Figura 18).

Figura 18

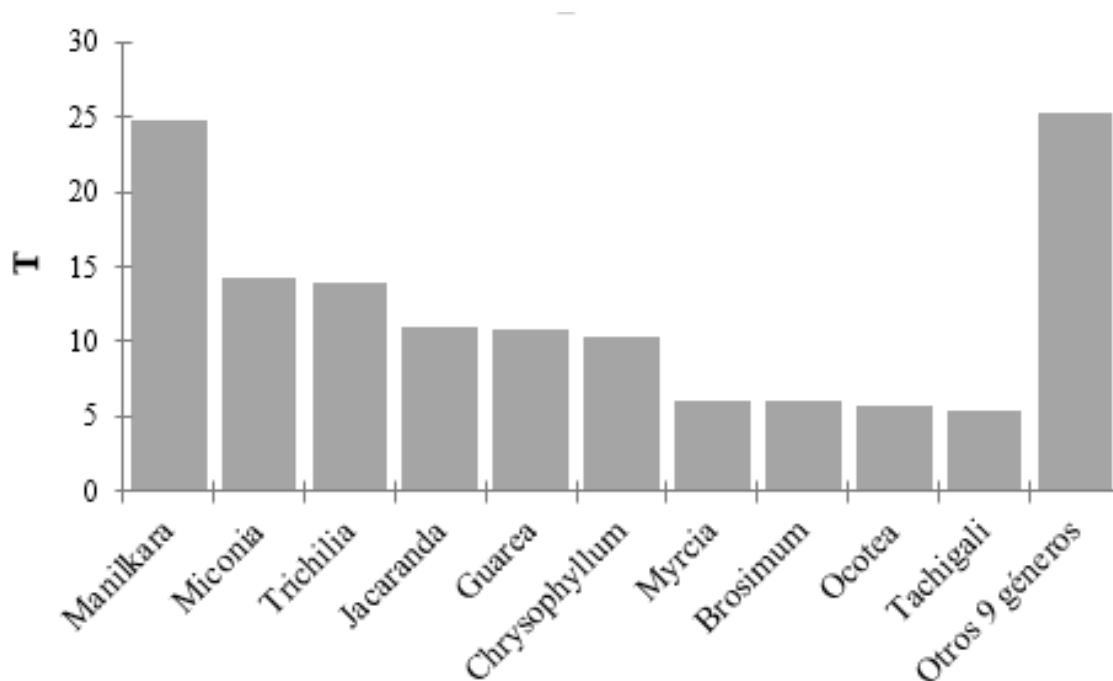
Biomasa aérea según géneros de especies en parcelas en bosques secundarios de 25 años



Según los géneros en las sub parcelas se determinó un total de 133,38 T de biomasa aérea, donde los diez géneros más representativos registraron el 81,09 % (108,16 T) de biomasa aérea,; siendo estos: *Manilkara* 18,55 % (24,74 T), *Miconia* 10,71 % (14,28 T), *Trichilia* 10,43 % (13,91 T), *Jacaranda* 8,25 % (11,00 T), *Guarea* 8,06 % (10,74 T), *Chrysophyllum* 7,69 % (10,26 T), *Myrcia* 4,57 % (6,10 T), *Brosimum* 4,52 % (6,03 T), *Ocotea* 4,25 % (5,67 T) y *Tachigali* 4,08 % (5,44 T); en tanto, la biomasa aérea de los otros 9 géneros en su conjunto representó el 18,91 % (25,22 T) (Figura 19).

Figura 19

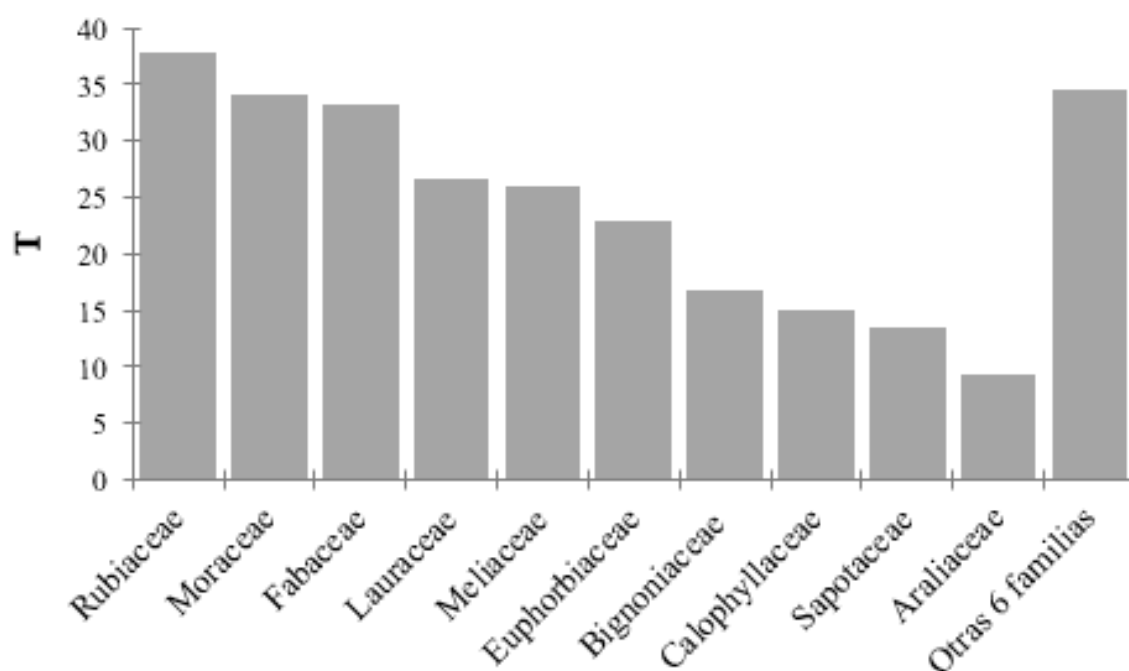
Biomasa aérea según géneros de especies en sub parcelas en bosques secundarios de 25 años



Con respecto a las familias en las parcelas se determinó un total de 269,81 T de biomasa de aérea, donde las diez familias más representativas registraron el 87,20 % (235,28 T) de biomasa aérea, los cuales fueron: Rubiaceae 14,05 % (37,91 T), Moraceae 12,62 % (34,05 T), Fabaceae 12,35 % (33,33 T), Lauraceae 9,89 % (26,67 T), Meliaceae 9,64 % (26,00 T), Euphorbiaceae 8,47 % (22,86 T), Bignoniaceae 6,22 % (16,79 T), Calophyllaceae 5,52 % (14,90 T), Sapotaceae 4,98 % (13,44 T) y Araliaceae 3,46 % (9,33 T); en tanto, la biomasa aérea de las otras 6 familias en su conjunto representó el 12,80 % (34,53 T) (Figura 20).

Figura 20

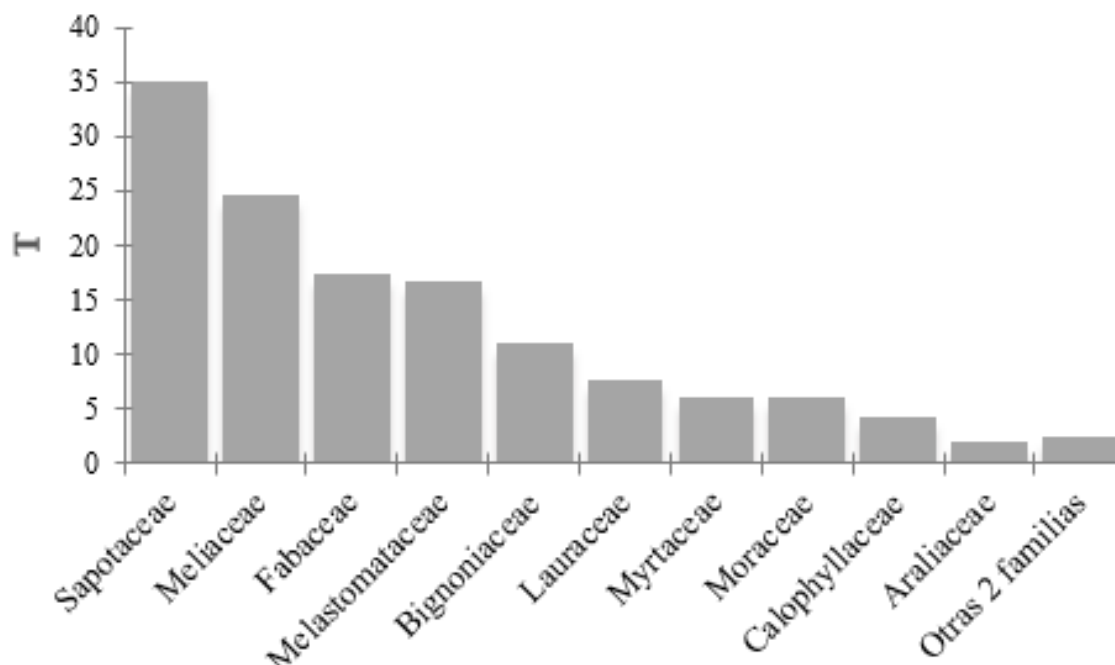
Biomasa aérea según familias de especies en parcelas en bosques secundarios de 25 años



En las familias de las sub parcelas se registró un total de 133,38 T de biomasa aérea; donde las diez familias más representativas registraron el 98,09 % (130,83 T) de biomasa aérea, los cuales fueron: Sapotaceae 26,24 % (35,00 T), Meliaceae 18,48 % (24,65 T), Fabaceae 13,01 % (17,35 T), Melastomataceae 12,46 % (16,62 T), Bignoniaceae 8,25 % (11,00 T), Lauraceae 5,77 % (7,70 T), Myrtaceae 4,57 % (6,10 T), Moraceae 4,52 % (6,03 T), Calophyllaceae 3,25 % (4,34 T) y Araliaceae 1,53 % (2,04 T); en tanto, la biomasa aérea de las otras 2 familias en su conjunto representó el 1,91 % (2,55 T) (Figura 21).

Figura 21

Biomasa aérea según familias de especies en sub parcelas en bosques secundarios de 25 años

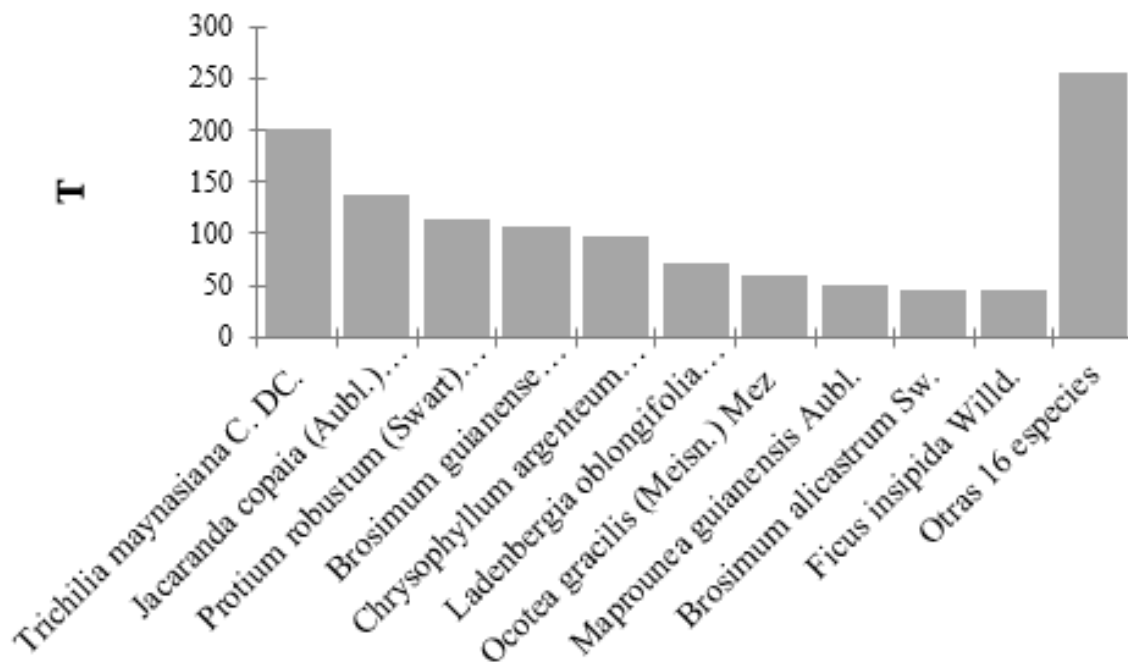


Estimación de la biomasa aérea de bosques secundarios de 30 años

En los bosques secundarios de 30 años de edad en las parcelas (40 x 50 m) en especies se determinó un total de 1 183,57 T de biomasa aérea, donde en conjunto las diez especies más representativas en las parcelas registraron el 78,40 % (927,87 T) de biomasa aérea, las cuales fueron: *Trichilia maynasiana* C. DC. 17,06 % (201,98 T), *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don 11,54 % (136,56 T), *Protium robustum* (Swart) Porter 9,59 % (113,50 T), *Brosimum guianense* (Aubl) Huber 9,01 % (106,69 T), *Chrysophyllum argenteum* Jacq. 8,19 % (96,88 T), *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. ex Mutis) L. Andersson 6,09 % (72,10 T), *Ocotea gracilis* (Meisn.) Mez 5,07 % (60,00 T), *Maprounea guianensis* Aubl. 4,24 % (50,14 T), *Brosimum alicastrum* Sw. 3,83 % (45,36 T) y *Ficus insipida* Willd 3,77 % (44,66 T); en tanto, la biomasa aérea de las otras 16 especies en su conjunto representó el 21,61 % (255,70 T) (Figura 22).

Figura 22

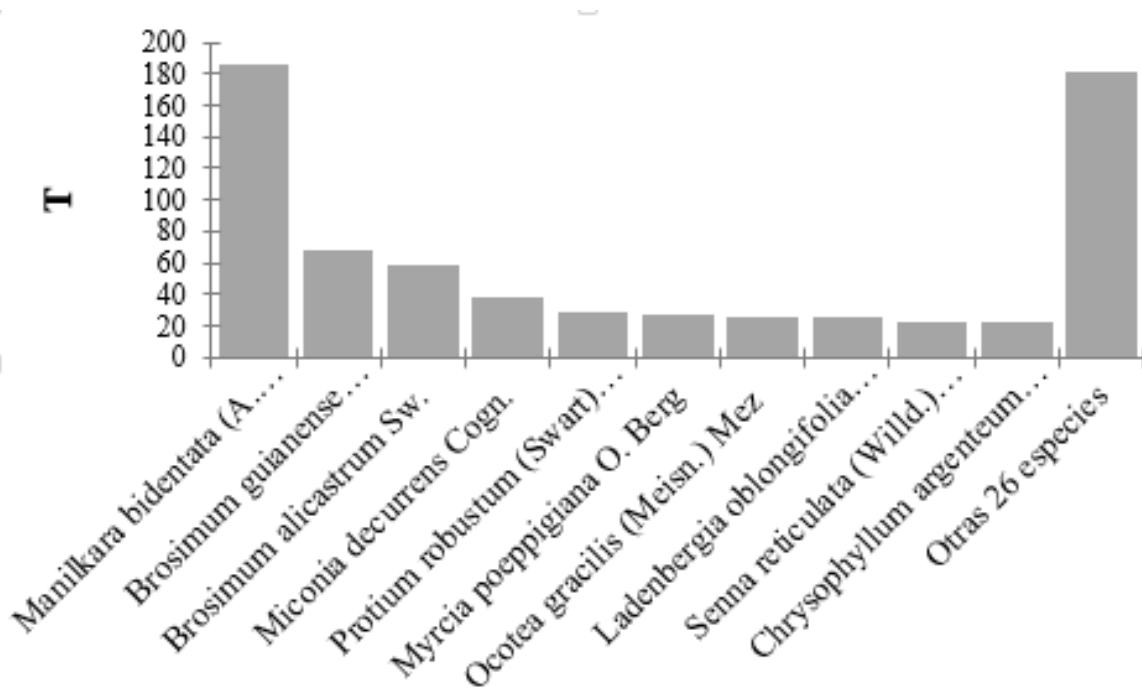
Biomasa aérea según especies en parcelas en bosques secundarios de 30 años



En el bosque secundario de 30 años en las sub parcelas (20 x 20 m) se determinó un total de 684,13 T de biomasa aérea en especies; donde las diez especies más representativas registraron el 73,54 % (503,11 T) de biomasa aérea, siendo estos: *Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev. 27,25 % (186,44 T), *Brosimum guianense* (Aubl.) Huber 9,86 % (67,43 T), *Brosimum alicastrum* Sw. 8,54 % (58,43 T), *Miconia decurrens* Cogn 5,50 % (37,64 T), *Protium robustum* (Swart) Porter 4,17 % (28,52 T), *Myrcia poeppigiana* O. Berg 4,06 % (27,76 T), *Ocotea graciolas* (Meisn.) Mez 3,38 % (26,21 T), *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. ex Mutis) L. Andersson 3,70 % (25,32 T), *Senna reticulata* (Willd.) H. S. Irwin Barneby 3,38 % (23,12 T) y *Crysophyllum argenteum* Jacq. 3,25 % (22,26 T); en tanto, la biomasa aérea de las otras 26 especies en su conjunto representó el 26,46 % (181,02 T) (Figura 23).

Figura 23

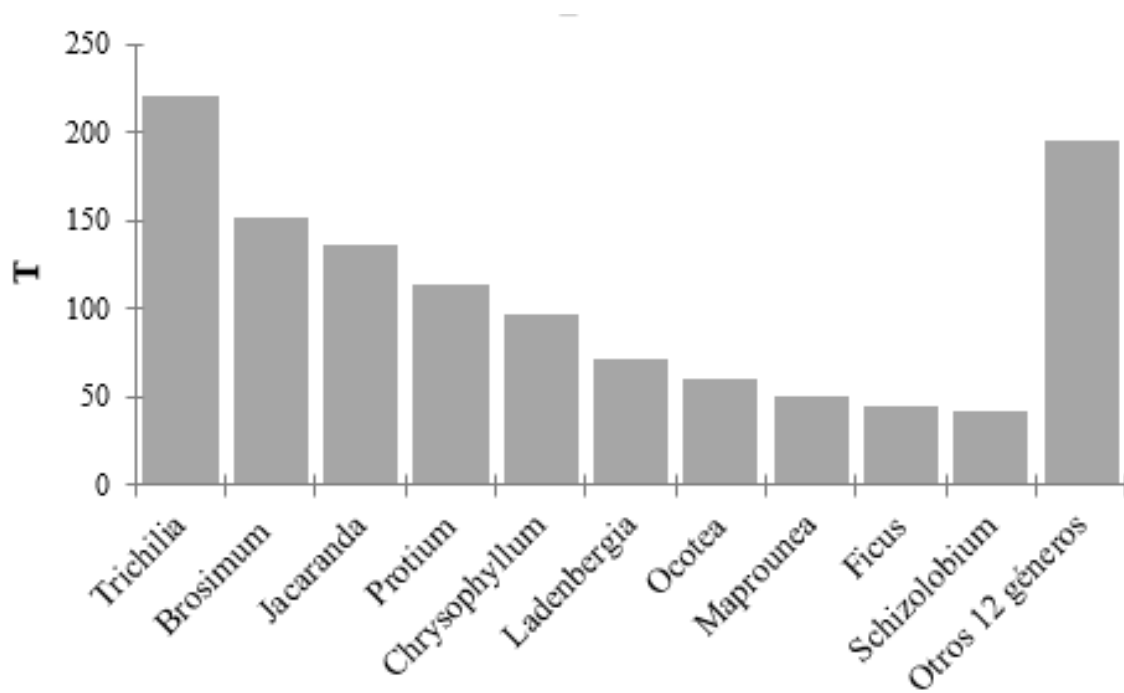
Biomasa aérea según especies en sub parcelas en bosques secundarios de 30 años



Los géneros en las parcelas registraron un total de 1 183,57 T de biomasa aérea; donde los diez géneros más representativos en las parcelas registraron el 83,54 % (988,77 T) de biomasa aérea, los cuales fueron: *Trichilia* 18,68 % (221,13 T), *Brosimum* 12,85 % (152,05 T), *Jacaranda* 11,54 % (136,56 T), *Protium* 9,59 % (113,50 T), *Chrysophyllum* 8,19 % (96,88 T), *Ladenbergia* 6,09 % (72,10 T), *Ocotea* 5,07 % (60,00 T), *Maprounea* 4,24 % (50,14 T), *Ficus* 3,77 % (44,66 T) y *Schizolobium* 3,53 % (41,74 T); en tanto, la biomasa aérea de los otros 12 géneros en su conjunto representó el 16,46 % (194,80 T) (Figura 24).

Figura 24

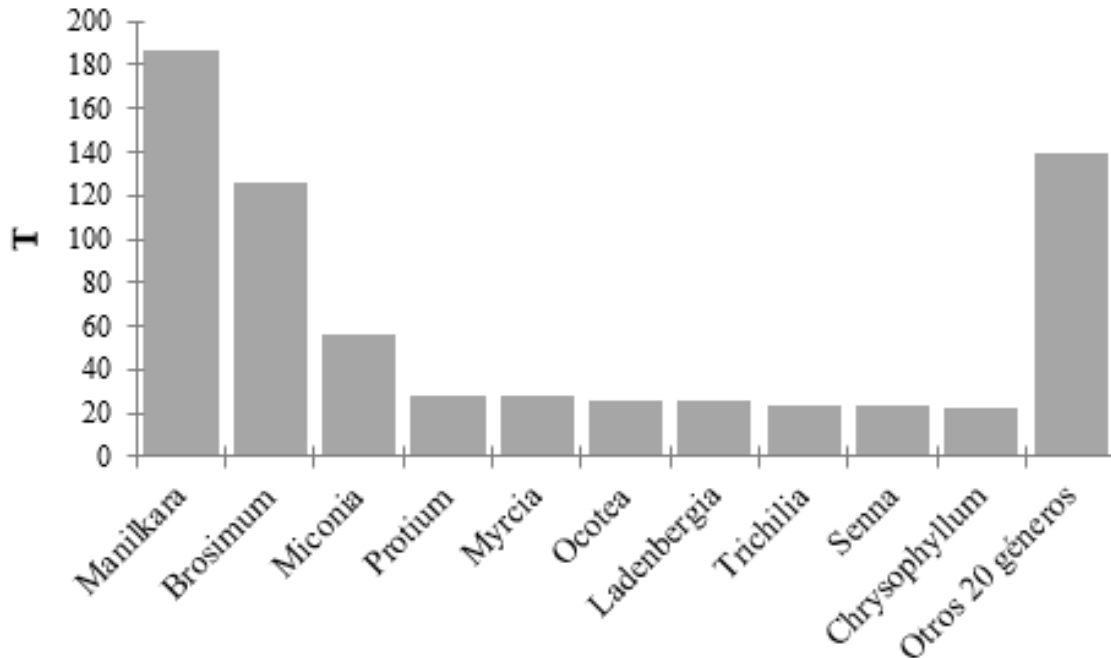
Biomasa aérea según géneros de especies en parcelas en bosques secundarios de 30 años



Los géneros en las sub parcelas registraron un total de 684,13 T de biomasa aérea; donde los diez géneros de especies más representativos representaron el 79,68 % (545,12 T) de biomasa aérea, siendo estos: *Manilkara* 27,25 % (186,44 T), *Brosimum* 18,40 % (125,86 T), *Miconia* 8,17 % (55,86 T), *Protium* 4,17 % (28,52 T), *Myrcia* 4,06 % (27,76 T), *Ocotea* 3,83 % (26,21 T), *Ladenbergia* 3,70 % (25,32 T), *Trichilia* 3,48 % (23,79 T), *Senna* 3,38 % (23,12 T), *Chrysophyllum* 3,25 % (22,26 T); en tanto, la biomasa aérea de los otros 20 géneros en su conjunto representó el 20,32 % (139,00 T) (Figura 25).

Figura 25

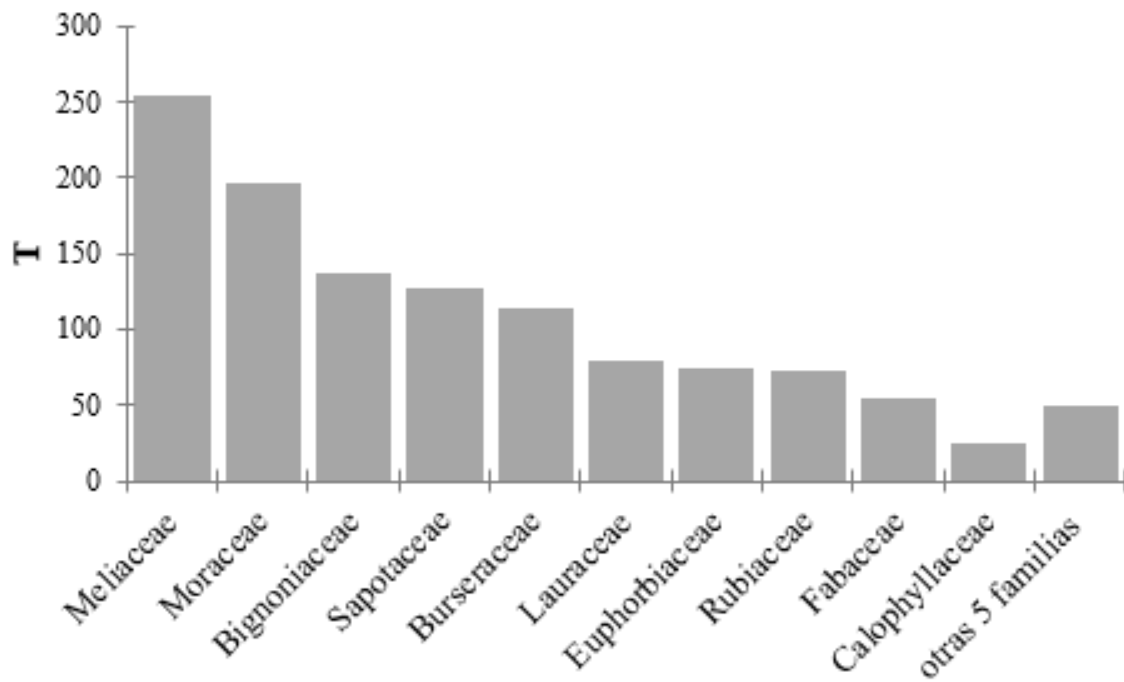
Biomasa aérea según géneros de especies en sub parcelas en bosques secundarios de 30 años



Con respecto a las familias en las parcelas se obtuvo un total de 1 183,57 T de biomasa aérea; registrando las diez familias más representativas el 95,79 % (1 133,71 T) de biomasa aérea, siendo estos: Meliaceae 21,47 % (254,09 T), Moraceae 1,62 % (196,72 T), Bignoniaceae 11,54 % (136,56 T), Sapotaceae 10,79 % (127,76 T), Burseraceae 9,59 % (113,50 T), Lauraceae 6,68 % (79,05 T), Euphorbiaceae 6,25 % (73,95 T), Rubiaceae 6,09 % (72,10 T), Fabaceae 4,61 % (54,56 T), y Calophyllaceae 2,15 % (25,42 T); en tanto, la biomasa aérea de las otras 5 familias en su conjunto representó el 4,21 % (49,86 T) (Figura 26).

Figura 26

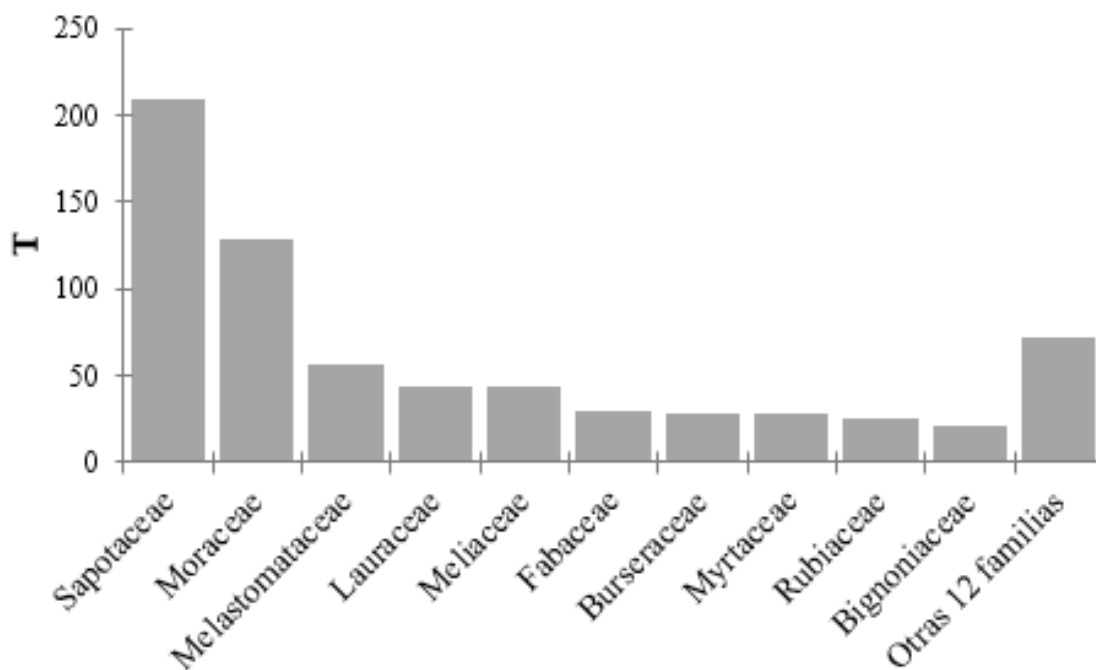
Biomasa aérea según familias de especies en parcelas en bosques secundarios de 30 años



Las familias en las sub parcelas registraron un total de 684,13 T de biomasa aérea; donde las diez familias de especies más representativas determino el 89,46 % (612,05 T) de biomasa aérea, los cuales fueron: Sapotaceae 30,51 % (208,70 T), Moraceae 18,73 % (128,15 T), Melastomataceae 8,17 % (55,86 T), Lauraceae 6,42 % (43,91 T), Meliaceae 6,31 % (43,14 T), Fabaceae 4,37 % (29,88 T), Burseraceae 4,17 % (28,52 T), Myrtaceae 4,06 % (27,76 T), Rubiaceae 3,70 % (25,32 T) y Bignoniaceae 3,04 % (20,82 T) en tanto, la biomasa aérea de las otras 12 familias en su conjunto representó el 10,53 % (72,07 T) (Figura 27).

Figura 27

Biomasa aérea según familias de especies en sub parcelas en bosques secundarios de 30 años



3.4. Cálculo del carbono almacenado en la parte aérea en los árboles mayores de 10 cm de DAP por los bosques secundarios de 25 y 30 años de Zocre Morro de Calzada

Los resultados que se obtuvieron en el presente estudio dan a conocer que el bosque secundario de 25 años en 3 ha almacenó un total de 67,20 TC.ha⁻¹ a comparación de los bosques secundarios de 30 años que en 47 ha almacenó 62,26 TC.ha⁻¹, en total las 50 ha de bosque en la Zocre Morro de Calzada almacenan 129,45 TC.ha⁻¹ (Apéndice 7).

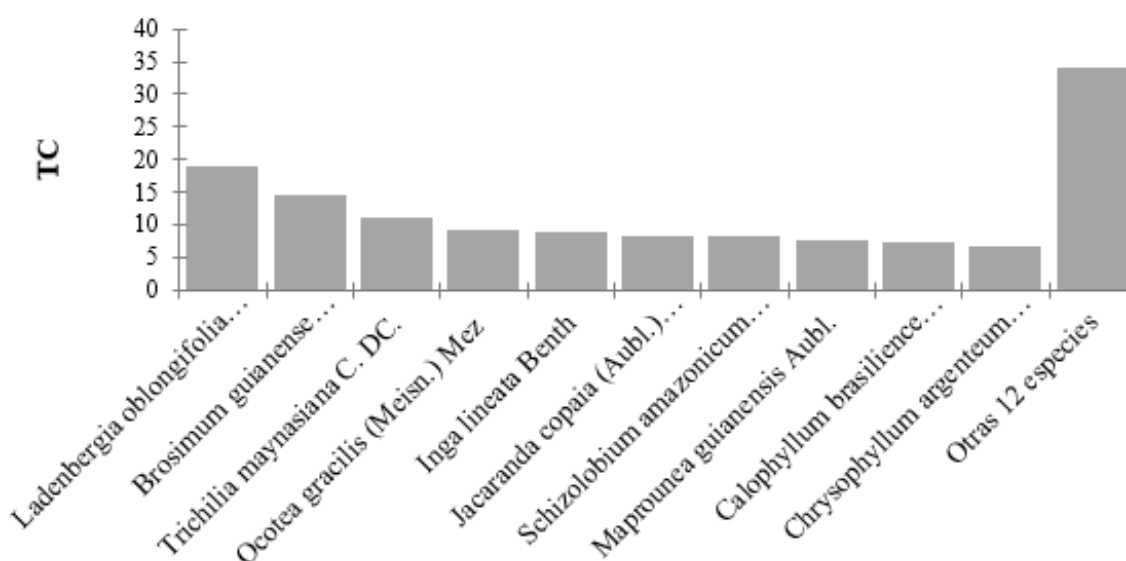
Estimación del carbono almacenado en bosques secundarios de 25 años

En las parcelas de bosques secundarios de 25 años se determinó 135,36 TC almacenado en especies, donde en conjunto las diez especies más representativas en las parcelas registraron el 74,77 % (101,20 TC), los cuales fueron: *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. ex Mutis) L. Andersson 14,00 % (18,96 TC), *Brosimum guianense* (Aubl.) Huber 10,81 % (14,63 TC),

Trichilia maynasiana C. DC. 8,23 % (11,13 TC), *Ocotea gracilis* (Meisn.) Mez 6,90 % (9,34 TC), *Inga lineata* Benth 6,45 % (8,73 TC), *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don 6,20 % (8,39 TC), *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke 6,20 % (8,39 TC), *Maprounea guianensis* Aubl. 5,51 % (7,46 TC), *Calophyllum brasiliense cambess* 5,51 % (7,45 TC) y *Chrysophyllum argenteum* Jacq. 4,96 % (6,72 TC); en tanto, el carbono almacenado de las otras 12 especies en su conjunto representó el 25,23 % (34,16 TC) (Figura 28).

Figura 28

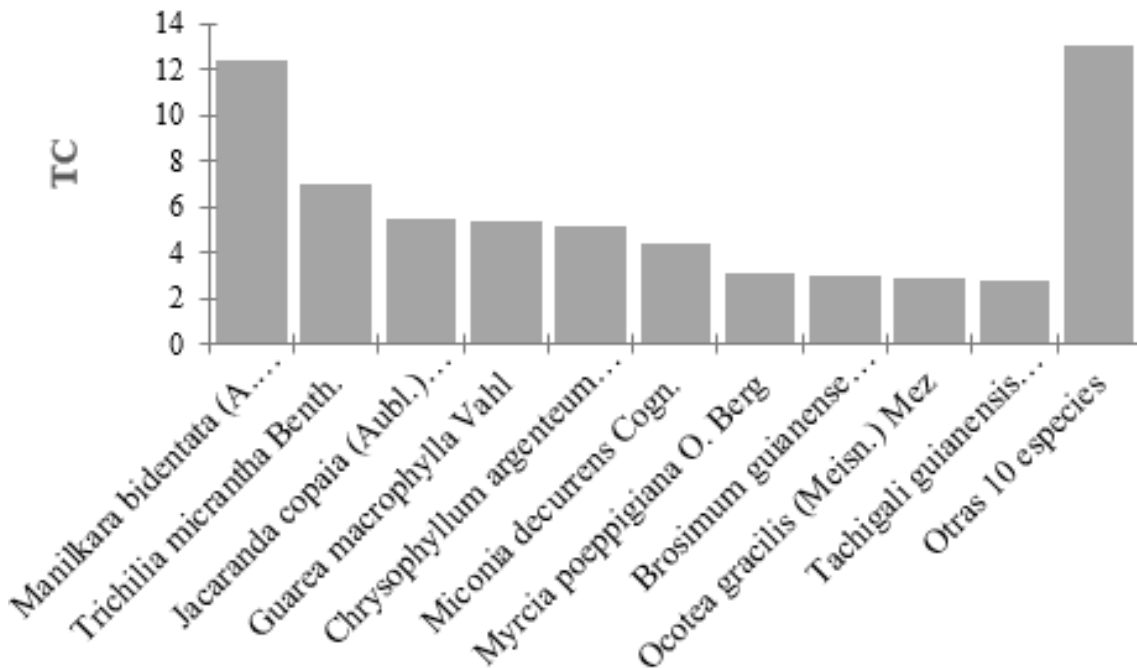
Carbono almacenado según especies en parcelas en bosques secundarios de 25 años



Con respecto a las sub parcelas las especies registraron un total de 64,44 TC; donde en su conjunto las diez especies más representativas registraron el 79,70 % (51,36 TC), los cuales fueron: *Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev. 19,19 % (12,37 TC), *Trichilia micrantha* Benth 10,79 % (6,95 TC), *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don 8,54 % (5,50 TC), *Guarea macrophylla* Vahl 8,34 % (5,37 TC), *Chrysophyllum argenteum* Jacq. 7,96 % (5,13 TC), *Miconia decurrens* Cogn. 6,85 % (4,42 TC), *Myrcia poeppigiana* O. Berg 4,73 % (3,05 TC), *Brosimum guianense* (Aubl.) Huber 4,68 % (3,01 TC), *Ocotea gracilis* (Meisn.) Mez 4,40 % (2,83 TC) y *Tachigali guianensis* (Benth.) Zarucchi & Herend. 4,22 % (2,72 TC); en tanto, el carbono almacenado de las otras 10 especies en su conjunto representó el 20,30 % (13,08 TC) (Figura 29).

Figura 29

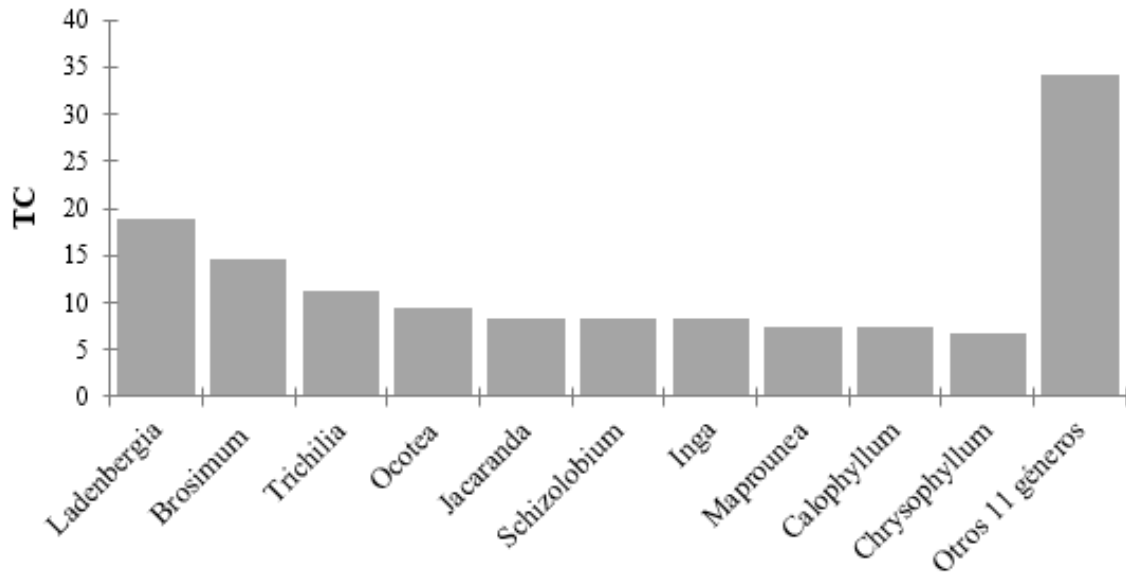
Carbono almacenado según especies en sub parcelas en bosques secundarios de 25 años



Los géneros registrados en las parcelas determinaron un total de 134,91 TC; donde en su conjunto los diez géneros de especies más representativos registraron el 74,68 % (100,75 TC), los cuales fueron: *Ladenbergia* 14,05 % (18,96 TC), *Brosimum* 10,84 % (14,63 TC), *Trichilia* 8,25 % (11,13 TC), *Ocotea* 6,93 % (9,34 TC), *Jacaranda* 6,22 % (8,39 TC), *Schizolobium* 6,22 % (8,39 TC), *Inga* 6,13 % (8,28 TC), *Maprounea* 5,53 % (7,46 TC), *Calophyllum* 5,52 % (7,45 TC) y *Chrysophyllum* 4,98 % (6,72 TC); en tanto, el carbono almacenado de los otros 11 géneros en su conjunto representó el 25,32 % (34,16 TC) (Figura 30).

Figura 30

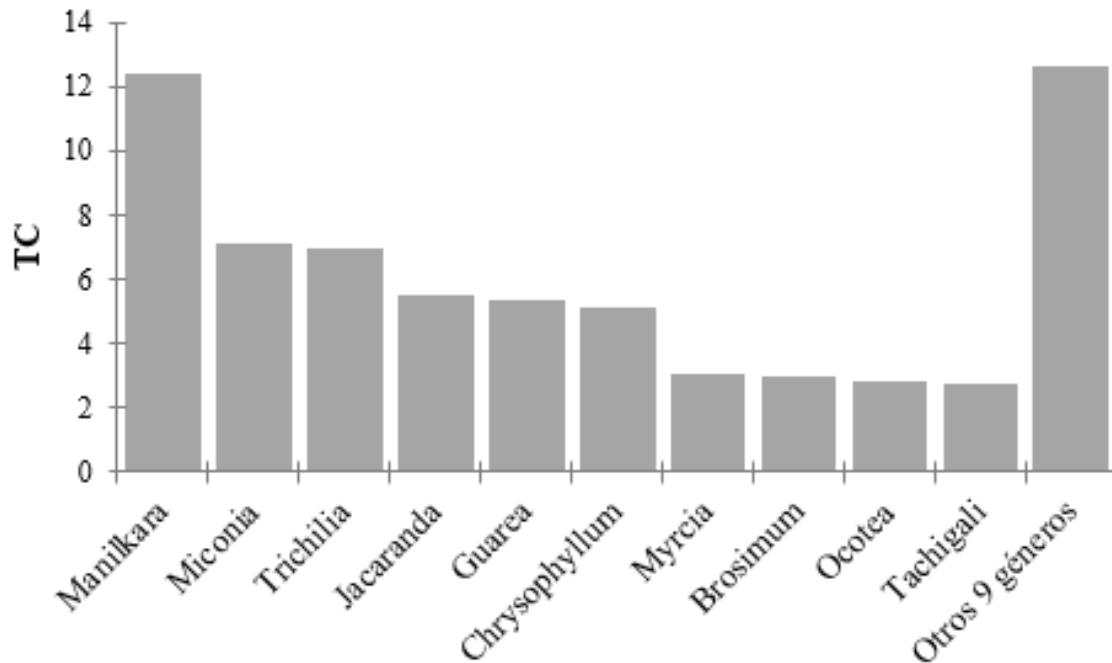
Carbono almacenado según géneros de especies en parcelas en bosques secundarios de 25 años



Según los géneros registrados en las sub parcelas se determinó un total de 66,69 TC almacenado; donde los diez géneros de especies más representativos en su conjunto registraron el 81,09 % (54,08 TC), los cuales fueron: *Manilkara* 18,55 % (12,37 TC), *Miconia* 10,71 % (7,14 TC), *Trichilia* 10,43 % (6,95 TC), *Jacaranda* 8,25 % (5,50 TC), *Guarea* 8,06 % (5,37 TC), *Chrysophyllum* 7,69 % (5,13 TC), *Myrcia* 4,57 % (3,05 TC), *Brosimum* 4,52 % (3,01 TC), *Ocotea* 4,25 % (2,83 TC) y *Tachigali* 4,08 % (2,72 TC); en tanto, el carbono almacenado de los otros 9 géneros en su conjunto representó el 18,91 % (12,61 TC) (Figura 31).

Figura 31

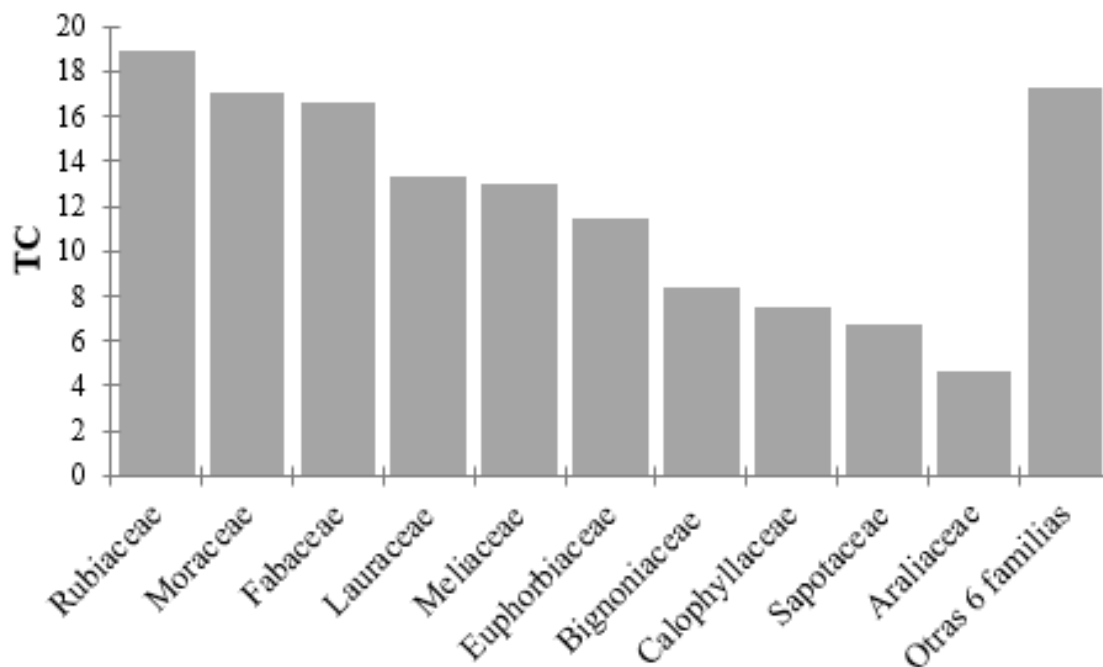
Carbono almacenado según géneros de especies en sub parcelas en bosques secundarios de 25 años



Con respecto a las familias de especies en las parcelas registraron un total de 134,91 TC almacenado; donde las diez más representativas en su conjunto registraron el 87,20 % (117,64 TC), los cuales fueron: Rubiaceae 14,05 % (18,96 TC), Moraceae 12,62 % (17,02 TC), Fabaceae 12,35 % (16,67 TC), Lauraceae 9,89 % (13,34 TC), Meliaceae 9,64 % (13,00 TC), Euphorbiaceae 8,47 % (11,43 TC), Bignoniaceae 6,22 % (8,39 TC), Calophyllaceae 5,52 % (7,45 TC), Sapotaceae 4,98 % (6,72 TC) y Araliaceae 3,46 % (4,67 TC); en tanto, el carbono almacenado de las otras 6 familias en su conjunto representó el 12,80 % (17,27 TC) (Figura 32).

Figura 32

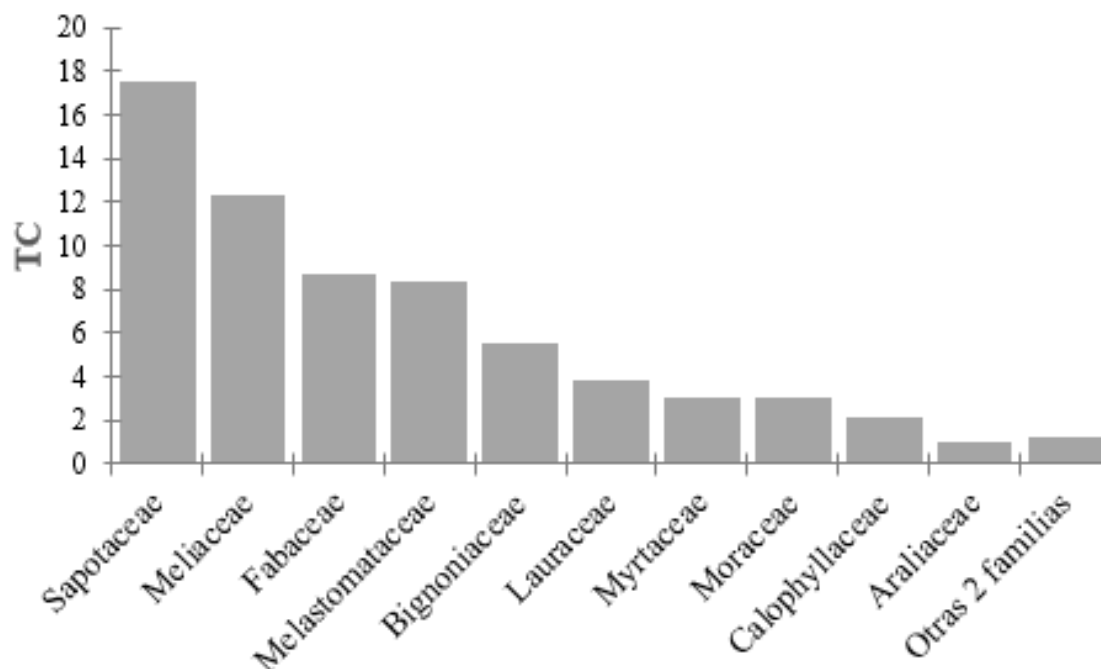
Carbono almacenado según familias de especies en parcelas en bosques secundarios de 25 años



En cuanto a las familias en las sub parcelas se determinó un total de 66,67 TC; siendo las diez familias de especies más representativas en su conjunto registraron el 98,09 % (65,40 TC), los cuales fueron: Sapotaceae 26,25 % (17,50 TC), Meliaceae 18,48 % (12,32 TC), Fabaceae 13,01 % (8,67 TC), Melastomataceae (8,30 TC), Bignoniaceae 8,25 % (5,50 TC), Lauraceae 5,78 % (3,85 TC), Myrtaceae 4,58 % (3,05 TC), Moraceae 4,52 % (3,01 TC), Calophyllaceae 3,25 % (2,17 TC) y Araliaceae 1,53 % (1,02 TC); en tanto, el carbono almacenado de las otras 2 familias en su conjunto representó el 1,91 % (1,27 TC) (Figura 33).

Figura 33

Carbono almacenado según familias de especies en sub parcelas en bosques secundarios de 25 años

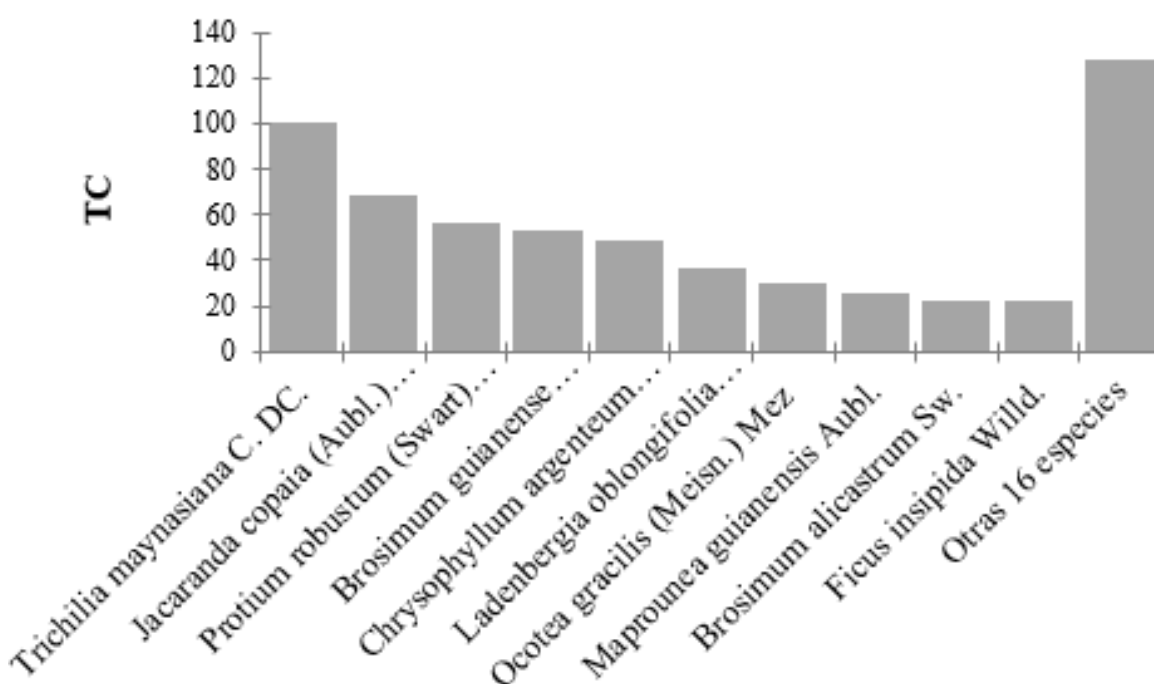


Estimación de carbono almacenado en bosques secundarios de 30 años

En los bosques secundarios de 30 años, en cuanto a especies se determinó 591,78 TC almacenado, donde en conjunto las diez especies más representativas en las parcelas registraron el 78,39 % (463,93 TC), los cuales fueron: *Trichilia maynassiana* C. DC. 17,06 % (100,99 TC), *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don 11,54 % (68,28 TC), *Protium robustum* (Swart) Porter 9,59 % (56,75 TC), *Brosimum guianense* (Aubl.) Huber 9,01 % (53,35 TC), *Chrysophyllum argenteum* Jacq. 8,19 % (48,44 TC), *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. ex Mutis) L. Andersson 6,09 % (36,05 TC), *Ocotea gracilis* (Meisn.) Mez 5,07 % (30,00 TC), *Maprounea guianensis* Aubl. 4,24 % (25,07 TC), *Brosimum alicastrum* Sw. 3,83 % (22,68 TC) y *Ficus insipida* Willd 3,77 % (22,33 TC); en tanto, el carbono almacenado de las otras 16 especies en su conjunto representó el 21,61 % (127,85 TC) (Figura 34).

Figura 34

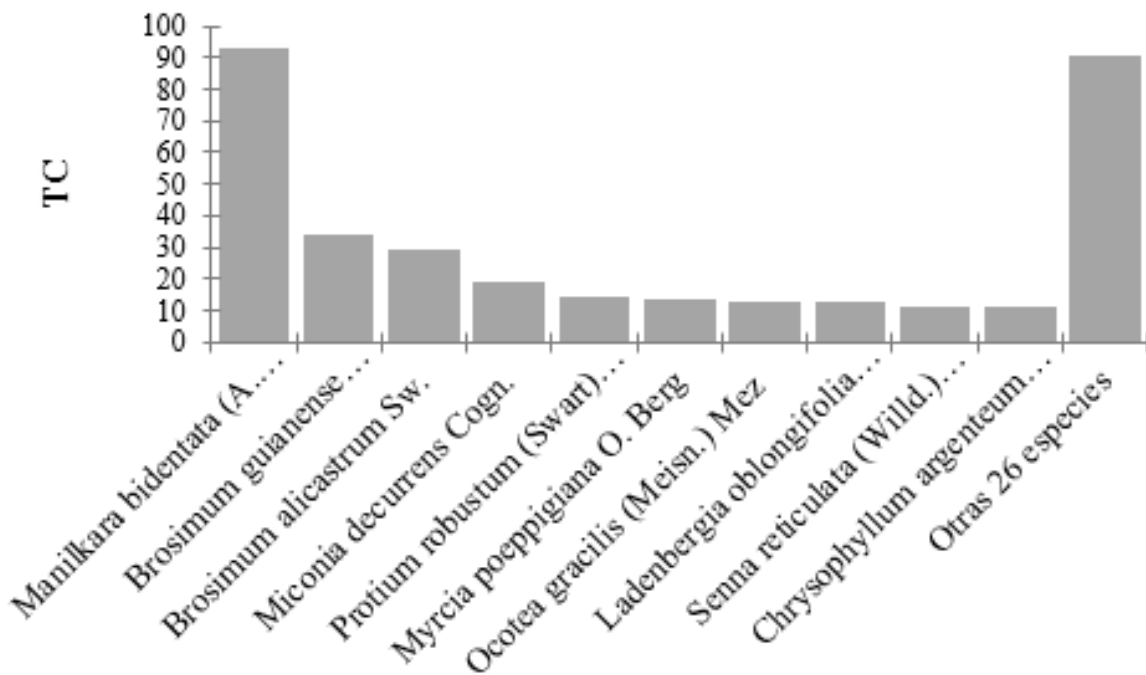
Carbono almacenado según especies en parcelas en bosques secundarios de 30 años



En cuanto a especies en las sub parcelas registraron un total de 342,04 TC almacenado; donde en conjunto las diez especies más representativas registraron el 73,54 % (251,56 TC), los cuales fueron: *Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev. 27,25 % (93,22 TC), *Brosimum guianense* (Aubl.) Huber 9,86 % (33,72 TC), *Brosimum alicastrum* Sw. 8,54 % (29,21 TC), *Miconia decurrens* Cogn 5,50 % (18,82 TC), *Protium robustum* (Swart) Porter 4,17 % (14,26 TC), *Myrcia poeppigiana* O. Berg 4,06 % (13,88 TC), *Ocotea gracilis* (Meisn.) Mez 3,83 % (13,10 TC), *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. ex Mutis) L. Andersson 3,70 % (12,66 TC), *Senna reticulata* (Willd) H.S. Irwin Barneby 3,38 % (11,56 TC) y *Chrysophyllum argenteum* Jacq. 3,25 % (11,13 TC); en tanto, el carbono almacenado de las otras 26 especies en su conjunto representó el 26,46 % (90,51 TC) (Figura 35).

Figura 35

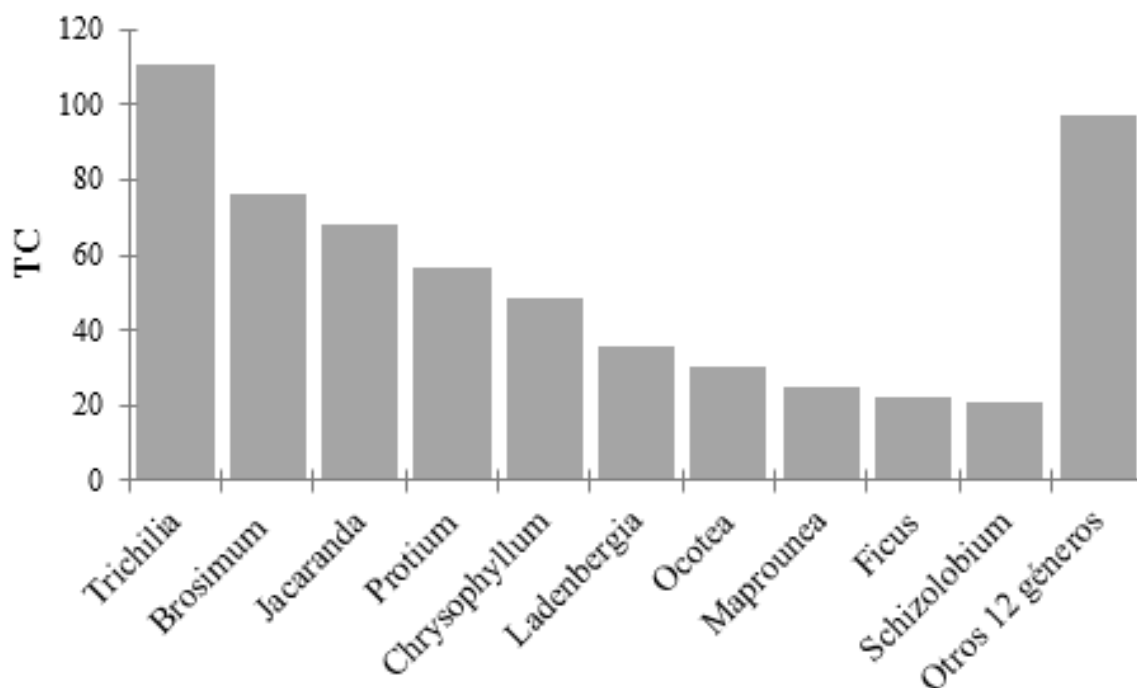
Carbono almacenado según especies en sub parcelas en bosques secundarios de 30 años



Los géneros en las parcelas registraron un total de 591,78 TC almacenado; donde los diez géneros más representativos en su conjunto registraron el 83,54 % (494,38 TC), los cuales fueron: *Trichilia* 18,68 % (110,57 TC), *Brosimum* 12,85 % (76,03 TC), *Jacaranda* 11,54 % (68,28 TC), *Protium* 9,59 % (56,75 TC), *Chrysophyllum* 8,19 % (48,44 TC), *Ladenbergia* 6,09 % (36,05 TC), *Ocotea* 5,07 % (30,00 TC), *Maprounea* 4,24 % (25,07 TC), *Ficus* 3,77 % (22,33 TC) y *Schizolobium* 3,53 % (20,87 TC); en tanto, el carbono almacenado de los otros 12 géneros en su conjunto representó el 16,46 % (97,40 TC) (Figura 36).

Figura 36

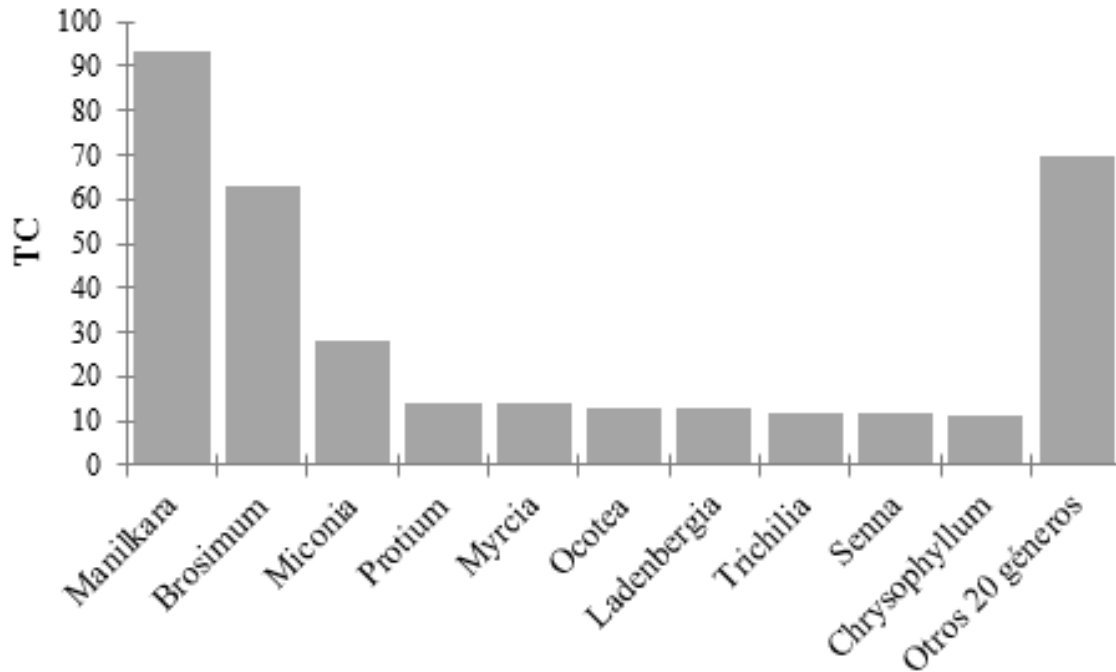
Carbono almacenado según géneros de especies en parcelas en bosques secundarios de 30 años



En cuanto a los géneros en las sub parcelas registraron un total de 342,06 TC almacenado; donde los diez géneros más representativos en su conjunto registraron el 79,68 % (272,56 TC), los cuales fueron: *Manilkara* 27,25 % (93,22 TC), *Brosimum* 18,40 % (62,93 TC), *Miconia* 8,17 % (27,93 TC), *Protium* 4,17 % (14,26 TC), *Myrcia* 4,06 % (13,88 TC), *Ocotea* 3,83 % (13,10 TC), *Ladenbergia* 3,70 % (12,66 TC), *Trichilia* 3,48 % (11,90 TC), *Senna* 3,38 % (11,56 TC) y *Chrysophyllum* 3,25 % (11,13 TC); en tanto, el carbono almacenado de los otros 20 géneros en su conjunto representó el 23,32 % (69,50 TC) (Figura 37).

Figura 37

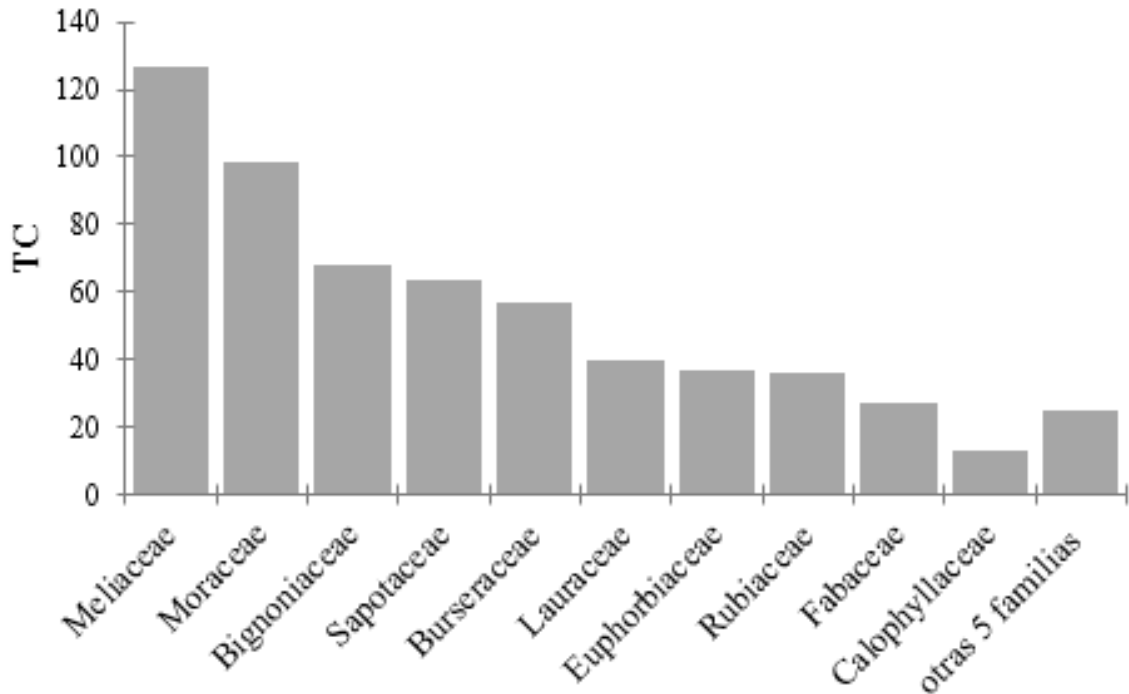
Carbono almacenado según géneros de especies en sub parcelas en bosques secundarios de 30 años



Con respecto a las familias en las parcelas se obtuvo un total de 591,78 TC almacenado; donde las diez familias más representativas en su conjunto registraron el 95,78 % (566,85 TC), los cuales fueron: Meliaceae 21,47 % (127,05 TC), Moraceae 16,62 % (98,36 TC), Bignoniaceae 11,54 % (68,28 TC), Sapotaceae 10,79 % (63,88 TC), Burseraceae 9,59 % (56,75 TC), Lauraceae 6,68 % (39,53 TC), Euphorbiaceae 6,25 % (36,97 TC), Rubiaceae 6,09 % (36,05 TC), Fabaceae 4,61 % (27,28 TC), y Calophyllaceae 2,15 % (12,71 TC); en tanto, el carbono almacenado de las otras 5 familias en su conjunto representó el 4,22 % (24,93 TC) (Figura 38).

Figura 38

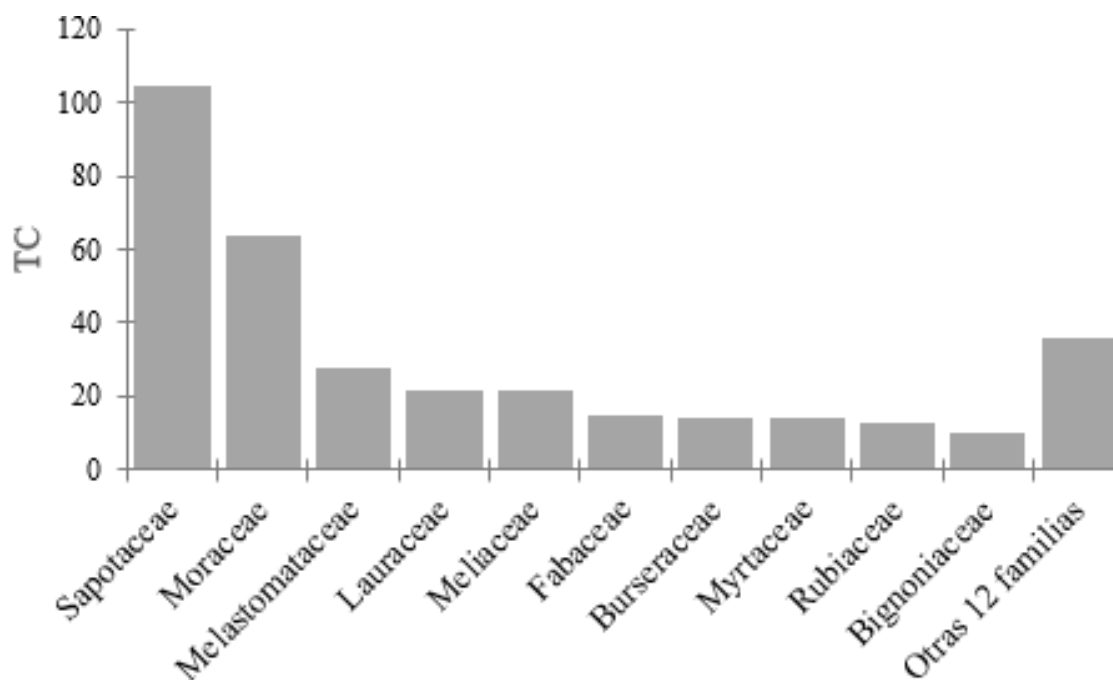
Carbono almacenado según familias de especies en parcelas en bosques secundarios de 30 años



Las familias en las sub parcelas registraron un total de 342,064 TC almacenado; donde las diez familias más representativas en su conjunto registraron el 89,46 % (306,03 TC), los cuales fueron: Sapotaceae 30,51 % (104,35 TC), Moraceae 18,73 % (64,08 TC), Melastomataceae 8,17 % (27,93 TC), Lauraceae 6,42 % (21,96 TC), Meliaceae 6,31 % (21,57 TC), Fabaceae 4,37 % (14,94 TC), Burseraceae 4,17 % (14,26 TC), Myrtaceae 4,06 % (13,88 TC), Rubiaceae 3,70 % (12,66 TC) y Bignoniaceae 3,04 % (10,41 TC); en tanto, el carbono almacenado de las otras 12 familias en su conjunto representó el 10,54 % (36,04 TC) (Figura 39).

Figura 39

Carbono almacenado según familias de especies en sub parcelas en bosques secundarios de 30 años



Los resultados obtenidos en esta investigación con respecto a la captura de carbono en el bosque secundario de 25 años en 3 ha almacenó un total de 67,20 TC.ha⁻¹; mientras que en el bosque secundario de 30 años en 47 ha almacenó 62,26 TC.ha⁻¹, en total las 50 ha de bosque en la Zocre Morro de Calzada almacenaron 129,45 TC.ha⁻¹ (Tabla 8).

Tabla 8

Captura de carbono del bosque secundario con 25 y 30 años

Carbono almacenado en los bosques secundarios	
25 años (3 has)	67,20 TC.ha ⁻¹
30 años (47 has)	62,26 TC.ha ⁻¹
Total	129,45 TC.ha ⁻¹

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

4.1. Con respecto a la diversidad florística en los bosques secundarios

Los resultados obtenidos mostraron que los bosques secundarios de 25 y 30 años de la Zocre Morro de Calzada, presentaron 53 especies, 40 géneros y 25 familias; asimismo, Mena y Andrade (2021) en la investigación en el bosque secundario de 10 años del pacífico de Colombia identificaron 50 especies, 46 géneros y 29 familias; mientras que, Paredes *et al.* (2020) en un bosque secundario de 29 años en Ecuador como resultado obtuvieron 49 especies, 36 géneros y 27 familias; por otro lado Guerrero e Imbaquingo (2020) en un bosque secundario de aproximadamente 50 años de edad obtuvieron 97 individuos 20 familias y 38 especies; estas diferencias podrían deberse a la calidad del suelo, los suelos con pendientes presenta una mayor erosión, el tiempo de uso de los suelos y tipos de bosque.

Con relación a las especies más abundantes fueron: *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, *Brosimum guianense* (Aubl.) Huber, *Trichilia maynasiana* C. DC., *Protium robustum* (Swart) Porter, *Chrysophyllum argenteum* Jacq. y *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. ex Mutis) L. Andersson; sin embargo, Mena y Andrade (2021) en su investigación en Colombia en un bosque secundario indicaron como especies de mayor abundancia a: *Inga* sp., *Jacaranda copaia*, *Trichilia poeppigii*, *Apeiba membranacea* y *Sacoglottis* sp.; al comparar ambos resultados la especie que coincide es la especie *Jacaranda copaia*, esta diferencia probablemente esté asociados a factores como la altitud, tipos de suelo, régimen climático y geología Schargel (2007).

Con respecto a los géneros más comunes en los bosques de 25 y 30 años fueron *Brosimum*, *Jacaranda*, *Trichilia*, *Miconia*, *Protium* y *Crysophillum*, por otro lado, según Córdova (2020) para dos bosques secundarios de 18 y 30 años respectivamente obtuvo como géneros más diversos a *Roupala* y *Clusia*; si bien ambas áreas de estudio corresponden a la Amazonía, probablemente la no coincidencia en el género de especies se debe a la diferencia en el nivel de altitud de las áreas de estudio, debido a que los bosques secundarios en estudio del mencionado autor se encuentran entre los 1 798 y 1 826 m s.n.m. a mayor nivel de altitud en relación al Morro de Calzada donde los bosques se sitúan a menos de los 1 024 m s.n.m. Sin embargo, en el estudio realizado por Paredes *et al.* (2020) en un bosque secundario de 29 años el género con mayor abundancia que coincide con esta investigación fue el género *Miconia*; esto posiblemente se a una amplia distribución altitudinal del género *Miconia*.

En los bosques secundarios del Morro de Calzada las familias más abundantes fueron: Moraceae, Meliaceae, Bignoniaceae, Sapotaceae, Lauraceae y Fabaceae a comparación del bosque secundario de 10 años estudiado por Mena y Andrade (2021) en la sub cuenca del río Munguidó en Colombia, fue Fabaceae, Bignoniaceae, Meliaceae, Hypericaceae y Moraceae y el bosque secundario de 30 y 20 años de edad estudiado por Quintero *et al.* (2020) en el bosque del Valle de Chanchamayo, Junín, obtuvieron como familias más representativas a: Fabaceae, Lauraceae, Moraceae y Meliaceae. En conclusión, estos dos estudios tienen un gran porcentaje de coincidencia con esta investigación esto debido a que probablemente, estén asociados a factores como la altitud, tipos de suelo, régimen climático, geología, humedad y la adaptabilidad de estas familias de especies.

Tras los resultados obtenidos del índice de Shannon-Wiener en el bosque secundario de 25 años varió de 4,09 bits/ind. a 4,28 bits/ind. lo cual presentó una mayor diversidad de especies en la zona y similar al bosque secundario de 30 años donde el valor de índice de Shannon-Wiener fue reportado entre 3,06 bits/ind. a 4,21 bits/ind. a comparación con los resultados encontrados por Guerrero e Imbaquingo (2020) en un bosque secundario de aproximadamente 50 años de edad, con valores de diversidad alta de 3,50 a 3,96 bit/ind.; mientras que Matute y Dávila (2023) en un bosque secundario de 25 años presentó una diversidad baja de especies de 3,32 bit/ind.; ya que según Margalef (1972) si el índice de Shannon-Wiener presenta una diversidad de 2 a 3.5 entonces habrá una diversidad baja en

ese bosque; mientras que superior a esa cifra es una diversidad alta. Entonces estas altas y bajas de diversidades probablemente se deban a las condiciones ambientales y la pendiente de altitud.

Asimismo, el índice de Simpson en el bosque secundario de 25 años varió de 0,93 a 0,94, lo cual presentó una diversidad alta y similar al bosque secundario de 30 años de edad donde el valor de índice de Simpson presentó una diversidad alta entre 0,85 a 0,94 correspondientemente, en cambio, Guerrero e Imbaquingo (2020) en el bosque secundario de aproximadamente 50 años de edad en la cuenca media del río Intag encontraron que el índice fue entre 0,90 a 0,93; por otro lado Matute y Dávila (2023) en un bosque secundario de 25 años presentó una mayor diversidad de 0,94; en ambos estudios los valores diversidad Simpson es alta ya que los valores son próximos a 1, lo cual podría indicar que no hay mucha dominancia de especie, esto probablemente se deba a que se encuentra en proceso de recuperación, y por ende se produjo continuos recambios de especies, disminuyendo en este proceso la dominancia.

En el presente estudio de índice de Jaccard los valores de similitud de especies evaluadas de los bosques secundarios de 25 y 30 años de edad poseen una similitud de 47 % entre la parcela 17 y el resto de las parcelas muestreadas, tuvieron una similitud de un poco más de 45 % respectivamente. Matute y Dávila (2023) en el bosque secundario de 25 años de edad obtuvieron los valores de índice de Jaccard un 83,86 %; por otro lado, Brenes-Chaves *et al.* (2019) en un bosque secundario de 20 a 30 años de edad presentaron un índice de Jaccard de 38 %. Con el primer autor no hay gran similitud de los bosques podría deberse a la diferencia altitudinal entre estos dos lugares y a las propias características que tiene cada zona; sin embargo, con el segundo autor, se asemeja debido a que podría tener las mismas características del suelo y mismo tiempo de establecimiento.

4.2. Con respecto a la estructura vertical y horizontal de los árboles mayores de 10 cm de DAP

En el bosque secundario de 25 años el mayor y menor número de árboles para la clase diamétrica fue de 31 – 35 cm y 21 – 25 cm, en cambio, en el bosque secundario de 30 años

la mayor cantidad de árboles de clase diamétrica fue de 31 – 35 cm y la menor cantidad fue 26 – 30 cm; en cambio, en cambio Brenes-Chaves *et al.* (2019) en un bosque secundario de 20 a 30 años de edad en Costa Rica obtuvieron individuos con mayor cantidad entre los diámetros de 10 a 19 cm y en menor cantidad en la clase diamétrica de 70 cm, estas diferencias posiblemente podrían darse a factores como son la deforestación que se encontró en el área de estudio y que el bosque de comparación posiblemente ya tenía árboles remanentes al momento de regenerarse.

Asimismo, en los bosques secundarios de 25 años el mayor y menor número de árboles fue para la clase de altura de 17 – 19 m y ≤ 7 m, respectivamente y en el bosque secundario de 30 años la mayor cantidad de árboles fueron de clase de altura de > 22 m y la menor cantidad fueron de la clase de altura de ≤ 7 m. Paredes *et al.* (2020) determinó en un bosque secundario de 29 años de la estación biológica Pinto Mirador, Pastaza, en Ecuador, la mayor abundancia de árboles fue concentrada en la clase de altura de 8,00 a 13,99 m y la menor abundancia fue en la clase de altura de 20,00 a 25,99 m; estos resultados al ser comparados mostraron que en el bosque secundario del Morro de Calzada, presentó una mayor cantidad de árboles con mayor clase de altura con respecto al bosque secundario estudiado por el autor Paredes y colaboradores, la principal diferencia está definida por el tiempo de establecimiento que tienen estos bosques.

4.3. En referencia a la biomasa aérea de árboles mayores de 10 cm de DAP

En el bosque secundario de 25 años de la Zocre Morro de Calzada se registró una biomasa aérea de 134,40 T.ha⁻¹, el valor fue mucho mayor a la biomasa aérea de 82,10 T.ha⁻¹ encontrado por Lapeyre *et al.* (2004) en la región San Martín en el distrito de La Banda de Shilcayo en un bosque secundario de 20 años de edad; dado que ambos estudios presentaron tanto la misma ubicación como condiciones ambientales, probablemente, las diferencias en la biomasa aérea se podría deber a la edad de los bosques, ya que en el bosque de 20 años se encontró árboles con diámetros menores de 30 cm, mientras que en el bosque estudiado superó al DAP, lo mismo ocurrió en cuanto a la riqueza de especies y densidad de la madera. El bosque secundario de 30 años en la Zocre Morro de Calzada registró una biomasa aérea de 124,51 T.ha⁻¹ en 47 ha, el valor fue mayor a la biomasa aérea registrada por Córdova (2020), estudio realizado en Ecuador en dos bosques secundarios de 18 y 30 años de edad,

el primer bosque con 8,15 ha obtuvo 33,57 T.ha⁻¹ y el segundo bosque secundario con 5,39 ha registró 111,46 T.ha⁻¹; estos valores posiblemente se deben a la gran deforestación que se observa en la parte baja del área de estudio de investigación.

El bosque secundario de 30 años de la Zocre Morro de Calzada se registró una biomasa aérea de 124,51 T.ha⁻¹. Asimismo, Tacarpo (2018) obtuvo en 57 ha una biomasa aérea de 37,95 T.ha⁻¹ en el departamento de Ancash. Estas diferencias probablemente estén asociados a factores como la altitud, tipos de suelo, régimen climático y geología Schargel (2007). Además, son bosques que tienen poca intervención antrópica.

4.4. Con respecto a carbono almacenado en la parte aérea en los árboles mayores de 10 cm de DAP

El bosque secundario de 25 años de la Zocre Morro de Calzada almacenó 67,20 TC.ha⁻¹ de carbono, los cuales son similares los resultados que reportaron Quiliano y Torres (2022), donde almacenó una cantidad de 71,91 TC.ha⁻¹ de carbono en un bosque secundario de 18 años en Ucayali, Perú, se evidenció que entre ambos estudios presentaron una diversidad florística similar, ya que las especies comunes entre ambos estudios pertenecen a la familia Fabaceae, almacenando mayor cantidad de carbono; se podría deber a la edad casi similar de los dos bosques estudiados.

Se determinó que el bosque secundario de 30 años almacenó una cantidad de 62,26 TC.ha⁻¹ de carbono en 47 ha. resultados similares obtuvo Vargas (2008) en un bosque secundario de 30 años en 50 ha almacenó 56,10 TC.ha⁻¹ en Pucayacu, Huánuco; lo cual se podría deber a factores como condiciones ambientales (clima, suelo, geografía, etc.) de los bosques, composición, estructura florística de los bosques y características morfológicas de árboles (altura y DAP). Otro valor similar obtuvo Dossantos (2014), en 1 ha el carbono que almacenó fue 63,24 TC.ha⁻¹ de Loreto (Perú); sin embargo, los resultados del presente estudio son similares a las otras investigaciones, probable las diferencias se deban a factores físicos y edáficos como erosión y la composición florística; además, del método empleado para determinar tanto la biomasa como carbono almacenado.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

- Las especies presentes en los bosques secundarios de 25 y 30 años de edad en la Zocre del Morro de Calzada registraron un total de 459 individuos, como parte de la diversidad florística se reporta 53 especies, 40 géneros y 25 familias; entre las familias más abundantes están Moraceae, Meliaceae, Bignoniaceae y Sapotaceae. Ambos tipos de bosques presentan una similitud de especies de un poco más del 45 %.
- En el bosque secundario de 25 años, las especies con mayor diámetro tienen una clase diamétrica de 31 a 35 cm, con una altura entre 17 a 19 m; mientras que, en el bosque secundario de 30 años de edad, presentan un rango de 31 a 35 cm, con una altura mayor a 22 m, lo que evidencia una regeneración natural.
- Con respecto a la biomasa aérea obtenida en el bosque secundario de 25 años fue 134,40 T.ha⁻¹, donde la especie, género y familia con mayor biomasa aérea fue: *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. ex Mutis) L. Andersson (37,91 T), *Ladenbergia* (37,91 T) y Rubiaceae (37,91 T); mientras que en las sub parcelas fueron: *Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev. (24,74 T), *Manilkara* (24,74 T) y Sapotaceae (35,00 T) respectivamente.
- En la biomasa aérea en los bosques secundarios de 30 años se obtuvo 124,51 T.ha⁻¹, donde la especie, género y familia con mayor biomasa aérea en las parcelas fueron: *Trichilia maynasiana* C. DC. (201,98 T), *Trichilia* (221,13 T) y Meliaceae (254,09 T); mientras que en las sub parcelas fueron: *Manilkara bidentata* (A DC.) a. Chev. (254,09 T), *Manilkara* (186,44 T) y Sapotaceae (208,70 T), respectivamente; es por ello que la mayor cantidad de biomasa aérea registrada fue en el bosque secundario de 25 años y también se logró determinar que la especie *Manilkara bidentata* (A DC.) a. Chev. (254,09 T), género *Trichilia* (221,13 T) y la familia Meliaceae (254,09 T) fueron los que registraron mayor biomasa aérea entre ambos tipos de bosques.

- La estimación de carbono almacenado en el bosque secundario de 25 años fue 67,20 TC.ha⁻¹, donde la especie, género y familia que almacena mayor carbono fue *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. ex Mutis) L. Andersson (18,96 TC), *Ladenbergia* (18,96 TC) y Rubiaceae (18,96 TC) y el carbono almacenado en las sub parcelas fueron: *Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev. (12,37 TC), *Manilkara* (12,37 TC) y Sapotaceae (17,50 TC).
- En los bosques secundarios de 30 años la estimación almacenada fue 62,26 TC.ha⁻¹, donde la especie, género y familia con mayor almacenamiento de carbono en las parcelas fueron; *Trichilia maynasia* C. DC. (100,99 TC), *Trichilia* (110,57 TC) y Meliaceae (127,05 TC) y el carbono almacenado en las sub parcelas fueron: *Manilkara bidentata* (A DC.) a. Chev. (93,22 TC), *Manilkara* (254,09 TC) y Sapotaceae (104,35 TC).
- Los resultados obtenidos determinan que la Zocre Morro de Calzada es un excelente sumidero de carbono, debiéndose al reflejo de los resultados obtenidos en las 3 ha pertenecientes al bosque secundario de 25 años (67,20 TC.ha⁻¹) y en las 47 ha que corresponden al bosque secundario de 30 años (62,26 TC.ha⁻¹), generando un total de 129,45 T de carbono en las 50 ha de bosque secundario.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

- Se debe realizar planes de reforestación o permitir que las áreas deforestadas recuperen su cobertura vegetal con la finalidad de contribuir la disminución del efecto del cambio climático.
- Desarrollar programas de educación ambiental referidos a la conservación y protección de los bosques secundarios, para que estas áreas recuperen su composición florística inicial en la Zocre Morro de Calzada.
- Se recomienda desarrollar estudios sobre estimación de biomasa aérea en bosques secundarios en otras zonas del Alto Mayo, debido a la abundancia de este tipo de bosques antropizados y así mismo, dar a conocer el gran impacto positivo que representa este tipo de bosque en nuestro medio ambiente.
- Se recomienda que en la Zocre Morro de Calzada se debe implementar pagos por compensación de servicios ecosistémicos, dado que este bosque secundario es un excelente sumidero de carbono, de manera que, ayudan amortiguar los efectos del cambio climático.

REFERENCIAS

- Agudelo, G., Aigner, M. y Ruiz, J. (2008). Experimental y no-experimental. *Revista la Sociología en sus escenarios*, (18).
<https://revistas.udea.edu.co/index.php/ceo/article/view/6545>
- Aguinaco, V. J. (2008). Captura y almacenamiento de dióxido de carbono. *Academia de Ingeniería*.
http://www.ai.org.mx/ai/archivos/coloquios/6/Captura_y_Alamacenamiento_de_Dioxido_de_Carbono.pdf
- Armstrong, F. B. y Bennett, T. P. (1982). Bioquímica. Reverte.
<https://books.google.com.gt/books?id=aDPwknCkRgC&printsec=copyright&hl=es#v=onepage&q&f=true>
- Brenes-Chaves, L., Méndez-Cartín, A. L., Sánchez-Toruño, H., Montero-Flores, W., Barquero-Elizondo, A. I y Hernández-Sánchez, L. G. (2019). Análisis de la composición y estructura del bosque secundario en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Ostional, Guanacaste, con miras a su restauración. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 16(39), 33-42. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v16i39.4417>
- Brower, J.E. y Zar, J.H. (1984). Field and laboratory methods for general ecology. *Revista Dubuque*. Pp. 226.
<https://kp.esaunggul.ac.id/scholarhub/field%20and%20laboratory%20methods%20for%20general%20ecology.pdf>
- Calle, D. D. (2017). *Estimación del potencial de captura de carbono de un bosque secundario en el sector Lago Avispa y su contribución como sumideros naturales frente al cambio climático, Requena* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Martín. Moyobamba, Perú]. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3190>
- Calderón, M. R. y Lozada, V. S. (2010). *Determinación de biomasa y contenido de carbono en plantaciones forestales de *Polylepis incana* y *Polylepis reticulata** [Tesis de Bachillerato, Escuela Politécnica Nacional, Quito].
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2060/1/CD-2872.pdf>
- Céspedes, F. E., Fernández, J. A., Gobbi, J. A. y Bernardis, A. C. (2012). Reservorio de carbono en suelo y raíces de un pastizal y una pradera bajo pastoreo. *Revista fitotecnia mexicana*, 35(1), 79. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v35n1/v35n1a11.pdf>
- Cordero, D., Moreno-Díaz, A. y Kosmus, M. (2008). Manual para el desarrollo de mecanismos

de pago/compensación por servicios ambientales. GTZ/Inwent, Lima.
http://www.oea.org/dsd/pes/course2/documentos/manual_psa_gtz.pdf

- Córdova, M. E. (2020). *Determinación del carbono aéreo de dos bosques secundarios, en la zona de Intag-Imbabura* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador]. <http://repositorio.ut.edu.ec/handle/123456789/10357>
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J. Q., Eamus, D., Folster H., Fromard F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.-P., Nelson, B. W., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B. y Yamakura, T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145(1), 87-99.
<https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>
- Chávez, J. P. (2018). *Captura y almacenamiento de carbono de los bosques estacionalmente secos de la costa norte (Lambayeque), como mitigación frente al cambio climático* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3346>
- Cuellar, J. E., Wolf, K. y Dietz, J. (2015). Patrón de cambios del carbono almacenado en el ecosistema debido al cambio de uso del bosque tropical en la Cuenca de Aguaytía, Perú. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).
<http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/382>
- Dossantos, E. J. (2014). *Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea del bosque primario y bosque secundario de la parcela "muro huayra", en la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, Iquitos-Peru* [Tesis de grado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/2510/Almacenamiento%20de%20carbono%20en%20la%20biomasa%20a%C3%A9rea%20del%20bosque%20primario%20y%20bosque%20secundario.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Duval, V.S. y Cámara, R. (2021). Diversidad y captura de carbono en un bosque secundario de Caldén (*Prosopis caldenia*) en la Pampa, Argentina. *Revista electrónica Estudios Geográficos*, 82 (291).
<https://estudiosgeograficos.revistas.csic.es/index.php/estudiosgeograficos/article/view/1051/1257>
- Dzawanda, B. y Ncube, S. (2020). An assessment of vegetation cover changes and soil erosion hazard in muzvezve sub-catchment area, Zimbabwe. *African Geographical Review*, 41(1), 125–142. <https://doi.org/10.1080/19376812.2020.1856156>
- Farfán, C. H. (2019). *Efecto invernadero* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo]. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/15726>

- García, J. L. y Martínez, M. J. (2014). Biomasa y biotecnología: Biología Medioambiental. *Centro de Investigación Biológicas del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid*.
https://digital.csic.es/bitstream/10261/137345/5/Sem%40aforo_2014_Garcia_Martinez.pdf
- Guerrero, H. D. y Imbaquingo, J. L. (2020). *Diversidad y potencial de almacenamiento de carbono de un bosque secundario en la cuenca media del río Intag* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador].
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10387>
- Intriago, J. A. (2001). *Análisis dinámico de la deforestación en el Ecuador* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador].
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4048/1/6576.pdf>
- Jaramillo, V. J. (2004). El ciclo global del carbono. *Cambio climático: una visión desde México*, 77(1), 77-85.
[http://www.data.sedema.cdmx.gob.mx/cambioclimaticocdmx/images/biblioteca_cc/Cambio-climatico-una-vision-desde-Mexico-\(Julia-Martinez-y-Adrian-Fernandez-Bremauntz-compilado.pdf](http://www.data.sedema.cdmx.gob.mx/cambioclimaticocdmx/images/biblioteca_cc/Cambio-climatico-una-vision-desde-Mexico-(Julia-Martinez-y-Adrian-Fernandez-Bremauntz-compilado.pdf)
- Kafy, A. A., Faisal, A. A., Rakib, A. A., Fattah, M. A., Rahaman, Z. A. y Sattar, G. S. (2022). Impact of vegetation cover loss on surface temperature and carbon emission in a fastest-growing city, Cumilla, Bangladesh. *Revisit Building and Environment*, 208, 108573.
<https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2021.108573>
- Krebs, C. J. (1985). Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. Segunda edición. HARLA, S.A. México, 753. <https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-UUID:16635/Description>
- Lapeyre, T., Alegre, J. y Arévalo, L. (2004). Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú. *Revista Ecología aplicada*, 3(1-2), 35-44. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162004000100006&script=sci_arttext&tlng=en
- Ley 29763 de 2015. Por la cual se expide la ley forestal y de fauna silvestre y sus reglamentos. (2015). Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú. <https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2016/03/LFFS-Y-SUS-REGLAMENTOS.pdf>
- Magurran, A. E. (1988). Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press,

New Jersey
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=X7b7CAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP7&dq=Magurran,+A.+E.+\(1988\).+Ecological+diversity+and+its+measurement.+Princeton+University+Press,+New+Jersey.&ots=daq8UjFnHh&sig=sGUquoJ09sSBMrEqZF6lkyYKmlY#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=X7b7CAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP7&dq=Magurran,+A.+E.+(1988).+Ecological+diversity+and+its+measurement.+Princeton+University+Press,+New+Jersey.&ots=daq8UjFnHh&sig=sGUquoJ09sSBMrEqZF6lkyYKmlY#v=onepage&q&f=false)

Maquera, D. (2017). *Determinación del contenido de carbono por especie forestal en el bosque del CIP Camacani-UNA-Puno por titulación* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno].
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6183/Maquera_Maquera_Delia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Margalef, R. 1972. Homage to E. Hutchison, or why is there an upper limit to diversity. *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences* 44: 21-235.
<https://digital.csic.es/handle/10261/166281>

Martínez, A. y Leyva, A. (2014). La biomasa de los cultivos en el ecosistema. Sus beneficios agroecológicos. *Revista Cultivos Tropicales*, 35(1), 11-20.
<https://www.redalyc.org/pdf/1932/193230069002.pdf>

Matute, D. E. y Dávila, J. S. (2023). *Diversidad, estructura y distribución espacial de especies arbóreas en bosque montano primario y secundario de una estribación oriental del sur del Ecuador* [Tesis de grado, Universidad del Azuay].
<http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/12692>

Mena, V. E. y Andrade, H.J. (2021). Potencial de reducción de emisiones y captura de carbono en bosques y sistemas agroforestales con cacao en el Pacífico colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 69(4), 1252-1263. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442021000401252&script=sci_arttext

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2011). Guía de evaluación de la flora silvestre. Lima, Perú. <http://www.bosques.gob.pe/archivo/Apuntes-del-Bosque-N1.pdf>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2015). Guía de Inventario de flora y vegetación. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2683-guia-de-inventario-de-la-flora-y-vegetacion>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2019). Apuntes del Bosque N° 1. Cobertura y deforestación en los bosques húmedos amazónicos 2018. <http://www.bosques.gob.pe/archivo/Apuntes-del-Bosque-N1.pdf>

- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2022). San Martín: Reporte Estadístico Departamental, Diciembre 2021. SINIA, Sistema Nacional de Información Ambiental. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/san-martin-reporte-estadistico-departamental-diciembre-2021>
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo [MINCETUR]. (2011). Perú: Aspectos Generales. San Martín. <https://www.gob.pe/institucion/mincetur/noticias/68412-mincetur-potencia-experiencia-turistica-en-morro-de-calzada>
- Moreno, C.E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp. <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Municipalidad Distrital de Calzada (2019). Mejoramiento de la cadena productiva del cacao y el café en el distrito de Calzada, provincia de Moyobamba – Región de San Martín (Documentos de la Municipalidad sin publicar).
- Naranjo, A. (2013). Evolución y conservación de los bosques en Canarias. Colegio Oficial de Ingenieros de Montes. <https://accedacris.ulpgc.es/handle/10553/106445>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2016). *Los Bosques y el Cambio Climático en el Perú*. <http://www.fao.org/3/i5184s/i5184s.pdf>
- Ortega, S. C., García-guerrero, A., Ruíz, C. A., Sabogal, J., Vargas, J. D., Arjona, F. y Gonzales, A. (2010). Deforestación Evitada. Una Guía REDD + Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Conservación Internacional Colombia; Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF); The Nature Conservancy; Corporación Ecoversa; Fundación Natura; Agencia de Cooperación Americana (USAID); *Patrimonio Natural - Fondo para la Biodiversidad y Áreas Protegidas y Fondo para la Acción Ambiental*. Bogotá. 72p. https://www.pidamazonia.com/sites/default/files/listado/CARTILLA.REDD_COLOMBIA.pdf
- Otzen, T. y Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a estudio. *Revista International journal of morphology*, 35(1), 227-232. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-95022017000100037&script=sci_arttext
- Paredes, C. O., Ferro, J. y Lozano, P. (2020). Estructura arbórea en el bosque secundario de la Estación Biológica Pindo Mirador, Pastaza, Ecuador. *Arnaldoa*, 27(2), 535-552. <http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.272.27206>
- Pérez-Urria, E. (2011). Fotosíntesis: aspectos básicos. *Reduca (Biología)*, 2(3).

<http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/793>

- Quiliano, A. C. y Torres, L. R. (2022). Potencial maderable, biomasa y captura de carbono en áreas abandonadas por el cultivo de *Erythroxylum coca* Lam. (coca) en Irazola–Ucayali, Perú. *Revista Forestal del Perú*, 37(2), 109-122. <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/view/1952/2482>
- Quintero, F., Cáceres, B.M., Reynel C.A., Fernandez, W.S., Chávez, J.M. y Palacios, S.C. (2020). Tiempos de recomposición de la diversidad arbórea a lo largo de la sucesión vegetal en los bosques del valle de Chanchamayo, Junin, Peru. *Revista Ecología Aplicada*, 19(2), 111 – 120. Chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v19n2/1726-2216-ecol-19-02-111.pdf
- Reid, J. L., Fagan, M. E., Slaughter, J. y Zahawi, R. A. (2018). The ephemerality of secondary forests in southern Costa Rica (Lo efímero de los bosques secundarios en el sur de Costa Rica). *Revista Conservation Letters*, 12(2). <https://doi.org/10.1111/conl.12607>
- Rendón, M., Hernández, P., Velázquez, A., Alcántara, J. y Reyes, V. (2021). Composición, diversidad y estructura de un bosque manejado del centro de México. *Revista Madera y Bosques*, 27(1), 1-19. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2712127>
- Rügnitz, M., Chacón, M. y Porro, R. (2009). Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Primera edición. Lima, Perú. *Ministerio de Agricultura, Lima (Peru)*. https://www.researchgate.net/publication/259176045_Guia_para_la_determinacion_de_carbono_en_pequenas_propiedades_rurales
- Sabogal, A. (2017). Bosques y cambio climático en el Perú. (Pontificia Universidad Católica del Perú. Instituto de Ciencias de la Naturaleza, Territorio y Energías Renovables INTE-PUCP). <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/134554?show=full>
- Schargel, R. (2007). Aspectos físico-naturales, geomorfología y suelos. Pp. 21-42. En: Duno de Stefano, R., Aymard, G. y O. Huber (Eds.), Catálogo anotado e ilustrado de la flora vascular de los llanos de Venezuela. Fundación para la defensa de la Naturaleza (FUDENA), Fundación Empresas Polar y Fundación Instituto Botánico de Venezuela. Caracas.
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR]. (2015). Interpretación de la dinámica de la deforestación en el Perú y lecciones aprendidas para reducirla. <https://keneamazon.net/Documents/SDG-Peru/PERUVIAN-AMAZON-DEFORESTATION-ANALYSIS-2017.pdf>

- Sierra, Y. (2021). Perú alcanza cifra de deforestación más alta en los últimos 20 años. Mongabay: Periodismo Ambiental Independiente en Latinoamérica. *MONGABAY Periodismo Ambiental Independiente en Latinoamérica*. <https://es.mongabay.com/2021/10/peru-aumenta-deforestacion-cifras-bosques/#:~:text=El%20a%C3%B1o%202020%20ha%20sido,bosques%20perdidos%20el%20a%C3%B1o%20anterior.>
- Sosa, J. O. (2016). *Valoración económica del secuestro de CO₂ en tres tipos de bosque en el distrito del Alto Nanay, Loreto-Perú-2014* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Iquitos]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/4283/Jorge_Tesis_Titulo_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Tacarpo, A.M. (2018). *Estimación del potencial de captura de carbono de las especies de flora predominante de la parte alta del bosque de la Comunidad Campesina de Tumpa – Provincia de Yungay, 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Áncash-Perú]. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2780>
- Vargas, M. L. (2008). *Estimación de carbono aéreo en bosque secundario, Pucayacu-Huánuco* [Trabajo de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/675>
- Vargas-Mena, A. y Yañez, A. (2004). La captura de carbono en bosques: ¿una herramienta para la gestión ambiental?. *Revista Gaceta Ecológica*, (70), 5-56. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2882569.pdf>
- Villacorta, A. (2017). *Análisis de la estructura horizontal y composición florística de dos bosques secundarios en la carretera Iquitos – Nauta, Loreto, Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2508>
- Villalobos, R. (2020). *El manejo forestal del bosque secundario como alternativa de uso de la tierra en la Zona Norte de Costa Rica* [Tesis de pregrado, Tecnológico de Costa Rica]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3346/chavez-suazo-jhoan-paola.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villoslada, J. E. (2018). *Evaluación del potencial ecosistémico de un bosque secundario y su influencia en la captura de carbono, en el sector Puerto Motilones, ciudad de Moyobamba* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín. Moyobamba]. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2625>

Waseem, S. y Khayyam, U. (2019). Loss of vegetative cover and increased land surface temperature: A case study of Islamabad, Pakistan (Pérdida de la cubierta vegetal y aumento de la temperatura de la superficie terrestre: UN estudio de caso de Islamabad, Pakistan). *Revista de producción más limpia*, 234, 972–983. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.06>.

Zelada, W.H. (2021). *Contenido de carbono en la biomasa arbórea del área urbana del distrito de Piura* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Piura]. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/3306>

Zanne, E., Lopez-Gonzalez, G., Coomes, A., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S. L., Miller, R. B., Swenson, N. G., Wiemann, M. C. y Chave, J. (2009). Data from: Towards a worldwide wood economics spectrum (Datos de: Hacia un espectro mundial de economía de la madera), Dryad, Dataset. <https://datadryad.org/stash/dataset/doi:10.5061/dryad.234>

TERMINOLOGÍA

Árbol

Se trata de una planta, de tronco leñoso, que se ramifica a una altura determinada del suelo, por lo tanto, posee un tronco principal (Naranjo, 2013).

Biomasa

Esta refiere a la presencia del total de elementos vivos de origen vegetal o animal, ya sea en un espacio determinado o lugar definitivo (García y Martínez, 2014).

Biomasa aérea

Se considera biomasa viva a todos los seres vivos que se encuentran sobre el suelo, como troncos, ramas, semillas, tocones, cáscaras y hojas. Para facilitar la medición, la biomasa aérea arbórea y la biomasa aérea no arbórea se evalúan por separado (Rügnitz *et al.*, 2009).

Bosque

Es aquel ecosistema donde predominan las especies arbóreas en cualquier estado de desarrollo, pero también acoge a la más rica variedad biológica (MINAM, 2011).

Bosque secundario

Es un bosque de forma sucesional, es decir, pasa por un proceso de recuperación progresivo natural de sus áreas, en donde el bosque primario fue afectado como consecuencia de las actividades humanas o por origen natural y luego en un estado de abandono surgen estos bosques secundarios (Ley Forestal y de Fauna Silvestre, 2015).

Captura de carbono

Este proceso se da en mares, toda área que cuenta con cobertura vegetal; siendo estos los

responsables de retener y almacenar el carbono encontrado en el ambiente, mediante el transcurso de la fotosíntesis (Cordero *et al.*, 2008).

Conservación

Es aquel recurso utilizado adecuadamente por el ser humano en favor de las generaciones presentes, manteniendo, cuidando y protegiendo para que los recursos naturales se conserven en su estado original, de esa manera se satisfacen a las generaciones futuras (Ley Forestal y de Fauna Silvestre, 2015).

Diámetro a la altura del pecho

Conocido como DAP, es el diámetro del tronco de un árbol medido por lo general de 1.30 m. de altura por encima del nivel del suelo, es decir a la altura del pecho de un adulto, para ello se pueden emplear los instrumentos como son por ejemplo la forcípula o cinta diamétrica (Calderón y Lozada, 2010).

Ecosistema

Es aquel conjunto de organismos que van desde lo más pequeño hasta lo más grande (microorganismos, hongos, animales y plantas), interactuando entre sí con el medio ambiente inactivo (MINAM, 2011).

Inventario Forestal

Es aquella recopilación de datos del bosque, mediante metodologías, el cual puede ser con mayor (100 % llamados censos) o menor minuciosidad (muestreo o proyección); permitiendo la obtención de datos exactos para planificar un manejo adecuado del bosque (Villoslada, 2018).

Carbono

El carbono es aquel componente que va hacia el ambiente, mares, suelo y subsuelo, siendo uno de los elementos químicos más importantes de los compuestos vegetales; lo que

conforman los depósitos, almacenes o reservorios de carbono. El paso de un depósito a otro a través de procesos físicos, químicos y biológicos (Rugnitz *et al.*, 2009).

Sumideros de carbono

Los sumideros de carbono es aquel almacén natural o artificial, que recoge el carbono depositado en la atmósfera; de esa manera ayuda a reducir grandes cantidades de dióxido de carbono encontrado en el aire (son considerados sumideros de carbono los océanos y bosques) (Villoslada, 2018).

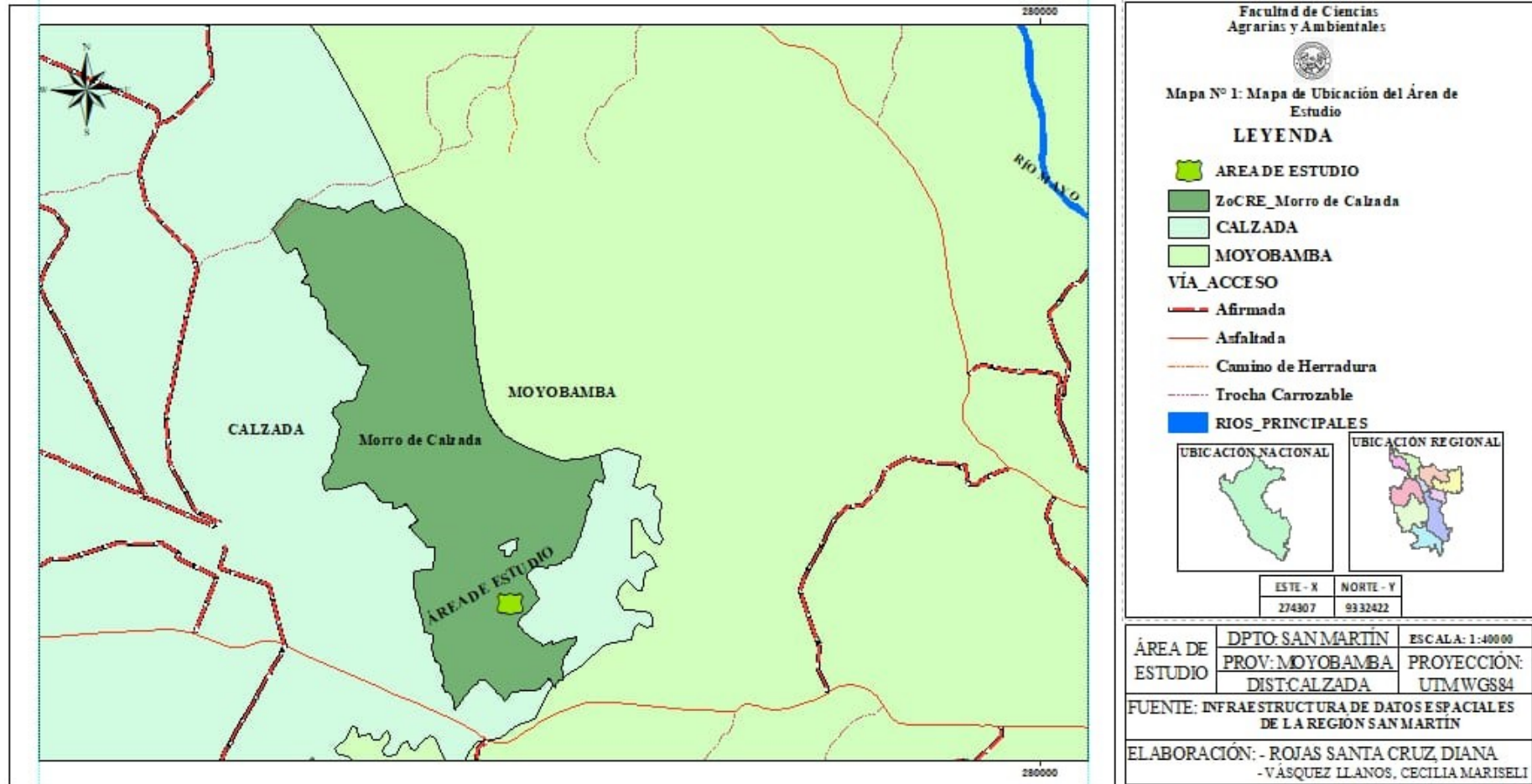
Ecuaciones alométricas

La ecuación alométrica permite conocer la cantidad de biomasa de uno o más individuos (árboles), que se define mediante la medición de parámetros (DAP y altura total), estas ecuaciones son generadas a través de un análisis de regresión obteniendo como resultado el volumen, biomasa y área basal de los árboles (Rugnitz *et al.*, 2009).

APÉNDICES

Apéndice 1.

Mapa de ubicación del área de estudio



Apéndice 2.

Longitud y latitud de las parcelas de los bosques secundarios de 25 y 30 años

Nº DE PARCELAS	LONGUITUD	LATITUD
Parcela 1 (30 años)	274,296	9,332,430
Parcela 2 (30 años)	274,387	9,332,423
Parcela 3 (30 años)	274,294	9,332,371
Parcela 4 (30 años)	274,370	9,332,339
Parcela 5 (30 años)	274,341	9,332,250
Parcela 6 (30 años)	274,378	9,332,283
Parcela 7 (30 años)	274,426	9,332,373
Parcela 8 (30 años)	274,451	9,332,316
Parcela 9 (30 años)	274,551	9,332,434
Parcela 10 (30 años)	274,493	9,332,365
Parcela 11 (30 años)	274,490	9,332,285
Parcela 12 (30 años)	274,632	9,332,447
Parcela 13 (30 años)	274,603	9,332,368
Parcela 14 (30 años)	274,580	9,332,295
Parcela 15 (30 años)	274,641	9,332,278
Parcela 1 (25 años)	274,721	9,332,390
Parcela 2 (25 años)	274,696	9,332,315
Parcela 3 (25 años)	274,767	9,332,328

Apéndice 3.

Cantidad y porcentaje de individuos por especie, género y familia

Nombre común	Especie	Cantidad de individuos por especie	% de individuos por especie	Género	Cantidad de individuos por género	% de individuos por género	Familia	Cantidad de individuos por familia	% de individuos por familia
	<i>Annona montana</i> Macfad.	7	1,53	<i>Annona</i>	7	1,53	Annonaceae	7	1,53
	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. Planch.	1	0,22	<i>Dendropanax</i>	3	0,65	Araliaceae	18	3,92
	<i>Dendropanax macropodus</i> (Harms) Harms	2	0,44						
	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyer. Frodin	15	3,27	<i>Schefflera</i>	15	3,27			
	<i>Oenocarpus bataua</i> Mart.	1	0,22	<i>Oenocarpus Mart</i>	1	0,22			
“Camona, casapona, chenco, kúpat, tsurúp”	<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl.	1	0,22	<i>Socratea</i>	1	0,22	Arecaceae	2	0,44
	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	44	9,59	<i>Jacaranda</i>	44	9,59	Bignoniaceae	44	9,59
“Copal”	<i>Protium robustum</i> (Swart) Porter	24	5,23	<i>Protium</i>	24	5,23	Burseraceae	24	5,23
“Alfaro, jacareuba, lagarto caspi”	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess	16	3,49	<i>Calophyllum</i>	16	3,49	Calophyllaceae	16	3,49
“Almendrillo, ayecoc, cuntabimi, nusentsé, sacha almendro, tampa – ruru”	<i>Caryocar amygdaliforme</i> Ruiz_Pav. ex G. Don	1	0,22	<i>Caryocar</i>	1	0,22	Caryocariaceae	1	0,22

“ Parinari sacha, suichi”	<i>Couepia ulei</i> Pilg.	1	0,22	<i>Couepia</i>	1	0,22	Chrysobalanaceae	1	0,22
	<i>Clusia loretensis</i> Engl.	1	0,22	<i>Clusia</i>	1	0,22	Clusiaceae	1	0,22
	<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.	2	0,44	<i>Sloanea</i>	2	0,44	Elaeocarpaceae	2	0,44
	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. _ Endl.	5	1,09						
“Cocopano, kantsá, mojarra caspi, palo paloma de purma, yantsáu, zancudo caspi”	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Muell. Arg.	4	0,87	<i>Alchornea</i>	9	1,96	Euphorbiaceae	22	4,79
“ yutubanco”	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	13	2,83	<i>Maprounea</i>	13	2,83			
	<i>Inga lineata</i> Benth	4	0,87	<i>Inga</i>	4	0,87			
	<i>Barbieria pinnata</i> (Pers.) Baill.	1	0,22	<i>Barbieria</i>	1	0,22			
	<i>Schizolobium</i> <i>amazonicum</i> Huber ex Ducke	15	3,27	<i>Schizolobium</i>	15	3,27			
	<i>Senna reticulata</i> (Willd.) H.S. Irwin_ Barneby	12	2,61	<i>Senna</i>	12	2,61	Fabaceae	35	7,63
“ Tangarana de altura, ucshaquiro”	<i>Tachigali macbridei</i> Zarucchi & Herend.	2	0,44						
“ Tangarana de altura, ucshaquiro”	<i>Tachigali guianensis</i> (Benth.) Zarucchi & Herend.	1	0,22	<i>Tachigali</i>	3	0,65			
“ Cunchi moena, lagarto moena, moena blanca, moena hoja	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	17	3,70	<i>Nectandra</i>	17	3,70	Lauraceae	40	8,71

ancha, moena negra, Saijamtinchi, tinchi, yuwich”	<i>Ocotea gracilis</i> (Meisn.) Mez	19	4,14	<i>Ocotea</i>	19	4,14			
	“Curum palto, pumapara, roble”	<i>Persea subcordata</i> (Ruiz _ Pav.) Nees	4	0,87	<i>Persea</i>	4	0,87		
	<i>Theobroma cacao</i> L.	1	0,22	<i>Theobroma</i>	1	0,22	Malvaceae	1	0,22
	<i>Bellucia pentamera</i> Naudin	1	0,22	<i>Bellucia</i>	1	0,22			
	<i>Miconia aff. rivetii</i> Danguy & Cherm.	1	0,22						
	<i>Miconia bailloniana</i> J.F. Macbr.	2	0,44						
	<i>Miconia decurrens</i> Cogn.	16	3,49				Melastomataceae	28	6,10
	<i>Miconia membranacea</i> Triana	3	0,65	<i>Miconia</i>	27	5,88			
	<i>Miconia myriantha</i> Benth.	1	0,22						
“Chinchak, rifari”	<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	3	0,65						
	<i>Miconia tomentosa</i> (Rich.) D. Don ex DC.	1	0,22						
	<i>Guarea macrobotrys</i> Poepp.	1	0,22	<i>Guarea</i>	18	3,92			
“ Requia”	<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	17	3,70						
	<i>Trichilia micrantha</i> Benth.	1	0,22				Meliaceae	61	13,29
“ Uchumullaca”	<i>Trichilia maynasiana</i> C. DC.	38	8,28	<i>Trichilia</i>	43	9,37			
	<i>Trichilia micrantha</i> Benth.	4	0,87						
	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	12	2,61	<i>Brosimum</i>	52	11,33	Moraceae	69	15,03

“Guarumba, rama pama, tsumkí – rumsu”	<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	40	8,71						
“Doctor oje, higuerón, ojé, ojé pitongo, seem, wampú”	<i>Ficus insipida</i> Willd.	17	3,70	<i>Ficus</i>	17	3,70			
“Guayabilla, lanchi”	<i>Calyptranthes bipennis</i> O. Berg	1	0,22	<i>Calyptranthes</i>	1	0,22	Myrtaceae	12	2,61
	<i>Myrcia poeppigiana</i> O. Berg	11	2,40	<i>Myrcia</i>	11	2,40			
	<i>Neea divaricata</i> Poepp. & Endl.	3	0,65	<i>Neea</i>	3	0,65	Nyctaginaceae	3	0,65
	<i>Piper hispidum</i> Sw.	1	0,22	<i>Piper</i>	1	0,22	Piperaceae	1	0,22
“Fernán sánchez, tangarana”	<i>Triplaris peruviana</i> Fisch. Meyer ex C.A. Meyer	1	0,22	<i>Triplaris</i>	1	0,22	Polygonaceae	1	0,22
“Casarilla, casarilla amarilla, casarilla boba, casarilla verde, kininu, muum, patorech, quina rosa, tságnun”	<i>Ladenbergia</i> <i>oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L. Andersson	23	5,01	<i>Ladenbergia</i>	23	5,01	Rubiaceae	23	5,01
	<i>Chrysophyllum</i> <i>argenteum</i> Jacq.	24	5,23	<i>Chrysophyllum</i>	24	5,23			
“Balata, mechino, quinilla colorada”	<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev.	19	4,14	<i>Manilkara</i>	19	4,14	Sapotaceae	43	9,37
	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	1	0,22	<i>Siparuna</i>	1	0,22	Siparunaceae	1	0,22

<i>Cecropia ficifolia</i> Warb. ex Snethl.	1	0,22	<i>Cecropia</i>	1	0,22	Urticaceae	3	0,65
<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	2	0,44	<i>Pourouma</i>	2	0,44			
Total	459	100,00		459	100,00		459	100,00

Apéndice 4.

Biomasa aérea en bosques secundarios en parcelas de 25 y 30 años, según especies, géneros y familias en la Zocre Morro de Calzada

Bosque secundario de 25 años					Bosque secundario de 30 años						
Especies	T	Género	T	Familia	T	Especies	T	Género	T	Familia	T
<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L. Andersson	37,913	<i>Ladenbergia</i>	37,913	Rubiaceae	37,913	<i>Trichilia maynasiana</i> C. DC.	201,975	<i>Trichilia</i>	221,131	Meliaceae	254,093
<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	29,258	<i>Brosimum</i>	29,258	Moraceae	34,047	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	136,562	<i>Brosimum</i>	152,054	Moraceae	196,717
<i>Trichilia maynasiana</i> C. DC.	22,267	<i>Trichilia</i>	22,267	Fabaceae	33,333	<i>Protium robustum</i> (Swart) Porter	113,495	<i>Jacaranda</i>	136,562	Bignoniaceae	136,562
<i>Ocotea gracilis</i> (Meisn.) Mez	18,685	<i>Ocotea</i>	18,685	Lauraceae	26,674	<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	106,689	<i>Protium</i>	113,495	Sapotaceae	127,759
<i>Inga lineata</i> Benth	17,453	<i>Jacaranda</i>	16,786	Meliaceae	26,002	<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq.	96,882	<i>Chrysophyllum</i>	96,882	Burseraceae	113,495
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	16,786	<i>Schizolobium</i>	16,781	Euphorbiaceae	22,855	<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L. Andersson	72,097	<i>Ladenbergia</i>	72,097	Lauraceae	79,054
<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex ducke	16,781	<i>Inga</i>	16,552	Bignoniaceae	16,786	<i>Ocotea gracilis</i> (Meisn.) Mez	59,995	<i>Ocotea</i>	59,995	Euphorbiaceae	73,948

<i>Maprounea guianensis</i> Aubl	14,918	<i>Maprounea</i>	14,918	Calophyllaceae	14,903	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	50,142	<i>Maprounea</i>	50,142	Rubiaceae	772,097
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess	14,903	<i>Calophyllum</i>	14,903	Sapotaceae	13,435	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	45,364	<i>Ficus</i>	44,663	Fabaceae	54,561
<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq.	13,435	<i>Chrysophyllum</i>	13,435	Araliaceae	9,333	<i>Ficus insípida</i> Willd	44,663	<i>Schizolobium</i>	41,744	Calophyllaceae	25,420
Otras 12 especies	68,314	Otros 11 géneros	68,314	Otras 6 familias	34,530	Otras 16 especies	255,702	Otros 12 géneros	194,801	Otras 5 familias	49,860
Total, por hectárea	270,713	Total	269,812	Total	269,812	Total	1183,567	Total	1183,567	Total	1183,567

Apéndice 5.

Biomasa aérea en bosques secundarios en sub parcelas de 25 y 30 años, según especies, géneros y familias en la Zocre Morro de Calzada

Bosque secundario de 25 años						Bosque secundario de 30 años					
Especies	T	Género	T	Familia	T	Especies	T	Género	T	Familia	T
<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev.	24,735	<i>Manilkara</i>	24,735	Sapotaceae	34,997	<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev.	186,440	<i>Manilkara</i>	186,440	Sapotaceae	208,699
<i>Trichilia micrantha</i> Benth	13,907	<i>Miconia</i>	14,280	Meliaceae	24,651	<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	67,432	<i>Brosimum</i>	125,857	Moraceae	128,149
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	11,004	<i>Trichilia</i>	13,907	Fabaceae	17,347	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	58,425	<i>Miconia</i>	55,862	Melastomataceae	55,862
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	10,744	<i>Jacaranda</i>	11,004	Melastomataceae	16,623	<i>Miconia deurrens</i> Cogn	37,637	<i>Protium</i>	28,518	Lauraceae	43,912
<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq.	10,262	<i>Guarea</i>	10,744	Bignoniaceae	11,004	<i>Protium robustum</i> (Swart) Porter	28,518	<i>Myrcia</i>	27,756	Meliaceae	43,143
<i>Miconia deurrens</i> Cogn	8,831	<i>Chrysophyllum</i>	10,262	Lauraceae	7,700	<i>Myrcia poeppigiana</i> O. Berg	27,756	<i>Ocotea</i>	26,207	Fabaceae	29,875

<i>Myrcia poeppigiana</i> O. Berg	6,100	<i>Myrcia</i>	6,100	Myrtaceae	6,100	<i>Ocotea gracilis</i> (Meisn.) Mez	26,207	<i>Ladenbergia</i>	25,319	Burseraceae	28,518
<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	6,026	<i>Brosimum</i>	6,026	Moraceae	6,026	<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L. Andersson	25,319	<i>Trichilia</i>	23,790	Myrtaceae	27,756
<i>Ocotea gracilis</i> (Meisn.) Mez	5,665	<i>Ocotea</i>	5,665	Calophyllaceae	4,339	<i>Senna reticulata</i> (Will.) H. S. Irwin_Barneby	23,116	<i>Senna</i>	23,116	Rubiaceae	25,319
<i>Tachigali guianensis</i> (Benth.) Zarucchi Herend	5,437	<i>Tachigali</i>	5,437	Araliaceae	2,039	<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq.	22,259	<i>Chrysophyllum</i>	22,259	Bignoniaceae	20,821
<i>Otras 10 especies</i>	26,159	<i>Otros 9 géneros</i>	25,215	Otras 2 familias	2,548	Otras 26 especies	181,018	<i>Otros 20 géneros</i>	139,003	Otras 12 familias	72,073
Total, por hectárea	128,871	Total	133,375	Total	133,375	Total	684,127	Total	184,127	Total	184,127

Apéndice 6.

Carbono almacenado en bosques secundarios en parcelas de 25 y 30 años, según especies, géneros y familias en la Zocre Morro de Calzada

Bosque secundario de 25 años					Bosque secundario de 30 años						
Especies	TC	Género	TC	Familia	TC	Especies	TC	Género	TC	Familia	TC
<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L. Andersson	18,957	<i>Ladenbergia</i>	18,957	Rubiaceae	18,957	<i>Trichilia maynasia</i> C. DC.	100,987	<i>Trichilia</i>	110,566	Meliaceae	127,047
<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	14,629	<i>Brosimum</i>	14,629	Moraceae	17,024	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	68,281	<i>Brosimum</i>	76,027	Moraceae	98,359
<i>Trichilia maynasia</i> C. DC.	11,133	<i>Trichilia</i>	11,133	Fabaceae	16,667	<i>Protium robustum</i> (Swart) Porter	56,747	<i>Jacaranda</i>	68,281	Bignoniaceae	68,281
<i>Ocotea gracilis</i> (Meisn.) Mez	9,342	<i>Ocotea</i>	9,342	Lauraceae	13,337	<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	53,345	<i>Protium</i>	56,747	Sapotaceae	63,880

<i>Inga lineata</i> Benth	8,726	<i>Jacaranda</i>	8,393	Meliaceae	13,001	<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq.	48,441	<i>Chrysophyllum</i>	48,441	Burseraceae	56,747
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	8,393	<i>Schizolobium</i>	8,391	Euphorbiaceae	11,428	<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L. Andersson	36,049	<i>Ladenbergia</i>	36,049	Lauraceae	39,527
<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex ducke	8,391	<i>Inga</i>	8,276	Bignoniaceae	8,393	<i>Ocotea gracilis</i> (Meisn.) Mez	29,997	<i>Ocotea</i>	29,997	Euphorbiaceae	36,974
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl	7,459	<i>Maprounea</i>	7,459	Calophyllaceae	7,451	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl	25,071	<i>Maprounea</i>	25,071	Rubiaceae	36,049
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess	7,451	<i>Calophyllum</i>	7,451	Sapotaceae	6,718	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	22,682	<i>Ficus</i>	22,332	Fabaceae	27,281
<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq.	6,718	<i>Chrysophyllum</i>	6,718	Araliaceae	4,667	<i>Ficus insipida</i> Willd	22,332	<i>Schizolobium</i>	20,872	Calophyllaceae	12,710
Otras 12 especies	34,157	Otros 11 géneros	34,157	Otras 6 familias	17,265	Otras 16 especies	127,851	Otros 12 géneros	97,401	Otras 5 familias	24,930
Total, por hectárea	135,357	Total	134,906	Total	134,906	Total	591,783	Total	591,783	Total	591,783

Apéndice 7.

Carbono almacenado en bosques secundarios en sub parcelas de 25 y 30 años, según especies, géneros y familias en la Zocra Morro de Calzada

Bosque secundario de 25 años						Bosque secundario de 30 años					
Especies	TC	Género	TC	Familia	T/ha	Especies	TC	Género	TC	Familia	TC
<i>Manilkara bidentata</i> (A.DC.) A. Chev.	12,368	<i>Manilkara</i>	12,368	Sapotaceae	17,499	<i>Manilkara bidentata</i> (A.DC.) A. Chev.	93,220	<i>Manilkara</i>	93,220	Sapotaceae	104,350
<i>Trichilia micrantha</i> Bent	6,953	<i>Miconia</i>	7,140	Meliaceae	12,325	<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	33,716	<i>Brosimum</i>	62,929	Moraceae	64,075

<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	5,502	<i>Trichilia</i>	6,953	Fabaceae	8,674	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	29,212	<i>Miconia</i>	27,931	Melastomataceae	27,931
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	5,372	<i>Jacaranda</i>	5,502	Melastomataceae	8,312	<i>Miconia decurrens</i> Cogn	18,819	<i>Protium</i>	14,259	Lauraceae	21,956
<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq.	5,131	<i>Guarea</i>	5,372	Bignoniaceae	5,502	<i>Protium robustum</i> (Swart) Poter	14,259	<i>Myrcia</i>	13,878	Meliaceae	21,572
<i>Miconia decurrens</i> Cogn	4,416	<i>Chrysophyllum</i>	5,131	Lauraceae	3,850	<i>Myrcia poeppigiana</i> O. Berg	13,878	<i>Ocotea</i>	13,104	Fabaceae	14,937
<i>Myrcia poeppigiana</i> O. Berg	3,050	<i>Myrcia</i>	3,050	Myrtaceae	3,050	<i>Ocotea gracilis</i> (Meisn.) Mez	13,104	<i>Ladenbergia</i>	12,660	Burseraceae	14,259
<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	3,013	<i>Brosimum</i>	3,013	Moraceae	3,013	<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L. Andersson	12,660	<i>Trichilia</i>	11,895	Myrtaceae	13,878
<i>Ocotea gracilis</i> (Meisn.) Mez	2,832	<i>Ocotea</i>	2,832	Calophyllaceae	2,170	<i>Senna reticulata</i> (Will.) H. S. Irwin_Barneby	11,558	<i>Senna</i>	11,558	Rubiaceae	12,660
<i>Tachigali guianensis</i> (Benth.) Zarucchi_Herend.	2,719	<i>Tachigali</i>	2,719	Araliaceae	1,019	<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq.	11,129	<i>Chrysophyllum</i>	11,129	Bignoniaceae	10,410
<i>Otras 10 especies</i>	13,080	<i>Otros 9 géneros</i>	12,608	Otras 2 familias	2,548	<i>Otras 26 especies</i>	90,509	<i>Otros 20 géneros</i>	69,502	Otras 12 familias	36,037
Total, por hectárea	64,435	Total	66,688	Total	67,962	Total	342,064	Total	342,064	Total	342,064

Apéndice 8.

Registro fotográfico

Georreferenciación de las parcelas



Medición del diámetro



Medición de la altura total



Recolección de las muestras



Pintado de los árboles ya medidos



Codificación de las muestras

