



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Forestal

Dinámica de crecimiento de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, durante el período 2014 – 2021 en un huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador

Trabajo de Titulación, previo a la
obtención del título de Ingeniera Forestal

AUTOR:

Luis Daniel Crespo Cabrera

DIRECTOR:

Ing. For. Víctor Hugo Eras Guamán, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2024

Educamos para Transformar

Certificación

Loja, 10 de marzo del 2023

Ing. Victor Hugo Eras Guamán Mg.Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **“Dinámica de crecimiento de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, durante el período 2014 – 2021 en un huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador”**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Forestal**, de la autoría del egresado Luis Daniel Crespo Cabrera, con **cédula de identidad Nro.1105145542**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



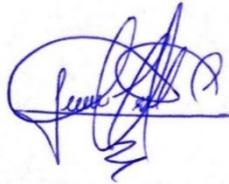
Ing. For. Victor Hugo Eras Guamán Mg.Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Luis Daniel Crespo Cabrera**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula: 1105145542

Fecha: Loja, 16 de febrero de 2024

Correo electrónico: luis.crespo@unl.edu.ec

Teléfono: 0981299298

Carta de autorización por parte del autor para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, Luis Daniel Crespo Cabrera, declaro ser el autor del Trabajo de Titulación denominado: **“Dinámica de crecimiento de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, durante el período 2014 – 2021 en un huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador”**, como requisito para optar el grado de: **Ingeniero Forestal**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con los cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo en la ciudad de Loja, a los dieciséis días del mes de febrero del dos mil veinticuatro.

Firma:



Autor: Luis Daniel Crespo Cabrera

Número de Cédula: 1105145542

Dirección: Las Pitas (Jorge Erazo Ledesma y Agustín Aguirre)

Correo electrónico: luis.crespo@unl.edu.ec

Celular: 0981299298

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director del Trabajo de Titulación

Ing. For. Víctor Hugo Eras Guamán Mg. Sc.

Dedicatoria

A mis adorados padres ***Gloria Nohemy Cabrera Rentería*** y ***Juan Gonzalo Crespo Sarango***, quienes con mucho amor, esfuerzo y sacrificio me apoyaron incondicionalmente en todo mi camino hasta alcanzar este importante logro en mi vida.

A mis amados hermanos: ***David*** y ***Juan***, que han sido dignos ejemplos a seguir y que han cuidado cada uno de mis pasos buscando que no pierda mi rumbo y alcance cada una de las metas que me proponga.

A mi sobrina ***María José***, por ser mi motivo de inmensa felicidad.

A mis mejores amigos: ***John Faver***, ***Jhordy***, ***José***, ***Leiver*** y ***René***, quienes día a día me apoyaron directa e indirectamente en todo este proceso y quienes han sido un apoyo fundamental en mi vida.

Luis Daniel Crespo Cabrera

Agradecimiento

A Dios por brindarme la fuerza necesaria e iluminar cada uno de mis pasos durante todo el proceso hasta alcanzar cada una de mis metas y seguirlo haciendo aun cuando las consiga.

A mis padres (Gloria y Gonzalo), hermanos (David y Juan), mi sobrina (María José), por ser mi motivo de superación y el pilar fundamental de mi vida.

A la Universidad Nacional de Loja, especialmente a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables y a la Carrera de Ingeniería Forestal que a través de sus docentes transmitieron conocimientos teóricos y técnicos para alcanzar mi formación académica y profesional.

Al Ing. For. Víctor Hugo Eras Guamán, director de mi trabajo de titulación, por su paciencia, apoyo y tiempo para que pueda alcanzar mi objetivo.

De igual forma a la Ing. Victoria Moncada, al equipo técnico del Laboratorio de Dendrocronología y Anatomía de Maderas: Dr. Darwin Pucha Cofrep, Ing. Andrés Armijos, por todo su apoyo desinteresado y dedicar parte de su valioso tiempo en compartir conmigo criterios y conocimientos, estaré eternamente agradecido.

Finalmente, a mis más cercanos amigos y compañeros de universidad por todo su apoyo y amistad que valoro inmensamente.

Luis Daniel Crespo Cabrera

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de figuras	xi
Índice de tablas	xiv
Índice de anexos	xv
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract	4
3. Introducción	6
4. Marco teórico	10
4.1. Bosques secos del Ecuador.....	10
4.1.1. Matorral seco espinoso.....	10
4.1.2. Bosque seco decíduo.....	11
4.1.3. Bosque seco semidecíduo.....	11
4.1.4. Bosque seco montano bajo.....	11
4.1.5. Bosque seco interandino del sur.....	11
4.1.6. Bosque seco interandino oriental.....	12
4.1.7. Bosque seco interandino del norte.....	12
4.2. Los bosques secos en el sur del Ecuador.....	12
4.3. Especies forestales nativas.....	13
4.4. Conceptos de dinámica de bosques.....	13
4.4.1. Reclutamiento.....	14
4.4.2. Dinamismo.....	14
4.4.3. Mortalidad	14
4.5. Dinámica poblacional de bosques.....	15
4.6. Variables dasométricas para determinar la dinámica de crecimiento.....	15
4.6.1. Diámetro a la altura del pecho.....	12
4.6.2. Altura.....	15

4.6.3.	Área basal.....	16
4.6.4.	Volumen	17
4.7.	Crecimiento de los árboles	17
4.7.1.	Tipos de crecimiento	17
4.7.1.1.	Crecimiento periódico en diámetro (Cr. D)	17
4.7.1.2.	Crecimiento periódico en altura (Cr. H)	18
4.7.1.3.	Crecimiento periódico en área basal (Cr. G)	18
4.7.1.4.	Crecimiento periódico en volumen (Cr. V)	19
4.7.1.5.	Incremento periódico anual (Cr. p. a)	19
4.8.	Características de la Dendrocronología	20
4.8.1.	Dendrocronología y el crecimiento de los árboles: importancia en el manejo forestal	20
4.8.2.	Aplicaciones de la Dendrocronología.....	21
4.9.	Principales métodos y técnicas de datación en zonas tropicales.....	22
4.9.1.	Densitometría por Rayos X	22
4.9.2.	Isotopía radioactiva	22
4.9.3.	Mediciones continuas de la circunferencia y/o diámetro de los árboles	22
4.10.	Descripción de las especies forestales nativas en estudio	23
4.10.1.	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw) DC	23
4.10.2.	<i>Handroanthus billbergii</i> (Bureau & Schum.) S.O Grose	25
4.10.3.	<i>Loxopterygium huasango</i> Spruce ex Engl.	26
4.10.4.	<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch	27
5.	Metodología	29
5.1.	Ubicación del área de estudio	29
5.2.	Metodología para evaluar el crecimiento de cuatro especies forestales, en el huerto semillero de Zapotepamba, a través de variables dasométricas	30
5.2.1.	Medición de variables dasométricas	32
5.2.2.	Cálculo del área basal (m ²) y del volumen (m ³)	33
5.2.3.	Cálculo del crecimiento o incremento del diámetro (DAP)	33
5.2.4.	Cálculo del crecimiento o incremento de la altura total (HT)	34
5.2.5.	Cálculo del crecimiento o incremento del área basal (G)	34
5.2.6.	Cálculo del crecimiento o incremento del volumen (V)	34
5.2.7.	Cálculo del crecimiento o incremento periódico anual (IMA)	35
5.2.8.	Determinación de las curvas de crecimiento de las variables dasométricas	35

5.2.9.	Curva de crecimiento del diámetro a la altura del pecho (DAP)	35
5.2.10.	Curva de crecimiento de la altura total (HT)	36
5.2.11.	Curva de crecimiento de área basal (G)	36
5.2.12.	Curva de crecimiento del volumen (V)	37
5.3.	Metodología para evaluar la dinámica del crecimiento de cuatro especies forestales en el huerto semillero, utilizando métodos dendrocronológicos	37
5.3.1.	Análisis dendrocronológico de las cuatro especies forestales	37
5.4.	Metodología para difundir los resultados de la investigación	39
6.	Resultados	40
6.1.	Crecimiento de cuatro especies forestales en el huerto semillero de Zapotepamba, a través de variables dasométricas	40
6.1.1.	Crecimiento periódico de las variables dasométricas de las cuatro especies forestales en el período 2014-2021	40
6.1.2.	Crecimiento o incremento periódico anual de las variables dasométricas de las cuatro especies forestales en el período 2014 - 2021	44
6.1.3.	Curvas de crecimiento de las variables dasométricas.	48
6.2.	Crecimiento de cuatro especies forestales en el huerto semillero de Zapotepamba, a través de métodos dendrocronológicos	51
6.2.1.	Series dendrocronológicas individuales de las cuatro especies forestales nativas de bosque seco evaluadas.	51
6.2.2.	Crecimiento periódico de los árboles de las cuatro especies forestales en el huerto semillero de Zapotepamba, durante el período 2014-2021	54
6.2.3.	Crecimiento o incremento periódico anual de los árboles de las cuatro especies forestales en el huerto semillero de Zapotepamba, en el período 2014-2021	55
6.3.	Difusión de los resultados de la investigación	56
7.	Discusión	58
7.1.	Crecimiento periódico de las variables dasométricas de los árboles de las cuatro especies forestales en el período 2014-2021	58
7.2.	Crecimiento o incremento periódico anual de las variables dasométricas de los árboles de las cuatro especies forestales en el período 2014-2021	61
7.3.	Dinámica de crecimiento de los árboles de las cuatro especies forestales en el huerto semillero de Zapotepamba, a través de métodos dendrocronológicos	63
8.	Conclusiones	67

9.	Recomendaciones	68
10.	Bibliografía	69
11.	Anexos	78

Índice de figuras

Figura 1. Árbol de la especie <i>Prosopis juliflora</i>	23
Figura 2. Árbol de la especie <i>Handroanthus billbergii</i>	25
Figura 3. Árbol de la especie <i>Loxopterygium huasango</i>	26
Figura 4. Árbol de la especie <i>Bursera graveolens</i>	27
Figura 5. Mapa de ubicación del huerto semillero, en la Estación Experimental Zapotepamba, de la Universidad Nacional de Loja.	29
Figura 6. Diseño de distribución de las cuatro especies forestales, sembradas en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba.	31
Figura 7. Valores promedio y error estándar del crecimiento periódico del DAP de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.....	42
Figura 8. Valores promedio y error estándar del crecimiento periódico de la altura (HT) de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021 en un huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.	43
Figura 9. Valores promedio y error estándar del crecimiento periódico del área basal (G) de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021 en un huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.	43
Figura 10. Valores promedio y error estándar del crecimiento periódico del volumen (V) de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.	44
Figura 11. Valores promedio y error estándar del incremento periódico anual del DAP de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021, en un huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.	46
Figura 12. Valores promedio y error estándar del incremento periódico anual de la altura (HT) de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo	

2014-2021 en un huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador	46
Figura 13. Valores promedio y error estándar del incremento periódico anual del área basal (G) de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021, en un huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.	47
Figura 14. Valores promedio y error estándar del incremento periódico anual del volumen (V) de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021, en un huerto semillero de la estación experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.....	48
Figura 15. Curva de crecimiento promedio en diámetro de las cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021, en un huerto semillero de la estación experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.....	49
Figura 16. Curva de crecimiento en altura de las cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021, en un huerto semillero de la estación experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.....	50
Figura 17. Curva de crecimiento en área de las cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021, en un huerto semillero de la estación experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.....	50
Figura 18. Curva de crecimiento en volumen de las cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021, en un huerto semillero de la estación experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.....	51
Figura 19. Serie individual de crecimiento radial anual de <i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, durante el periodo 2014-2021.....	52
Figura 20. Serie individual de crecimiento radial anual de <i>Loxopterigyum huasango</i> Spruce ex Engl, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, durante el periodo 2014-2021.....	52
Figura 21. Serie individual de crecimiento radial anual de <i>Prosopis juliflora</i> (Sw) DC, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, durante el periodo 2014-2021.	53

Figura 22. Serie individual de crecimiento radial anual de <i>Handroanthus billbergii</i> (Bureau & Schum.) S.O Grose, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, durante el periodo 2014-2021.	54
Figura 23. Crecimiento periódico en diámetro acumulado de las especies <i>Bursera graveolens</i> , <i>Handroanthus billbergii</i> , <i>Loxopterigyum huasango</i> y <i>Prosopis juliflora</i> , en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, durante el periodo 2014-2021.....	55
Figura 24. Series individuales del crecimiento periódico anual en diámetro de las especies <i>Bursera graveolens</i> , <i>Handroanthus billbergii</i> , <i>Loxopterigyum huasango</i> y <i>Prosopis juliflora</i> , en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, durante el periodo 2014-2021.	56
Figura 25. Difusión de los resultados de la investigación a los actores sociales. A) Socialización de los resultados al Equipo Técnico del Proyecto de Investigación Cinchona. B) Elaboración de un póster científico. C) Elaboración de un tríptico con los resultados de la investigación.	57

Índice de tablas

Tabla 1. Especificaciones del número de árboles a evaluar por especie.....	32
Tabla 2. Hoja de campo para la recolección de datos.....	33
Tabla 3. Valores promedio y error estandar del crecimiento periódico de las variables dasométricas de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el período 2014-2021 en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.....	43
Tabla 4. Valores promedio y error estándar del incremento periódico anual de las variables dasométricas de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el período 2014-2021 en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.....	45

Índice de anexos

Anexo 1. Medición del DAP, altura total (HT) y toma de muestras con el barreno de Pressler, de las cuatro especies forestales en estudio, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba.....	78
Anexo 2. Datos recolectados en campo del DAP y altura total (HT), y cálculo del área basal (G) y volumen (V) de las cuatro especies forestales, del huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba.....	80
Anexo 3. Preparación y análisis de muestras en laboratorio de las especies forestales en estudio, del huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba.	84
Anexo 4. Poster científico para la difusión de resultados del trabajo de investigación.....	85
Anexo 5. Tríptico para la difusión de resultados del trabajo de investigación.....	86
Anexo 6. Certificado de traducción.	87

1. Título

Dinámica de crecimiento de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, durante el período 2014 – 2021, en un huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.

2. Resumen

Los bosques secos ocupan el 42% de la superficie de los bosques tropicales a nivel mundial; y, en Ecuador, se encuentran a lo largo de la costa o litoral, en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Santa Elena y Guayas; y en la costa sur en las estribaciones occidentales de los Andes en El Oro y Loja. Los bosques secos constituyen un ecosistema de altísimo valor, por la dinámica natural que originan en períodos lluviosos; por lo que, es fundamental conocer la dinámica de crecimiento de las especies que conforman este ecosistema. Por tal razón, la presente investigación tuvo como finalidad emplear métodos dasométricos y dendrocronológicos, para evaluar la dinámica de crecimiento de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, plantadas en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, durante el periodo 2014-2021. En el año 2021 se realizó la medición de variables dasométricas (DAP, H, G, V) de los árboles de las cuatro especies en estudio (*Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch, *Loxopterigyum huasango* Spruce ex Engl, *Handroanthus billbergii* (Bureau & Schum.) S.O Grose y *Prosopis juliflora* (Sw) DC); a partir de las cuales se determinaron el crecimiento periódico, incremento periódico anual y las curvas de crecimiento correspondientes, de todos los individuos. De igual manera, se tomaron muestras con barrenos de Pressler para ser analizadas, y a partir de las cuales, se elaboraron series dendrocronológicas. Los resultados mostraron que la especie *Loxopterigyum huasango*, alcanzó los mayores valores promedio del crecimiento de las variables dasométricas estudiadas, con un DAP 16.902 cm; una altura total de 11,684 m; un área basal de 0,029 m² y un volumen de 0,251 m³; en tanto que, *Handroanthus billbergii* alcanzó el menor crecimiento en DAP, con 6,41 cm; *Bursera graveolens* alcanzó el menor crecimiento en altura con, 4,13 m y en área basal con 0,008 m²; mientras que, en crecimiento en volumen, la especie *Handroanthus billbergii*, registró el menor valor con 0,024 m³. Durante el periodo de evaluación, se pudo evidenciar que el mayor incremento periódico anual de las variables dasométricas, se presentó en la especie *Loxopterigyum huasango*, en donde el DAP alcanzó un valor promedio de 2,817 cm/año; una altura total de 1,947 m/año.; un área basal de 0,0048 m²/año y un volumen de 0,041 m³/año; en tanto que, *Handroanthus billbergii*, fue la especie que alcanzó el menor crecimiento en DAP, con 1,06 cm/año y área basal con 0,0009 m²/año; mientras que, *Bursera graveolens*, alcanzó el menor crecimiento en altura, con, 0,68 m/año. y 0,024 m³/año, en volumen. El análisis dendrocronológico evidenció que el mayor crecimiento periódico entre el año 2014 al 2021, lo tiene la especie *Loxopterigyum huasango*, con un

crecimiento acumulado en diámetro de 81,89 mm; seguido por, *Prosopis juliflora* que alcanzó un valor acumulado de 48,65 mm; en tanto que *Handroanthus billbergii*, fue la especie forestal que experimentó el menor crecimiento periódico en diámetro, con 28,205 mm; mientras que, en los resultados del crecimiento periódico anual en diámetro se pudo comprobar que la especie *Loxopterigyum huasango*, posee una media de crecimiento anual de 9,10 mm; seguida de la especie *Bursera graveolens* con 4,68 mm; *Prosopis juliflora* con 4,37 mm; y, finalmente la especie *Handroanthus billbergii* con 3,71 mm.

Palabras clave: bosque seco, variables dasométricas, dendrocronología, huerto semillero, crecimiento periódico, incremento periódico anual.

2.1. Abstract

Dry forests occupy 42% of the surface in tropical forests worldwide; and, in Ecuador, they are found along the coast or littoral, in the provinces of Esmeraldas, Manabí, Santa Elena and Guayas; and on the south coast in the western foothills of the Andes in El Oro and Loja. Dry forests constitute an ecosystem of very high value, due to the natural dynamics they generate during rainy periods; therefore, it is essential to understand the growth dynamics of the species that make up this ecosystem. For this reason, the present research aimed to employ dendrometric and dendrochronological methods to assess the growth dynamics of four native tree species in dry forests, planted in the seed orchard of the Zapotepamba Experimental Station, during 2014-2021 period. In the year 2021, dendrometric measurements (DBH, H, G, V) were taken for the trees of the four species under study (*Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch, *Loxopterigyum huasango* Spruce ex Engl, *Handroanthus billbergii* (Bureau & Schum.) S.O Grose, and *Prosopis juliflora* (Sw) DC); from which the periodic growth, annual periodic increment, and corresponding growth curves of all individuals were determined. In the same way, samples were taken with a Pressler borer for analysis, from which dendrochronological series were developed. The results showed that the species *Loxopterigyum huasango* reached the highest average values for the growth of the studied dendrometric variables, with a DBH of 16.902 cm; a total height of 11.684 m; a basal area of 0.029 m², and a volume of 0.251 m³; in contrast, *Handroanthus billbergii* exhibited the lowest growth in DBH, with 6.41 cm; *Bursera graveolens* showed the lowest growth in height, with 4.13 m, and in basal area, with 0.008 m²; regarding volume growth, the species *Handroanthus billbergii* recorded the lowest value with 0.024 m³. During the evaluation period, it was evident that the highest annual periodic increment of dendrometric variables occurred in the species *Loxopterigyum huasango*, with an average DBH increment of 2.817 cm/year; a total height increment of 1.947 m/year; a basal area increment of 0.0048 m²/year, and a volume increment of 0.041 m³/year; in contrast, *Handroanthus billbergii* was the species with the lowest growth in DBH, with 1.06 cm/year, and basal area with 0.0009 m²/year; meanwhile, *Bursera graveolens* exhibited the lowest height growth, with 0.68 m/year, and volume growth of 0.024 m³/year. The dendrochronological analysis revealed that the species *Loxopterigyum huasango* had the highest cumulative growth between 2014 and 2021, with an accumulated growth of 81.89 mm; *Prosopis juliflora* followed with an accumulated value of 48.65 mm; while *Handroanthus billbergii* was the forest tree species with the lowest cumulative growth in diameter, with 28.205 mm; regarding the results of the annual periodic growth in diameter, it was found that *Loxopterigyum huasango*, had an average annual growth of 9.10 mm; followed

by *Bursera graveolens* with 4.68 mm; *Prosopis juliflora* with 4.37 mm; and finally, *Handroanthus billbergii* with 3.71 mm.

Keywords: dry forest, dendrometric variables, dendrochronology, seed orchard, periodic growth, annual periodic increment.

3. Introducción

Los bosques secos ocupan el 42% de la superficie de los bosques tropicales a nivel mundial (Miles et al., 2006) y se encuentran distribuidos en el Neotrópico, desde el norte de México, hasta el norte de Argentina y Sur de Brasil, sobrepasando un aproximado de 530 millones de hectáreas (Muñoz, Armijos y Erazo, 2019). Son considerados como uno de los ecosistemas más amenazados; y, por ende, su consecuente pérdida y transformación, son una realidad mundial producto de la satisfacción de necesidades humanas (Alvarado y Otero, 2017). Las mayores zonas donde se concentra el bosque seco, son en las costas del Pacífico de América Central, desde México hasta Costa Rica, la Península de Yucatán, la Catinga en el noreste de Brasil, el Chaco y el Chiquitano al este de Bolivia y en los países vecinos de Argentina y Paraguay; y, las costas del Pacífico de Ecuador y del noroeste de Perú (Paladines, 2003).

En Ecuador, los bosques secos se encuentran a lo largo de la costa o litoral en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Santa Elena y Guayas; y, en la costa sur en las estribaciones occidentales de los Andes, en las provincias de El Oro y Loja. Se estima que originalmente el 35% de la superficie ecuatoriana se encontraba cubierta por este ecosistema; sin embargo, los mismos asentamientos humanos serían los responsables de la desaparición de la mitad de su cobertura; desarrollando así, actividades de subsistencia, como el establecimiento de cultivos y por ende transformándose en zonas intervenidas y degradadas (Cerón et al., 1999).

Los bosques secos de las provincias de Loja y el Oro, representan aproximadamente el 50% de lo que queda de este ecosistema en Ecuador y no más del 25% del Bosque Seco original (Muñoz, et al. 2019). En la provincia de Loja específicamente, estos bosques se encuentran entre 190 a 1 000 m s.n.m. y abarcan la mayor área de este ecosistema con el 31% (3410 km²), del total de la superficie de la provincia (Herbario Loja et al. 2001); y, junto a los bosques del noroccidente del Perú, constituyen “El Centro de Endemismo Tumbesino” abarcando 135 000 km², que es conocida por contener un alto nivel de endemismo de especies de flora y fauna (Paladines, 2003; Aguirre et al. 2006).

Pese a la importancia que refleja la conservación de este ecosistema, se considera que entre el 80 y 90% de la cobertura original del bosque seco ha desaparecido, producto de su fragilidad y de la constante presión antrópica que soporta, lo que incluye la extracción de

productos forestales no maderables y maderables, los incendios forestales y el pastoreo de ganado caprino y vacuno. Estos bosques han soportado amenazas y grandes presiones antrópicas alarmantes durante las últimas décadas, pues al encontrarse en zonas habitadas por comunidades que desarrollan sus actividades diarias de subsistencia con el uso de los recursos provenientes del bosque, han terminado por degradarlos; pese a ello, aún existen áreas donde han sido menos intervenidos y mantienen una mejor estructura y diversidad de especies, en especial endémicas. (Povoa et al. 2014; Cruz et al. 2003). Producto de ello, desde mayo de 1978, se declaró en zona de veda al bosque seco del suroccidente del Ecuador mediante decreto #162, con el propósito de disminuir la extracción selectiva de la madera (principalmente de especies de alto valor comercial como *Handroanthus billbergii* (Jacq.) G. Nicholson, *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl. y *Terminalia valverdeae* A.H.), y así erradicar la percepción productivista y extractivista de la población local. Según estudios en estas áreas al parecer, la declaratoria de zona de veda, tuvo una influencia aceptable, motivo por el cual los bosques secos del sur del Ecuador, deben ser considerados como eje principal de investigación, manejo y conservación (Narváez, 2020; Aguirre & Geada, 2017). De manera general, la aplicación de técnicas de gestión sostenibles en los bosques secos, podría proporcionar un rendimiento económico sin dañar estas áreas; sin embargo, (Figueiroa et al. 2006) existen limitaciones para su aplicación, por la ausencia de datos fiables sobre los incrementos medios anuales de las variables dasométricas de las especies leñosas en sus condiciones naturales y una forma rápida de cuantificar este parámetro, es a través de la medición de anillos de crecimiento; que además, permiten comprender con precisión la dinámica de crecimiento del bosque, en relación con la estacionalidad climática (Povoa et al. 2014).

Los bosques secos constituyen un ecosistema de altísimo valor, no solamente por las especies que alberga, sino también, por la dinámica natural que originan en periodos lluviosos. A pesar de su importancia ecológica por la provisión de servicios ecosistémicos de regulación climática, abastecimiento de agua y materias primas (MAE, 2013), estos no han tenido la atención necesaria, la información referente a este ecosistema es escasa; y, la existente información se reduce a estudios de estructura y composición florística y estudios de la biodiversidad que alberga; por lo que, es necesario conocer la dinámica de crecimiento de este ecosistema, como objeto fundamental de investigación y manejo.

En este contexto, la presente investigación se desarrolló desde noviembre del 2021 a Marzo del 2023 y tiene como finalidad aportar, con información científica valiosa que

complementará a estudios previamente realizados en la Estación Experimental Zapotepamba, de la provincia de Loja, y por el Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Universidad Nacional de Loja; relacionada con la dinámica de crecimiento de cuatro especies forestales de bosque seco: (*Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch, *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl, *Prosopis juliflora* L., *Handroanthus billbergii* (Bureau & K. Schum.) S.O. Grose), establecidas en un huerto semillero de 1 748 m², el mismo que fue instalado por el Equipo Técnico del Laboratorio de Micropropagación Vegetal, en el marco del Proyecto de Investigación titulado: **“Generación de protocolos para la propagación *in vivo* e *in vitro* de genotipos élites de especies forestales nativas y promisorias para la reforestación en la región sur del Ecuador”**; y posteriormente, evaluado desde el 15 de mayo del año 2014 hasta julio del 2017, a través del trabajo de titulación denominada: **“Evaluación del comportamiento inicial de cuatro especies forestales nativas de bosque seco en la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador”**, de autoría del Ingeniero Forestal Marco Vinicio González, cuyos datos han servido como información secundaria base, para el cumplimiento del primer objetivo de la presente investigación, relacionada con la evaluación del crecimiento de cuatro especies forestales dentro de un huerto semillero, a través de variables dasométricas, durante sus primeros seis años de establecimiento, comprendidos del 2014 – 2021.

Los objetivos propuestos fueron los siguientes:

Objetivo general:

- Contribuir a la generación de información científica sobre la dinámica de crecimiento y la evaluación dendrocronológica de cuatro especies forestales nativas del bosque seco durante sus primeros seis años de establecimiento (2 014– 2 021), en un huerto semillero en la Estación Experimental Zapotepamba, de la provincia de Loja.

Objetivos específicos:

- Evaluar el crecimiento de cuatro especies forestales dentro de un huerto semillero, a través de variables dasométricas, durante sus primeros seis años de establecimiento (2014 – 2021).

- Evaluar la dinámica del crecimiento de cuatro especies dentro de un huerto semillero, con métodos dendrocronológicos, durante sus primeros seis años de establecimiento (2014 – 2021).
- Difundir los resultados de la investigación a los actores sociales interesados, para su conocimiento e información.

4. Marco Teórico

4.1. Bosques secos del Ecuador.

Ecuador contiene una alta diversidad de ecosistemas, especies, recursos genéticos, tradiciones y costumbres, razones que lo han conducido a integrar el grupo de países megadiversos del mundo (Aguirre, 2012). Uno de estos ecosistemas importantes son los bosques secos, ubicados principalmente en el centro y sur del país, en zonas relativamente pobladas como en las provincias de Imbabura, Esmeraldas, Manabí, Guayas, El Oro y Loja.

Los bosques secos en Ecuador pasan desapercibidos, pues según Aguirre, Kvist y Sánchez (2006) es poco lo que se conoce sobre su dinámica de crecimiento, la flora y fauna que albergan; sin embargo, son de mayor relevancia económica para una gran porción de la población rural debido a que su subsistencia se basa en el suministro y venta de productos maderables y no maderables. Los bosques secos ecuatorianos enfrentan constantes amenazas fruto de actividades de carácter antrópico, pues según Paladines (2003) al sufrir una larga estación seca, estas áreas son mucho más favorables para la agricultura, el asentamiento de poblaciones humanas, el desarrollo de actividades productivas y como consecuencia sufren transformaciones.

En Ecuador la distribución de los bosques está influenciada por factores climáticos y topográficos (Aguirre, Kvist y Sánchez, 2006). En todo el país se identifican siete unidades de bosques secos planteadas por Lozano (2002) en una adaptación de Harling (1979), Cañadas (1983), Sierra et al. (1999), Kessler (1992), Balslev y Øllgaard (2002):

4.1.1. *Matorral seco espinoso.*

Se encuentra localizado en las provincias de El Oro, entre Arenillas y Huaquillas, en un rango altitudinal que va desde 0 – 200 m s.n.m.; y, en la provincia de Loja hacia el occidente en las partes más bajas de Zapotillo, en un rango altitudinal de 280 – 350 m s.n.m. De la misma manera, también se localiza sobre los 1 000 m s.n.m., con algunas especies indicadoras del género *Croton*, *Capparis* y *Euphorbia* (Aguirre, Kvist y Sánchez, 2006).

4.1.2. *Bosque seco deciduo.*

El 75% de las especies pierden sus hojas durante la estación seca, es reconocido por el bosque de ceibo que caracteriza las provincias de Manabí, Guayas, El Oro y Loja. Actualmente se caracteriza por presentar alto grado de intervención. Los cantones de Macará y Zapotillo son los que presentan las mejores muestras de estos bosques.

4.1.3. *Bosque seco Semideciduo.*

Este tipo de cobertura se desarrolla a una altitud de entre 200 y 1 100 m s.n.m. en la temporada seca pierde entre el 25 y 75% de sus hojas. Se encuentra principalmente en las provincias de Loja, El Oro, Guayas y Manabí. Destacan especies del género *Centrolobium*, *Triplaris* y *Gallesia*, que presentan un grado de intervención mayor, pues sus bosques se han reemplazado por cultivos.

4.1.4. *Bosque seco montano bajo.*

Se ubica en altitudes de entre 900 a 1 600 m s.n.m., en las provincias de Loja y El Oro, en donde a diferencia del bosque anterior, más del 50% de los elementos florísticos mantienen sus hojas. Algunas de sus especies características son: *Fulcaldea laurifolia*, *Chionanthus pubescens*, *Annona cherimola*, *Tecoma stans*, *Jacaranda sparreiy*, *Cordia alliodora*.

4.1.5. *Bosque seco interandino del sur.*

Ubicado en los valles interandinos de Loja (Catamayo, Vilcabamba, Malacatos, Quinara) y el sur de la provincia de Azuay (Susudel-río León, valle Yunguilla-Jubones). Su grado de intervención ha sido alto, lo que ha potenciado el desarrollo de bosquetes de *Acacia macracantha*, *Anadenanthera colubrina*.

4.1.6. Bosque seco interandino oriental.

Son bosques limitados a una altitud de entre 800 y 1 200 m s.n.m., con un grado de intervención muy alto y reciente. Dentro de su vegetación destacan *Anadenanthera colubrina*, *Tabebuia chrysantha* y *Hura crepitans*.

4.1.7. Bosque seco interandino del norte.

Está ubicado en valles secos interandinos entre 1 800 y 2 600 m s.n.m. desde Imbabura en el Norte, hasta Azuay en el sur. Se pueden destacar los valles de Chota (Imbabura), Guayllabamba (Pichincha), Patate (Tungurahua) y Chanchán (Chimborazo). Posee un grado de intervención alta, pero existen algunos lugares protegidos donde se encuentra un bosque con dosel de hasta 8 m de altura; sin embargo, posee baja diversidad de especies.

4.2. Los bosques secos en el sur del Ecuador.

En el sur del Ecuador se presentan condiciones topográficas con pequeñas barreras montañosas que permiten mostrar paisajes abiertos y orientados al sur y suroeste (Vázquez et al. 2001). Se trata de remanentes boscosos ubicados en las provincias de El Oro y Loja, más continuos y en mejor estado de conservación que aquellos que se encuentran en la costa, centro y norte del Ecuador, esto debido a la declaratoria de zona de veda bajo la cota 1 000 m s.n.m. en mayo de 1 978 que al parecer influyó positivamente para su conservación; sin embargo, las amenazas que enfrenta se traducen en la pérdida irremediable de cobertura original. Forman parte de una de las regiones con mayor endemismo de especies, que se denomina Zona de Endemismo Tumbesina, que se extiende hasta la provincia de Esmeraldas al norte, zona que también ha sido incluida en la lista de “hot spots” del mundo (Aguirre y Kvist, 2009).

Los principales remanentes de bosque seco en la provincia de Loja, lo conforman los ubicados en los cantones de Macará y Zapotillo, el cañón del río Catamayo (1 500 ha), la Ceiba (10 000 ha), Cerro Negro (3 000 ha) y los bosques de Tagua (3 000 ha.); que son considerados como ecosistemas caducifolios, ya que más del 75% de las especies vegetales pierden estacionalmente sus hojas durante los meses secos que fluctúan entre tres y ocho (González, 2017).

Estos bosques constituyen un ecosistema frágil, representado por especies como: *Ceiba trichistandra*, *Handroanthus chrysanthus*, *Cordia lutea*, *Terminalia valverdae*, *Machaerium millei*, *Cochlospermum vitifolium*, *Bursera graveolens*, *Coccoloba ruiziana*; que se desarrollan en condiciones extremas y que han soportado una fuerte sobreexplotación por parte del ser humano (Aguirre y Delgado, 2 001).

4.3. Especies forestales nativas.

Las especies forestales nativas se caracterizan por pertenecer a determinados ecosistemas naturales y por desempeñar un papel importante en la biodiversidad, pues contienen recursos renovables que pueden dar una producción permanente de bienes y servicios, pero muy poco se conoce sobre el manejo que deben recibir para mantener la productividad (Loján, 1992).

Son un conjunto de especies pertenecientes a ecosistemas naturales ricos en diversidad y recursos, que se han mantenido aisladas de intervenciones antrópicas. Así mismo, su conservación ha sido limitada, pues pese a que otorgan bienes y servicios de forma permanente, es poco lo que se conoce sobre su manejo y producción sostenible (Paredes, 1997).

De manera contradictoria, las especies forestales nativas satisfacen necesidades de alimentación, medicina, vivienda, combustible, madera y ornamentación, por lo que representan un medio de subsistencia de las comunidades cercanas (Loján, 1992).

La importancia de estas especies radica en el uso que le dan las comunidades locales, sirven para satisfacer necesidades de alimentación, medicina, vivienda, combustible, madera y ornamental. Se reconoce su utilidad, tanto en el área urbana como en el área rural, por los servicios que prestan, lo cual no puede sustituirse con otras alternativas (Loján, 1992).

4.4. Conceptos de dinámica de bosques.

La dinámica vegetal se concentra en los cambios de las poblaciones, especies o comunidades de plantas en un lapso de tiempo y espacio, de la composición de los ecosistemas,

bajo la influencia de factores y parámetros naturales o antrópicos (Asquit, 2002). Para comprender de mejor manera la dinámica de bosque abordaremos los siguientes conceptos:

4.4.1. Reclutamiento.

El reclutamiento cuantifica la capacidad de incrementar el número de individuos y es la manifestación de la fecundidad de las especies y del crecimiento y sobrevivencia de los juveniles constituyéndose en uno de los aspectos más dinámicos y más importantes de una población (Williard, 1996).

4.4.2. Dinamismo.

Palacios (1997) indica que el dinamismo del bosque se expresa a través de los cambios derivados de la mortalidad y el reclutamiento de individuos a través de los años. La dinámica de un bosque se basa en principios ecológicos que han contribuido a la naturaleza del mismo. Los principales aspectos de la dinámica son la sucesión, competencia, tolerancia y la zona del óptimo. La dinámica de los bosques está dada por la regeneración natural, crecimiento y mortalidad (Sisalima, 2000).

Asquith (2002) menciona que la polinización, dispersión, la muerte, la caída de árboles y la regeneración natural son parte de la dinámica cotidiana de los bosques. Al monitorear una parcela, se pueden obtener directamente el diámetro y la altura de los árboles y se puede calcular el área de la sección transversal o la biomasa para comprender el proceso dinámico natural del bosque (Torres et al., 2012).

4.4.3. Mortalidad.

La mortalidad arbórea es el número proporcional de árboles fallecidos, en una población, en un tiempo determinado y juega un papel importante en los ecosistemas boscosos. La comprensión de este mecanismo de funcionamiento, en todas las escalas, es fundamental en la demografía arbórea contribuye el conocimiento de los bosques y su dinamismo (Williard, 1996).

4.5. Dinámica poblacional de bosques.

La dinámica es un proceso ordenado de cambios en la vegetación (estructura y composición de las especies). Este proceso ordenado de cambio de los cuerpos en el bosque puede ser medido mediante tres indicadores fundamentales: el crecimiento de los rodales y las especies arbóreas, la tasa de mortalidad y la tasa de reclutamiento. Las poblaciones sufren cambios en su tamaño, densidad, dispersión y distribución de edad en respuesta a cambios en las condiciones ambientales con exceso o escasez de alimentos u otros nutrientes críticos. Estos cambios en las propiedades de las poblaciones se denominan dinámica poblacional (Miller, 1994).

Dinámica es el proceso permanente de cambio en la estructura y funcionamiento de un ecosistema. El proceso reproductivo de los árboles se puede considerar como una serie de fases consecutivas, las cuales comprenden la floración, los sistemas de polinización y fecundación, los procesos de dispersión de frutos y semillas, la latencia o dormancia de las semillas y la germinación de las mismas. La fase final de este proceso corresponde al establecimiento de las plántulas y su mantenimiento dentro de un ambiente en donde ellas pueden crecer hasta convertirse en árboles reproductivamente maduros. La regeneración les permite a las especies permanecer a través del tiempo dentro de un bosque en particular (Melo y Vargas, 2003).

4.6. Variables dasométricas para determinar la dinámica de crecimiento

4.6.1. Diámetro a la altura del pecho (DAP)

Es la medida más típica de un árbol, se abrevia con las letras DAP y debe ser rigurosamente medido a 1,30 m de altura desde el suelo (Imaña, 2011). Se puede medir directamente con una cinta diamétrica, forcípula u obtener el CAP a través de una cinta métrica.

4.6.2. Altura

Según Cancino (2012) la altura de los árboles es la longitud de la línea recta que va desde el suelo (base del fuste) hasta algún punto en el árbol. Después del DAP, es la variable más medida en los árboles, pues se utiliza para caracterizar rodales o para la estimación del volumen. Según la parte del árbol que se trate se puede distinguir 5 tipos de alturas:

- Altura total (h_t): medida desde el suelo hasta el ápice de la copa.
- Altura fustal (h_f): medida desde el suelo hasta la base de la copa del árbol (viva o muerta).
- Altura comercial (h_c): medida entre el suelo y el punto donde el fuste tiene un diámetro comercial definido.
- Altura de tocón ($h_{0,3}$): medida entre el suelo y la base del primer trozo.
- Altura de copa viva (h_{cop}): medida entre el suelo y el inicio de la copa viva.

4.6.3. Área basal

Es la superficie medida en metros cuadrados (m^2) de la sección transversal de un árbol, refiriéndose a la sección horizontal de un árbol, que se encuentra a 1,30 del suelo (DAP) que expresa la densidad de rodal (Cancino, 2012). Se calcula con la siguiente fórmula:

$$G = 0,7854 \times DAP^2$$

Donde:

G = Área basal.

DAP = Diámetro a la altura del pecho.

4.6.4. Volumen

Es la cantidad de madera que puede aprovecharse árbol por árbol o agrupando los árboles en clases diamétricas, según la unidad de medida determinada (metros cúbicos, pies tablares). La determinación del volumen en pie consiste en estimar el volumen del árbol, a partir de variables de más fácil medición como el DAP, la altura y la forma del fuste (Cancino, 2012). Se calcula con la siguiente fórmula:

$$V = G \times HT \times f$$

Donde:

V = Volumen

G = Área basal

HT = Altura total

f = Factor de forma (0.7)

4.7. Crecimiento de los árboles.

El crecimiento de un árbol o de una masa forestal está representado por su respectivo desarrollo, es decir, que a medida que un árbol crece, sus dimensiones también aumentan. (Klepac, 1983). Este crecimiento en un período de tiempo determinado se llama incremento.

El crecimiento de las plantas está regulado por una serie de factores: genéticos y del ambiente. En consecuencia, el crecimiento de los árboles tanto en diámetro, como en altura está relacionado con estos factores. Además, indica que el crecimiento es un proceso cuantitativo, relacionado con el aumento en masa del organismo y el desarrollo cualitativo se refiere a los cambios experimentados por la planta, durante la fase de crecimiento (Carvajal y Calvo, 2013). En este contexto, las interrelaciones entre el bosque y su medio circundante determinan que muchos individuos en una masa arbórea presenten diferentes ritmos de crecimiento, muchos son eliminados a través de la selección natural o artificial, y a consecuencia de ello, el desarrollo o incremento de una masa boscosa, es diferente al desarrollo e incremento de un árbol (Klepac, 1976).

4.7.1. Tipos de crecimiento.

4.7.1.1. Crecimiento periódico en diámetro (Cr. D)

El crecimiento del DAP, se refiere al aumento de diámetro del árbol en un periodo determinado (Jumbo, 2019) y que se da por actividad del tejido meristemático cambium, que genera cada año una capa de madera hacia el interior del fuste. El crecimiento del diámetro se ve influenciado por el ambiente determinante y por la competencia entre árboles. Este crecimiento varía a lo largo del fuste y es imposible su medición en la fase juvenil de los árboles, pues el DAP sólo puede medirse hasta cuando el árbol supera 1,3 m de altura. (Cancino, 2012). Para el cálculo de este parámetro se utiliza la fórmula planteada por Quezada et al. (2012):

$$\text{Cr. } D_{1,30 \text{ m}} = D_{1,30 \text{ f}} - D_{1,30 \text{ i}}$$

Dónde:

Cr. DAP = Crecimiento diamétrico

DAP f = Diámetro al final del periodo

DAP i = Diámetro al inicio del periodo

4.7.1.2. Crecimiento periódico en altura (Cr. H)

La altura total es la distancia vertical entre el nivel del suelo y la yema terminal más alta del árbol. Es el resultado de la actividad de los tejidos meristemáticos primarios. El crecimiento en altura puede determinarse comparando inventarios, a través del conteo y medición de longitud fustal, entre verticilos (coníferas) y mediante análisis fustal. Se puede medir a través del uso del hipsómetro de haga e hipsómetro de suunto (Quezada et al. 2012). Para el cálculo de este parámetro se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Cr. H} = H_f - H_i$$

Dónde:

Cr. H = Crecimiento en altura

Hf = Altura al final del periodo

Hi = Altura al inicio del periodo

4.7.1.3. Crecimiento periódico en área basal (Cr. G)

El área basal se define como el crecimiento diamétrico (grosor del fuste a 1,30 m) de cada individuo en un periodo de tiempo; este incremento se evalúa con base a la medición del diámetro, vale indicar que un crecimiento de área basal constante por año, significa que el crecimiento diamétrico va en aumento (Loján, 1977). Para el cálculo de este parámetro, se utiliza la siguiente fórmula planteada por Quezada et al. (2012).

$$\text{Cr. G} = G_f - G_i$$

Dónde: $G = 0.7854 \times DAP^2$

Cr. G = Crecimiento en área basal

Gf = área basal final

Gi = área basal inicial

4.7.1.4. Crecimiento periódico en volumen (Cr. V)

El crecimiento en volumen es la variable resultante del incremento en diámetro y en altura del fuste del árbol. Es la más útil y más empleada en estudios de crecimiento. Es la variable con las fases de crecimiento de mayor longitud. Depende del DAP y la altura de los árboles, por ende, es afectada por los mismos factores que afectan aquellas variables (Cancino, 2012). Para calcularla se emplea la fórmula planteada por Aldana (2010).

$$\text{Cr. V} = V_f - V_i$$

Dónde:

Cr. V = Crecimiento volumétrico

Hf = Volumen al final del periodo

Hi = Volumen al inicio del periodo

4.7.1.5. Incremento periódico anual (Cr. p. a)

Se los determina en función de DAP, altura, área basal y volumen. Corresponde a lo que el árbol creció en promedio durante un periodo de varios años. Por ejemplo, el crecimiento promedio del volumen en 5, 10, 15 años. Se calcula en base a los valores al principio y al final del periodo, y el número de año (Loján, 1997). Se puede calcular para todas las variables dasométricas en estudio a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Cr. p. a} = \frac{C_f - C_i}{t}$$

Dónde:

Cr.p.a = Crecimiento periódico anual (DAP, H, G y V)

Cf = Crecimiento al final del periodo

Ci = Crecimiento al inicio del periodo

t= Tiempo

4.8. Características de la Dendrocronología

El término dendrocronología, desde el punto de vista etimológico, procede de la agregación de tres morfemas de origen griego: dendro (árbol); crono (tiempo); logía (estudio). Por lo tanto, el significado literal de dendrocronología sería el estudio de la edad o tiempo de los árboles, tradicionalmente interpretado como el conocimiento de la edad de las leñosas utilizando los anillos de crecimiento de formación anual (Génova y Díez, 2022).

La dendrocronología es una disciplina científica que estudia los anillos anuales de crecimiento en plantas leñosas, principalmente en árboles, a través del tiempo (Mendivelso, Camarero, Gutiérrez y Castaño, 2016). Se trata de una de las técnicas de registro ambiental más importantes para evaluar la variedad de procesos ambientales naturales y un monitor de los cambios registrados, causados por el ser humano en el medio (Burneo, 2020).

La dendrocronología trata de una relación muy estrecha entre árboles y el tiempo. Es una disciplina colmada de técnicas y métodos, que pretenden establecer cronologías o series que constituyen un registro del tiempo y un archivo de acontecimientos pasados. Consiste en el fechado de eventos pasados a través del estudio de los anillos de crecimiento y se la puede aplicar en diversos problemas ambientales y climáticos y de esta manera verificar que cual fue la causa del crecimiento mayor o menor de un anillo (Gutiérrez, 2009; Zúñiga, 2012).

4.8.1. Dendrocronología y el crecimiento de los árboles: importancia en el manejo forestal.

En el aprovechamiento forestal es necesario que los estudios de manejo se apoyen con información complementaria que indiquen el estado actual del bosque adulto y el estado de su regeneración e incremento de especies a fin de fundamentar el manejo y así apoyar las decisiones técnicas silvícolas a aplicar. Para hacer un manejo forestal sostenible, se debe aprovechar en el bosque un volumen igual al crecimiento que se ha dado en ese tiempo, para evitar que se disminuya el vuelo por debajo de los límites que le permitan la recuperación de su potencial de producción, dentro de períodos económicamente interesantes, entonces conocer

la tasa de crecimiento de los mejores individuos de las especies comerciales es de gran importancia, pues de ello depende, en gran medida, el éxito económico del manejo (Valerio y Salas, 1998).

Para la obtención de información necesaria para realizar un manejo forestal se necesita realizar evaluaciones y monitoreo de las prácticas silviculturales, para el cual se instalan parcelas permanentes de muestreo (PPM's), pero considerando que la evaluación de las PPM's demanda mucho tiempo, como alternativa innovadora se presenta el análisis de anillos de crecimiento, que según Worbes (1995), es un método conveniente y directo para la recolección de información de crecimiento de árboles. El análisis de anillos en las especies tropicales es usado para determinar la edad de los árboles (Worbes et al., 1999), para el estudio de las respuestas de crecimiento a los cambios estacionales de precipitación (Dunisch et al., 2003) y para estudiar las tasas de crecimiento y las relaciones entre edad y tamaño.

4.8.2. Aplicaciones de la dendrocronología.

Debido a la información que registra, la dendrocronología tiene múltiples campos de aplicación, entre ellos, la climatología y paleoclimatología que permite reconstruir el clima del pasado, para periodos de los cuales no se dispone de registros meteorológicos, mediante la señal climática grabada en los anillos de crecimiento (Gutiérrez, 2009).

En geología los anillos de los árboles pueden registrar el efecto de los terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos de terreno, caída de rocas, aludes de nieve, riadas, avance y retroceso de glaciares, etc. En dendroarqueología, se realiza la datación absoluta de construcciones y objetos arqueológicos de madera, siendo importante mencionar que fue una de las primeras aplicaciones de la dendrocronología (Gutiérrez, 2009).

Estos diversos campos de aplicación han permitido el surgimiento de nuevas disciplinas, por ejemplo, de la dendroecología donde se analiza el comportamiento y reconstrucción del clima; la reconstrucción de caudales en dendrohidrología, regímenes de incendios forestales en dendrocronopirología y la reconstrucción de deslizamientos y aludes lo estudia la dendrogeomorfología (Gómez, 2019).

4.9. Principales métodos y técnicas de datación en zona tropicales.

Uno de los métodos más utilizados es la Medición de anillos de crecimiento; que nos permite determinar la edad de los árboles mediante la identificación, reconocimiento anatómico, conteo y medición de los anillos anuales de crecimiento. Es importante la obtención del ancho de un anillo a través de la medición del inicio de la zona clara (leño inicial) y al final de la zona oscura (leño tardío), esto para obtener la cantidad de crecimiento en un determinado año. La presencia de anillos anchos indica un crecimiento acelerado, mientras que los anillos más estrechos indican un crecimiento más lento; siendo así, una de las metodologías más precisas y más utilizadas para determinar la edad de un árbol (Zúñiga, 2012).

4.9.1. Densitometría por Rayos X.

Es una técnica que consiste en la atenuación de los rayos X por la madera obteniendo valores exactos en anchos de anillos de crecimiento y densidades aparentes internas. Los estudios con rayos X, puede verse como una actividad netamente investigativa, sin embargo, se trata de una valiosa herramienta que permite reunir en un proceso gran cantidad de información de alto valor para el seguimiento y toma de decisiones en el manejo forestal (Zúñiga, 2012).

4.9.2. Isotopía radioactiva.

Se trata del estudio de isótopos estables de Carbono (^{14}C), Oxígeno (O^{18} , O^{16}) y Nitrógeno (N) de anillos de crecimiento y aplicados a climatología, ecología e hidrología. Estos análisis son costosos y requieren de personal altamente entrenado (Worbes, 1995). En el trópico la técnica de isotopía permite estimar las variaciones de precipitación pasadas asociadas con el Fenómeno del Niño y también la posibilidad de proveer un control dendrocronológico de los árboles con variación isotópica interanual bien definida (Rosero 2009).

4.9.3. Mediciones continuas de la circunferencia y/o diámetro de los árboles.

Es un método dinámico consiste en la implantación de fajas dendrométricas permanentes en el fuste de los árboles, los cuales permiten la medición continua del crecimiento

diametral o de la circunferencia determinando los periodos de actividad cambial en relación al ritmo de crecimiento y las variables climáticas mediante su asociación con marcaciones anuales del cambium y fenología. Esta metodología es muy utilizada como parte de la aplicación de la dendrocronología principalmente en dendroecología y la dendroclimatología. Estudios donde se aplicaron estos métodos determinaron variaciones en la tasa de crecimiento de tres especies forestales tropicales (*Cedrela odorata*, *Eperua bijuca*, *Calophyllum angulare*) relacionadas estrechamente a la precipitación y la disponibilidad de agua en el suelo en la estación lluviosa y la ocurrencia del periodo seco con reducción de la actividad cambial (Rosero, 2009).

4.10. Descripción de las especies forestales nativas en estudio.

4.10.1. *Prosopis juliflora* (Sw) DC.

4.10.1.1. Clasificación Botánica.

Orden: FABALES

Familia: FABACEAE

Género: *Prosopis*

Especie: *juliflora*

Nombre común: Algarrobo



Figura 1. Árbol de la especie *Prosopis juliflora*.

4.10.1.2. Descripción Botánica.

Es un árbol grueso, espinoso, de madera dura y de comportamiento caducifolio. Considerado como una especie de uso múltiple, que bajo condiciones favorables alcanza hasta 20 m de altura y cuyo DAP varía entre 40 a 80 cm. Posee un fuste irregular bifurcado desde la base con corteza negruzca fisurada. Su copa irregular alcanza de 8 a 12 metros de diámetro. Sus hojas color verde son compuestas, alternas, bipinnadas de 10 a 20 cm de longitud con su peciolo ensanchado. Presenta numerosas flores pequeñas de color crema dispuestas en espigas cilíndricas de 5-15 cm de largo, hermafroditas; con corola color blanco verdoso y estambres de 5-8 mm de largo. Sus frutos son legumbres drupáceas indehiscentes de color amarillo pajizo o marrón de 12 a 15 cm de longitud y 1,5 cm de diámetro, lineales, falciformes; con mesocarpo carnoso y endocarpo segmentado en compartimentos para una semilla, segmentos coriáceos a leñosos; semillas ovoides, achatadas, duras y de color marrón cuando está madura. Especie heliófita de rápido crecimiento y larga vida, se reproduce por semilla, prefiere suelos aluviales profundos (Aguirre, 2012).

4.10.1.3. Distribución Geográfica.

Esta especie crece entre 0 y 500 m s.n.m. en los bosques pluviestacionales y secos andinos en las provincias de Esmeraldas, Galápagos, Guayas, Loja y Manabí (Aguirre, 2012).

4.10.1.4. Usos.

El fuste de esta especie sirve como leña, carbón y para construcción. Sus hojas sirven de alimento para el ganado (forraje), sus flores se usan en apicultura, mientras que sus frutos alimentan al ganado y también se obtiene de ella la algarrobina, café de algarroba, dulces y harina. Se utiliza como cerca viva, en sistemas agroforestales y para el control de la erosión del suelo.

4.10.2. *Handroanthus billbergii* (Bureau & Schum.) S.O Grose.

4.10.2.1. Clasificación Botánica.

Orden: LAMIALES

Familia: BIGNONIACEAE

Género: *Handroanthus*

Especie: *billbergii*

Nombre común: Guayacán negro



Figura 2. Árbol de la especie *Handroanthus billbergii*

4.10.2.2. Descripción Botánica.

Conocido como Guayacán negro, es un árbol endémico del bosque seco de la costa de Ecuador y Perú, caducifolio, que alcanza de 12 a 14 metros de altura y de 20-25 cm de DAP. Su fuste es cilíndrico con corteza fisurada color pardo oscuro y con ramas color café-claro, pubescentes. Su copa es amplia, extendida e irregular. Hojas palmadas compuestas, opuestas, con ápice agudo y bordes aserrados, de 3 a 5 folíolos, decusadas, digitadas (palmadas), que miden hasta 10 cm de longitud y 5 cm de ancho. El folíolo terminal es más grande que los laterales, ligeramente pubescentes en el haz, borde entero, de ápice agudo a acuminado. Flores con cáliz campanulado, pubescente; corola tubular amarillo limón con estrías pardas rojizas y pétalos amarillos, en inflorescencia racimosa. Su fruto es una cápsula cilíndrica pubescente (parecida a una vaina) verde cuando está tierna y café cuando está madura, de 15-30 cm de longitud, que contiene abundantes semillas aladas. Florece dos veces en el año, en junio-julio y noviembre-diciembre. Se propaga por semilla y es de lento crecimiento (González et al. 2005), crece en altitudes de 0 a 50 m s.n.m., su madera es usada para construcciones y ebanistería.

4.10.2.3. Distribución Geográfica.

Es una especie endémica del bosque seco ecuatoriano y peruano. Se desarrolla en altitudes que van desde 0 – 50 m s.n.m. En Perú se localiza en los departamentos de Piura y Tumbes. Se encuentra en el norte de Venezuela, en zonas de Colombia; y en el Ecuador crece en las provincias de Manabí, Guayas y Loja (Aguirre, 2012).

4.10.2.4. Usos.

Sus hojas y flores son de excelente para forraje de ganado caprino y bovino, su fuste es de utilidad en el aserrado, en la elaboración de parquet, vigas pilares. Además, su madera es cotizada para artesanía y carpintería (Aguirre, 2012; Montoya, 2001).

4.10.3. *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl.

4.10.3.1. Clasificación Botánica

Orden: SAPINDALES

Familia: ANACARDIACEAE.

Género: *Loxopterygium*

Especie: *huasango*

Nombre común: Hualtaco, huansango.



Figura 3. Árbol de la especie *Loxopterygium huasango*

4.10.3.2. Descripción Botánica.

Es un árbol caducifolio, que alcanza hasta 20 metros de altura y un DAP de 40 cm. Posee fuste irregular, muy ramificado. Su corteza es lisa, color café cuando es un individuo joven, mientras que cuando es adulto la corteza es marrón y se desprende en placas rectangulares. Exuda un látex cremoso que fluye en gotas gruesas. Sus hojas son compuestas, alternas, imparipinadas, de 30 a 40 cm de longitud; las nervaduras con presencia de pelos blanquecinos hirsutos, borde aserrado, con olor astringente que causa alergia. Sus flores son pequeñas, de 3 mm de longitud, verde-blanquecino, formando espigas compuestas, axilares. El

fruto es una sámara, con semillas aladas de 1,5 cm de color verde (tierno) y café-verdoso (maduro). Puede ser propagado por semilla y por estaca (Aguirre, 2012).

4.10.3.3. Distribución Geográfica.

Es un árbol que habita en planicies y zonas montañosas del bosque seco, se distribuye en las provincias de Guayas, El Oro y Loja, crece entre 0 a 2 000 m s.n.m. (Aguirre, 2012).

4.10.3.4. Usos.

Su fuste sirve para la elaboración de parquet, construcción de viviendas, muebles, cercos de potreros y artesanías. Sus hojas y frutos sirven como alimento para el ganado, mientras que su resina es usada como analgésico (Aguirre, 2012; Montoya, 2001).

4.10.4. *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch.

4.10.4.1. Clasificación Botánica.

Orden: SAPINDALES.

Familia: BURSERACEAE.

Género: *Bursera*

Especie: *graveolens*

Nombre común: Palo santo



Figura 4. Árbol de la especie *Bursera graveolens*

4.10.4.2. Descripción Botánica.

Es un árbol que llega a tener una altura de aproximadamente 12 metros y un DAP de hasta 40 cm, posee una corteza lisa con partes vegetativas muy fragantes por la presencia de glándulas resiníferas que exudan una resina con olor alcanforado. Posee hojas compuestas imparipinnadas, con flores pequeñas blanco-lila, su madera seca se quema y es utilizada como repelente, sus hojas se usan como forraje y también son usadas en infusiones (Aguirre, 2012).

4.10.4.3. Distribución Geográfica.

Esta especie habita en planicies y laderas del bosque seco. Crece en altitudes de 0 a 2 000 m s.n.m., en las provincias de Loja, El Oro, Guayas, Manabí, Imbabura y Galápagos. Se desarrolla en el Bosque seco pluviestacional y bosque seco andino (Aguirre, 2012).

4.10.4.4. Usos.

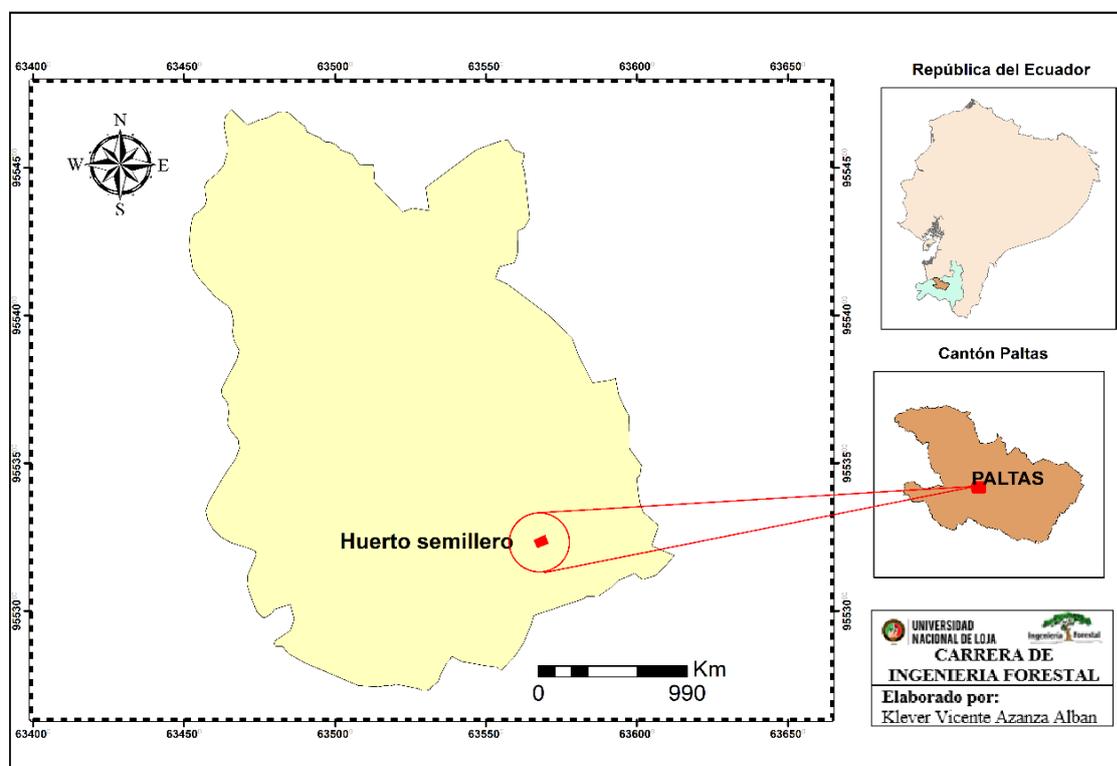
La flor de esta especie con sus propiedades medicinales, es usada para desinflamar el hígado. Sus hojas y su corteza verde sirven como alimento para el ganado. Se utiliza su incienso como repelente, para frotaciones musculares y como tratamiento de la gusanera de ganado. Sus hojas mezcladas con ajo, cebolla y miel de palo sirven para la gripe. (Aguirre, 2012; Montoya, 2001).

5. Metodología

5.1. Ubicación del área de estudio

La presente investigación se realizó en la Estación Experimental Zapotepamba, perteneciente a la Universidad Nacional de Loja, la cual se encuentra ubicada en la parroquia Casanga (valle de Casanga) perteneciente al cantón Paltas, provincia de Loja que consistió en la evaluación del crecimiento durante el periodo 2014 – 2021 de cuatro especies forestales de bosque seco, algarrobo (*Prosopis* L), guayacán (*Handroanthus billbergii* (Bureau & K. Schum.) S.O. Grose), hualtaco (*Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl) y palo santo (*Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch). La Estación Experimental Zapotepamba, cuenta con una finca de 195,6 hectáreas, de las cuales 40 hectáreas son potencialmente regables, las mismas que están ubicados en la parte baja de la finca; 150 hectáreas son áreas de cultivos y formaciones naturales de bosque seco y 5,6 hectáreas están destinadas para infraestructura educativa y productiva (Abad, 2012). El área del “Huerto Semillero” es de 1 748m² y fue instalado el 15 de mayo del 2014, (Figura 5).

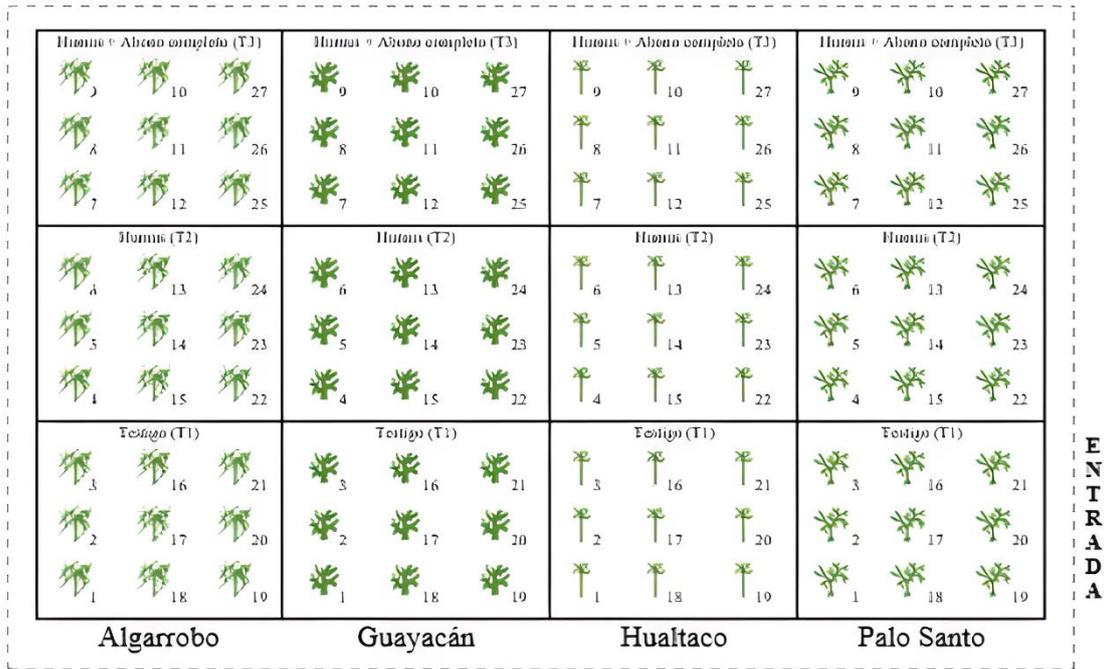
Figura 5. Mapa de ubicación del huerto semillero, en la Estación Experimental Zapotepamba, de la Universidad Nacional de Loja.



Para el desarrollo de las actividades del segundo objetivo, se trabajó en el Laboratorio de Dendrocronología, de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, perteneciente a la Universidad Nacional de Loja.

5.2. Metodología para evaluar el crecimiento de cuatro especies forestales, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, a través de variables dasométricas.

Para el desarrollo de este objetivo, se usó el modelo de distribución de las especies (Figura 6), establecido en el huerto semillero, en el año 2014, donde constan 27 individuos para cada especie de dicho ensayo: **Palo santo** (*Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch, **Guayacán** *Handroanthus billbergii* (Bureau & K. Schum.) S.O. Grose, **Algarrobo** (*Prosopis juliflora* L) y **Hualtaco** (*Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl), dando un total de 108 plantas, a una distancia de siembra de 3 x 3 m, en el marco del proyecto de investigación titulado: “Generación de Protocolos para la propagación *in vivo* e *in vitro* de genotipos élites de especies forestales nativas y promisorias para la reforestación en la Región Sur del Ecuador”, el mismo que fue ejecutado en el período 2013 - 2014, por el equipo técnico del Laboratorio de Micropropagación Vegetal (Figura 6).



E
N
T
R
A
D
A

Figura 6: Diseño de distribución de las cuatro especies forestales, sembradas en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba.

Fuente: Proyecto de Investigación de Bosque Seco - LMV - UNL - 2013 - 2014.

Además, se consideró la información secundaria de las mediciones y especificaciones del número de árboles a evaluar por especie (Tabla 1) tomadas por Gonzales (2014).

Tabla 1: Especificaciones del número de árboles a evaluar por especie.

No	ESPECIE	TRATAMIENTOS	Nº PLANTAS
1	Palo santo	T1 (Testigo)	9
		T2 (Humus)	9
		T3 (Humus + Abono Completo)	9
2	Hualtaco	T1 (Testigo)	9
		T2 (Humus)	9
		T3 (Humus + Abono Completo)	9
3	Guayacán	T1 (Testigo)	9
		T2 (Humus)	9
		T3 (Humus + Abono Completo)	9
4	Algarrobo	T1 (Testigo)	9
		T2 (Humus)	9
		T3 (Humus + Abono Completo)	9
TOTAL		108	

5.2.1. Medición de variables dasométricas

Para el cumplimiento del primer objetivo de la presente investigación, relacionado con la evaluación del crecimiento de cuatro especies forestales, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, a través de variables dasométricas, en el año 2021, se realizó la segunda medición del CAP de los árboles, con el uso de la cinta métrica, y la altura total, con el Hipsómetro Haga. La información se recolectó en la siguiente hoja de campo (Tabla 2).

Tabla 2: Hoja de campo para la recolección de datos de las variables dasométricas de los árboles del huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba.

Fecha:			Instrumentos de medida: HAGA / cinta métrica											
			Medidas tomadas por:											
			Forma del fuste: 1. Normal; 2. Muy torcido; 3. Torcido; 4. Poco torcido											
Tratamiento	Especie	N° Árbol	Coordenadas			HT (m)	CAP (cm)	DAP (cm)	Forma del Fuste (Torcido)	Diámetro de la copa			Estado Fitosanitario	Observaciones
			Lat. X	Long. Y	Alt. m s.n.m.)					1	2	Total (m)		

5.2.2. Cálculo del área basal (m^2) y del volumen (m^3)

Con los datos obtenidos en la medición del CAP y HT de los árboles, se realizó el cálculo del área basal y el volumen, utilizando un factor de forma de 0.7, en base a las siguientes fórmulas:

$$G = 0,7854 \times DAP^2 \quad (G) = \text{Área basal}$$

$$V = G \times HT \times f \quad V = \text{Volumen}$$

5.2.3. Cálculo del crecimiento o incremento periódico del diámetro (Cr. D).

Para calcular este parámetro, se utilizó la fórmula planteada por Quezada et al. (2012).

$$\text{Cr. } D_{1,30 \text{ m}} = D_{1,30 \text{ f}} - D_{1,30 \text{ i}}$$

Dónde:

Cr. D_{1,30 m} = Crecimiento en diámetro

D_{1,30f} = Diámetro al final del periodo

D_{1,30i} = Diámetro al inicio del periodo

5.2.4. Cálculo del crecimiento o incremento periódico de la altura total (Cr. H).

Para calcular este parámetro, se empleó la fórmula planteada por Quezada et al. (2012).

$$\text{Cr. H} = H_f - H_i$$

Dónde:

Cr. H = Crecimiento en altura

Hf = Altura al final del periodo

Hi = Altura al inicio del periodo

5.2.5. Cálculo del crecimiento o incremento periódico del área basal (Cr. G).

Para calcular este parámetro, se utilizó la fórmula planteada por Quezada et al. (2012).

$$\text{Cr. G} = G_f - G_i$$

Dónde:

Cr. G = Crecimiento en área basal

Gf = área basal final

Gi = área basal inicial

5.2.6. Cálculo del crecimiento o incremento periódico del volumen (Cr. V).

Para calcular este parámetro, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Cr. V} = V_f - V_i$$

Dónde:

Cr. V = Crecimiento volumétrico

Hf = Volumen al final del periodo

Hi = Volumen al inicio del periodo

5.2.7. Cálculo del crecimiento o incremento periódico anual (IPA).

El incremento o crecimiento periódico anual, es el crecimiento durante un periodo de varios años y se calcula como la diferencia entre valores al principio y final del periodo, dividido para el número de años que abarca ese periodo (Loján, 1997). Dicho incremento puede calcularse para todas las variables dasométricas (DAP, H, G y V), en base a la siguiente fórmula.

$$IPA = \frac{Cf - Ci}{t}$$

Dónde:

IPA = Incremento periódico anual (DAP, H, G, V)

Cf = Crecimiento de la variable al final del periodo

Ci = Crecimiento de la variable al inicio del periodo

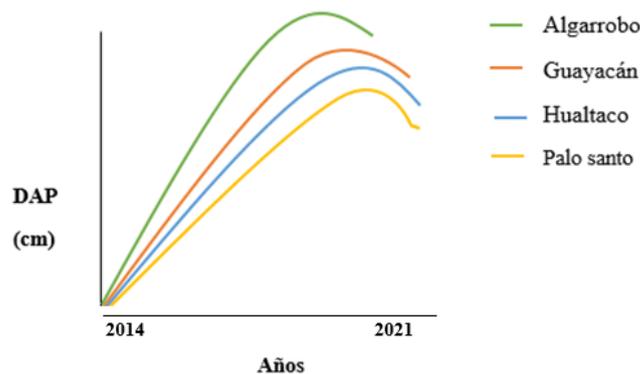
T = tiempo (duración del periodo)

5.2.8. Determinación de las curvas de crecimiento de las variables dasométricas.

Para la construcción de las curvas de crecimiento del DAP, altura total, área basal y volumen, de los árboles del huerto semillero de la estación experimental Zapotepamba, se utilizó los datos secundarios registrados a los dos, cinco, once, dieciocho y veinte seis meses de edad, los cuales fueron tomados de forma inicial por González en el año 2014; asimismo, se utilizó los datos de la segunda medición realizada en el año 2019, por el Ing. Klever Azanza; y, los datos de campo recolectados en el año 2021 en la presente investigación.

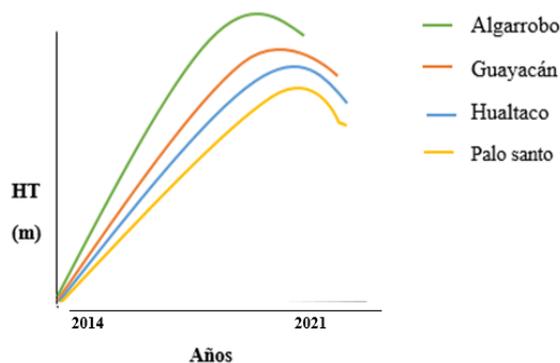
5.2.9. Curva de crecimiento del diámetro a la altura del pecho (DAP).

Para trazar gráficamente la curva de crecimiento de DAP para cada especie, en el eje de la abscisa (X) se ubicó los años, y en el eje de la ordenada (Y) la variable de DAP en centímetros.



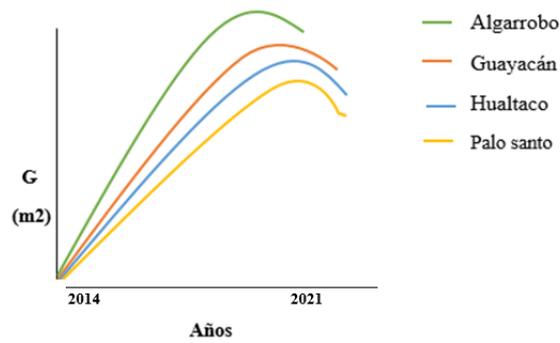
5.2.10. Curva de crecimiento de la altura total (HT).

Se representó gráficamente la curva de crecimiento de la HT para cada especie, para lo cual en el eje de la abscisa (X) se ubicó los años, y en el eje de la ordenada (Y) la variable de la altura total en metros.



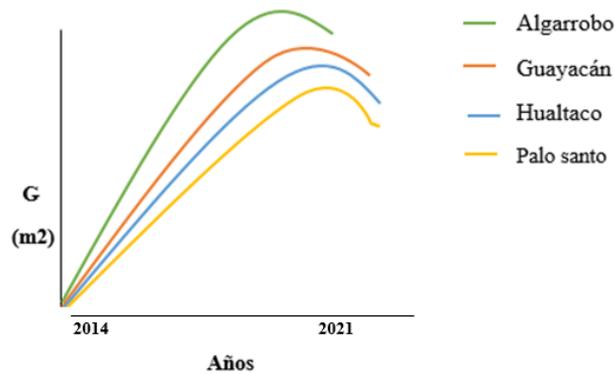
5.2.11. Curva de crecimiento del área basal (G).

De la misma manera, para cada especie, se trazó la curva de crecimiento del área basal (G), en donde se representó gráficamente en el eje de la abscisa (X) los años, y en el eje de la ordenada (Y) la variable de área basal, expresada en metros cuadrados (m²).



5.2.12. Curva de crecimiento del volumen (V)

Para el trazo de la curva de crecimiento del volumen (V) de las cuatro especies, se trazó representando gráficamente en el eje de la abscisa (X) los años, y en el eje de la ordenada (Y) la variable del volumen expresada en metros cúbicos (m³).



5.3. Metodología para evaluar la dinámica del crecimiento de cuatro especies forestales en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, utilizando métodos dendrocronológicos.

5.3.1. Análisis dendrocronológico de las cuatro especies.

5.3.1.1. Obtención y preparación de muestras de madera.

Se seleccionaron tres individuos por especie, dando un total de 12 individuos a muestrear, cuyos promedios de DAP fueron más cercanos al promedio del DAP de cada una de las especies. Para la obtención de las muestras o núcleos de madera, se utilizó el barrenado de Pressler; no se escogieron individuos al azar, sino de forma sistemática, por cuanto se corre el riesgo de escoger individuos muy pequeños y el barrenado puede ocasionar la mortalidad de los individuos seleccionados.

5.3.1.2. Preparación de las muestras de las especies.

Se realizó un lijado de los núcleos de los 12 árboles seleccionados de las cuatro especies forestales, con las lijas de grano 360, 500, 600, 1 000, 1 500, 2 000, 2 500 y 4 000, de forma manual y con una lijadora rotativa.

5.3.1.3. Conteo de los anillos de crecimiento.

El conteo de anillos de crecimiento, se llevó a cabo en el Laboratorio de Dendrocronología, perteneciente a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, de la Universidad Nacional de Loja, mediante el uso de un estereoscopio, a través del sistema de medición de anillos de crecimiento Lintab Pro 6 y el software TSAP-Win Pro. Se guardó los datos obtenidos de cada radio medido y se elaboró una serie dendrocronológica promedio por individuo y especie.

5.3.1.4. Análisis de muestras y generación de series dendrocronológicas.

Una vez medidas las series anuales de cada especie, se realizó un control y test de calidad estadístico para series dendrocronológicas, siguiendo los parámetros establecidos por Cook et al. (1990). El análisis estadístico de cada serie y cronología se evaluó a través del paquete estadístico especializado para dendrocronología “dplR” (Dendrochronology Program Library in R) (Bunn 2010, 2008) y “detrendR” (Campelo et al. 2012) dentro de la plataforma de programación estadística de código abierto R (R Development Core Team, 2009).

5.3.1.5. Dinámica de crecimiento.

Con las series de crecimiento anual de cada individuo y especie se realizó un análisis de los cambios del ancho de anillo de crecimiento en cada año y a través de todo el periodo, donde finalmente se obtuvo las curvas del crecimiento acumulado de cada especie durante el periodo 2014 – 2021.

5.4. Metodología para la difusión de los resultados obtenidos en la investigación

La difusión de los resultados en la presente investigación, se realizaron mediante las siguientes actividades:

- Socialización de los resultados obtenidos, al Equipo Técnico del Proyecto de Investigación Cinchona, del Laboratorio de Micropropagación Vegetal, de la Universidad Nacional de Loja.
- Manual Técnico informativo, con los resultados obtenidos en el trabajo de investigación.
- Elaboración de un artículo científico, con los resultados del trabajo de titulación; y,
- Elaboración y publicación del documento final del trabajo de titulación.

6. Resultados

6.1. Crecimiento de cuatro especies forestales en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, a través de variables dasométricas, en el período 2014-2021.

6.1.1. Crecimiento periódico de las variables dasométricas de las cuatro especies forestales.

En la tabla 3 se muestran los resultados de los valores promedios del crecimiento periódico de las variables dasométricas (DAP, H, G y V) de las cuatro especies forestales, plantadas en el huerto semillero en la Estación Experimental Zapotepamba, durante el período de evaluación 2014 – 2021, observándose que los mayores valores promedio del crecimiento de las variables dasométricas estudiadas, se presentaron en la especie *Loxopterigyum huasango*, en donde el DAP alcanzó un valor promedio de 16,902 cm; una altura total de 11,684 m; un área basal de 0,029 m² y un volumen de 0,251 m³; en tanto que, *Handroanthus billbergii* fue la especie que alcanzó el menor crecimiento en DAP, con 6,41 cm; *Bursera graveolens* alcanzó el menor crecimiento en altura con, 4,13 m y en área basal con 0,008 m²; mientras que, en crecimiento en volumen, la especie *Handroanthus billbergii*, registró el menor valor con 0,024 m³.

Tabla 3. Valores promedio y error estándar del crecimiento periódico de las variables dasométricas, de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.

ESPECIE	VARIABLES	N	Media	Error. Est.	Límite Inferior	Límite Superior
<i>Bursera graveolens</i>	DAP (cm)	25	8,024	0,359	7,320	8,728
	HT (m)	25	4,133	0,209	3,724	4,542
	G (m ²)	25	0,008	0,001	0,006	0,009
	V (m ³)	25	0,027	0,003	0,022	0,033
<i>Loxopterigyum huasango</i>	DAP (cm)	27	16,902	0,826	15,283	18,522
	HT (m)	27	11,684	0,332	11,032	12,335
	G (m ²)	27	0,027	0,002	0,024	0,033
	V (m ³)	27	0,251	0,024	0,204	0,298
<i>Handroanthus bilbergii</i>	DAP (cm)	9	6,414	1,021	4,414	8,414
	HT (m)	9	6,452	0,833	4,819	8,086
	G (m ²)	9	0,005	0,003	0,018	0,030
	V (m ³)	9	0,028	0,026	0,076	0,178
<i>Prosopis juliflora</i>	DAP (cm)	25	9,478	0,596	8,311	10,646
	HT (m)	25	8,743	0,428	7,905	9,581
	G (m ²)	25	0,009	0,001	0,007	0,011
	V (m ³)	25	0,063	0,008	0,047	0,079

6.1.1.1. Crecimiento periódico del DAP.

En lo relacionado a los valores promedios del crecimiento periódico (2014-2021) por especie de la variable DAP, se evidenció que la especie *Loxopterigyum huasango*, mostró el mayor crecimiento registrado, con un valor de 16,90 cm, mientras que el menor crecimiento se registró en la especie *Handroanthus bilbergii*, con 6,41 cm; además, de mostrar esta última un alto porcentaje de individuos perdidos (Figura 7).

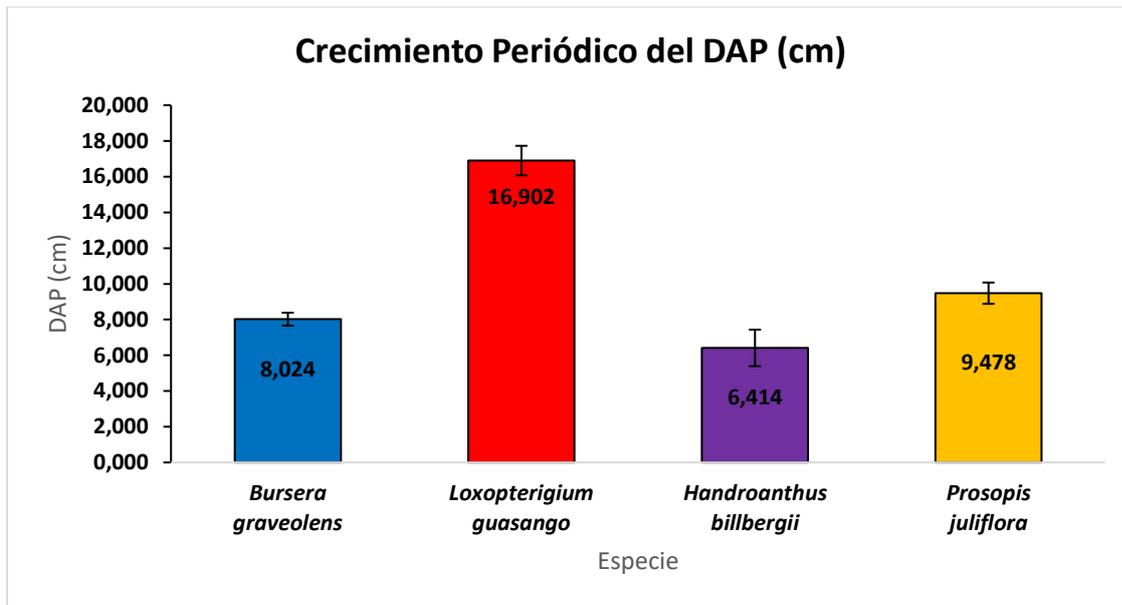


Figura 7. Valores promedio y error estándar del crecimiento periódico del DAP de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador

6.1.1.2. Crecimiento periódico de la altura (HT).

De acuerdo a los valores promedios obtenidos del crecimiento periódico (2014-2021) de la altura por especie, se pudo evidenciar que la especie *Loxopterigium huasango* registró el mayor valor de crecimiento, con 11,684 m.; mientras que, la especie *Handroanthus billbergii* obtuvo el menor crecimiento con 4,13 m. (Figura 8).

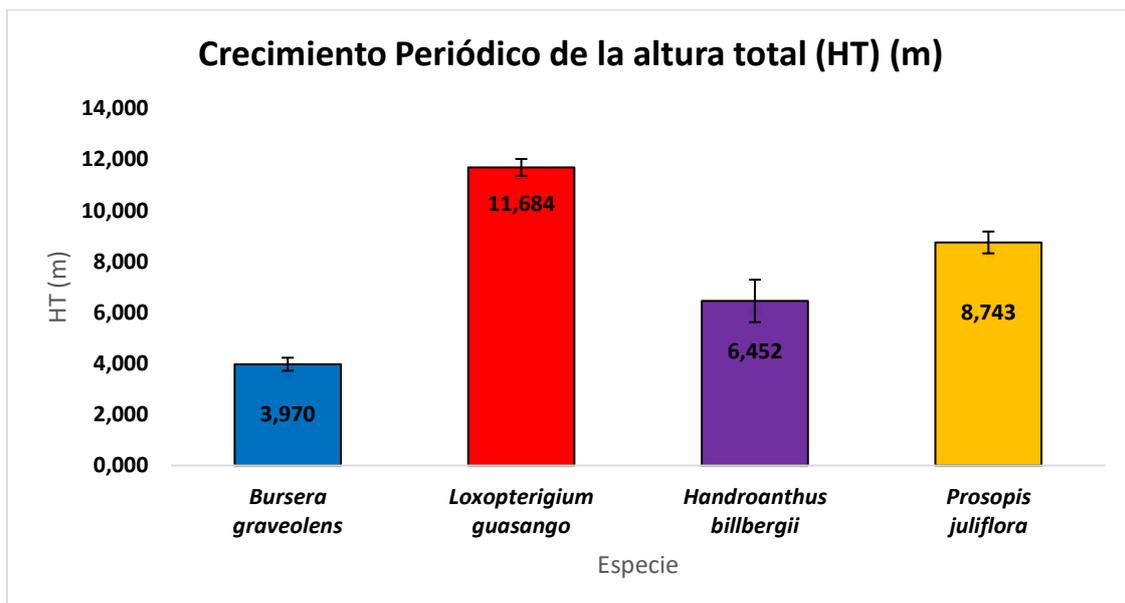


Figura 8. Valores promedio y error estándar del crecimiento periódico de la altura (HT) de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021 en un huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.

6.1.1.3. Crecimiento periódico del área basal (G).

Como se observa en la Figura 9, durante el periodo 2014-2021 los promedios del crecimiento periódico del área basal por especie, evidenciaron que la especie *Loxopterigium huasango*, alcanzó el mayor valor de crecimiento en área basal, con 0,027 m²; sin embargo, las especies que menor crecimiento en área basal registraron, fueron *Handroanthus billbergii* y *Bursera graveolens*, con 0,005 y 0,007 m², respectivamente.

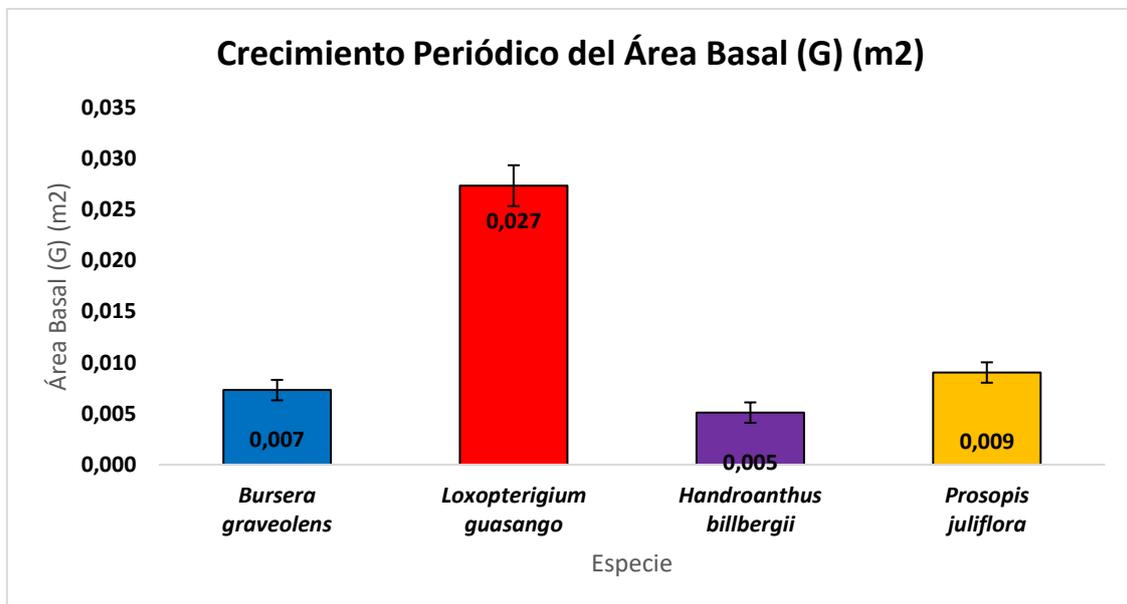


Figura 9. Valores promedio y error estándar del crecimiento periódico del área basal (G) de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021 en un huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.

6.1.1.4. Crecimiento periódico del volumen.

De acuerdo a lo que muestra la figura 10, los promedios del crecimiento periódico del volumen variaron durante todo el periodo (2014-2021); es así que, la especie *Loxopterigium huasango*, obtuvo el mayor crecimiento registrado, con 0,251 m³; mientras que, el menor crecimiento se registró en las especies *Handroanthus billbergii* y *Bursera graveolens*,

con 0,028 y 0,027 m³, respectivamente; cabe destacar que la especie *Handroanthus billbergii* registró un alto porcentaje de individuos perdidos (18 individuos).

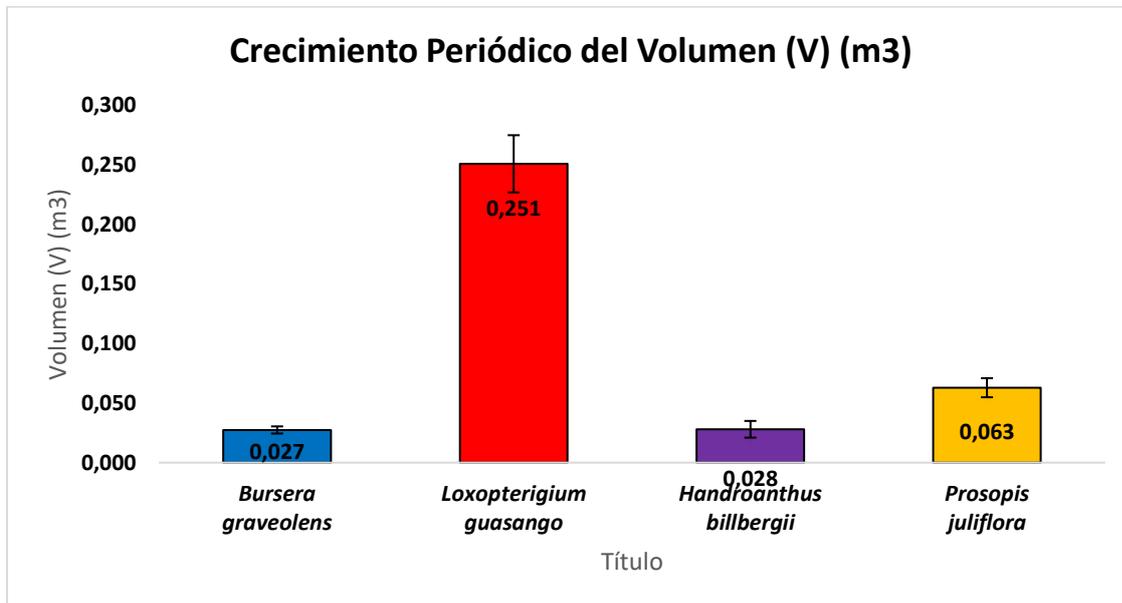


Figura 10. Valores promedio y error estándar del crecimiento periódico del volumen (V) de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.

6.1.2. Crecimiento o incremento periódico anual (IPA) de las variables dasométricas de las cuatro especies forestales en el período 2014-2021.

En cuanto al crecimiento periódico anual de las variables dasométricas en estudio (DAP, H, G y V), en la tabla 4 se muestran los valores promedios del crecimiento periódico anual de las cuatro especies forestales, plantadas en el huerto semillero en la Estación Experimental Zapotepamba, durante el período de evaluación 2014 – 2021; los cuales se obtuvieron a partir del crecimiento periódico (2014-2021) y dividido para los 6 años del período de análisis de la presente investigación; en donde, se pudo evidenciar que el mayor incremento periódico anual de las variables dasométricas se presentó en la especie *Loxopterigium huasango*, en donde el DAP alcanzó un valor promedio de 2,817 cm/año; una altura total de 1,947 m/año; un área basal de 0,0048 m²/año y un volumen de 0,041 m³/año; en tanto que, *Handroanthus billbergii*, fue la especie que alcanzó el menor crecimiento en DAP, con 1,06 cm/año y área basal con 0,0009 m²/año; mientras que, *Bursera graveolens* alcanzó el menor crecimiento en altura, con, 0,68 m/año y 0,024 m³/año, en volumen.

Tabla 4. Valores promedio y error estándar del incremento periódico anual de las variables dasométricas de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el período 2014-2021, en un huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.

ESPECIE	VARIABLE S	N	Media	Error Est.	Límite Inferio r	Limite Superior
<i>Bursera graveolens</i>	DAP (cm)	25	1,3374	0,0599	1,220	1,455
	HT (m)	25	0,6889	0,0348	0,621	0,757
	G (m ²)	25	0,0013	0,0001	0,001	0,001
	V (m ³)	25	0,0046	0,0005	0,004	0,006
<i>Loxopterigyum huasango</i>	DAP (cm)	27	2,8171	0,1377	2,547	3,087
	HT (m)	27	1,9473	0,0554	1,839	2,056
	G (m ²)	27	0,0048	0,0004	0,004	0,006
	V (m ³)	27	0,0418	0,0040	0,034	0,050
<i>Handroanthus billbergii</i>	DAP (cm)	9	1,0690	0,1701	0,736	1,402
	HT (m)	9	1,0754	0,1389	0,803	1,348
	G (m ²)	9	0,0009	0,0005	0,003	0,005
	V (m ³)	9	0,0048	0,0044	0,013	0,030
<i>Prosopis juliflora</i>	DAP (cm)	25	1,5797	0,0993	1,385	1,774
	HT (m)	25	1,4571	0,0713	1,317	1,597
	G (m ²)	25	0,0015	0,0002	0,001	0,002
	V (m ³)	25	0,0105	0,0014	0,008	0,013

6.1.2.1. Crecimiento o Incremento Periódico Anual (IPA) del DAP.

Como se observa en la figura 11, los valores promedios del incremento periódico anual (IPA) del DAP de las cuatro especies forestales en el área de estudio, demostró que la especie *Loxopterigyum huasango* obtuvo el mayor IPA del DAP, con un valor de 2,81 cm/año; mientras que, el menor crecimiento se presentó en la especie *Handroanthus billbergii* con 1,069 cm/año.

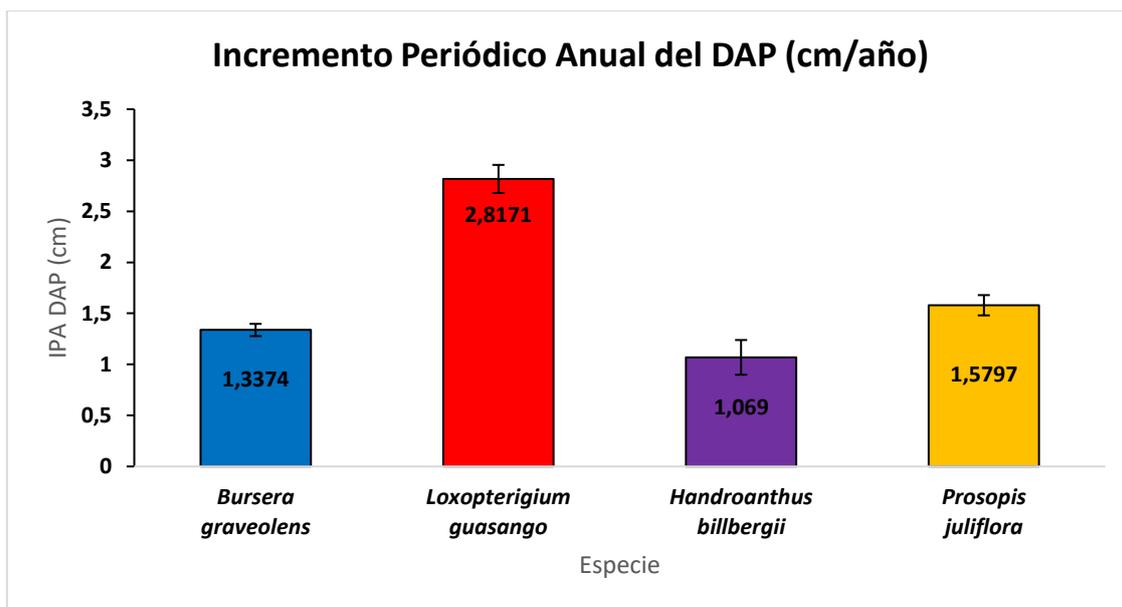


Figura 11. Valores promedio y error estándar del incremento periódico anual del DAP de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021, en un huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.

6.1.2.2. Crecimiento o Incremento Periódico Anual (IPA) de la altura (HT).

En cuanto al IPA de la altura, la figura 12, indica los valores promedios de esta variable por especie en el área de estudio, en el cual, se evidenció que la especie *Loxopterigium huasango*, tuvo el crecimiento más significativo, con un valor de 1,94 m/año; mientras que, el menor crecimiento se presentó en la especie *Bursera graveolens* con 0,688 m/año.

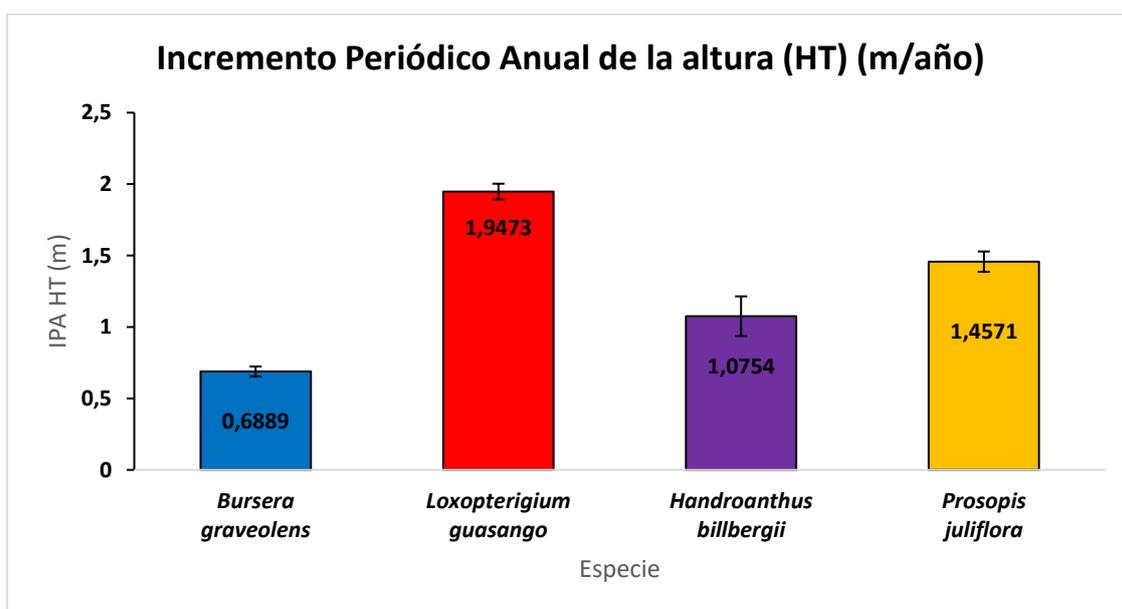


Figura 12. Valores promedio y error estándar del incremento periódico anual de la altura (HT) de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021 en un

huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.

6.1.2.3. Crecimiento o Incremento Periódico Anual (IPA) del área basal (G).

Con respecto al incremento periódico anual del área basal por especie en la figura 13, se muestra que la especie *Loxopterigium huasango*, presentó el mayor crecimiento con un valor de 0,0048 m²/año; mientras que los valores de menor crecimiento, se presentaron en las especies *Bursera graveolens* y *Handroanthus billbergii*, con 0,0013 y 0,0009 m²/año, respectivamente.

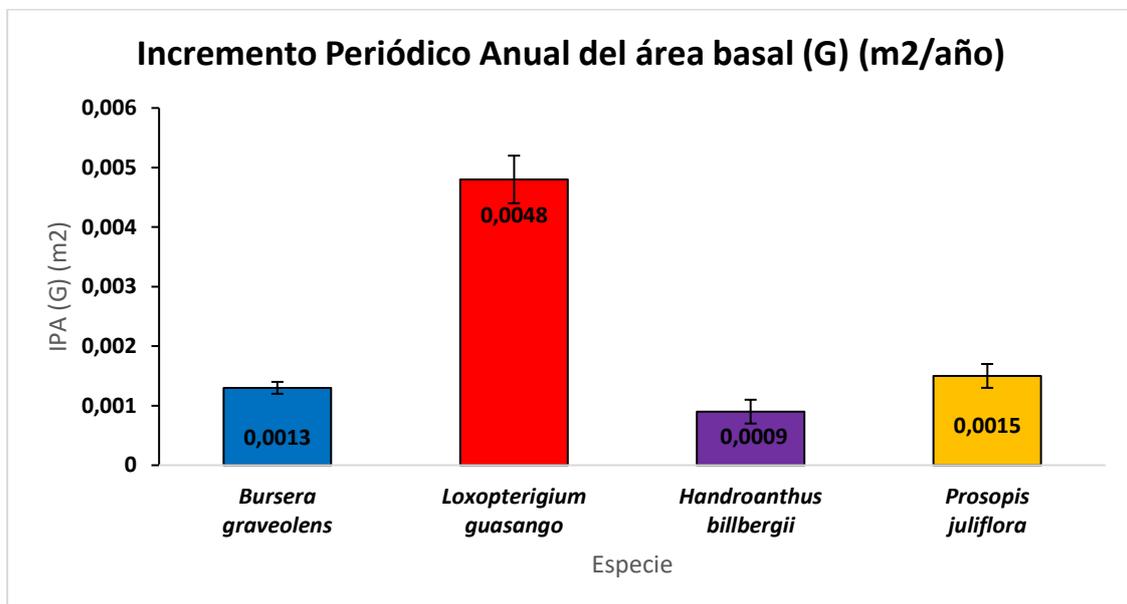


Figura 13. Valores promedio y error estándar del incremento periódico anual del área basal (G) de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021, en un huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.

6.1.2.4. Crecimiento o Incremento Periódico Anual (IPA) del Volumen (V).

La figura 14 muestra los valores promedios del incremento periódico anual del volumen por especie en el área de estudio, en el cual, se comprobó que la especie *Loxopterigium huasango* mostró un mayor crecimiento, con un valor de 0,042 m³/año; en tanto que, el menor crecimiento se presentó, en la especie *Bursera graveolens*, con 0,0046 m³/año.

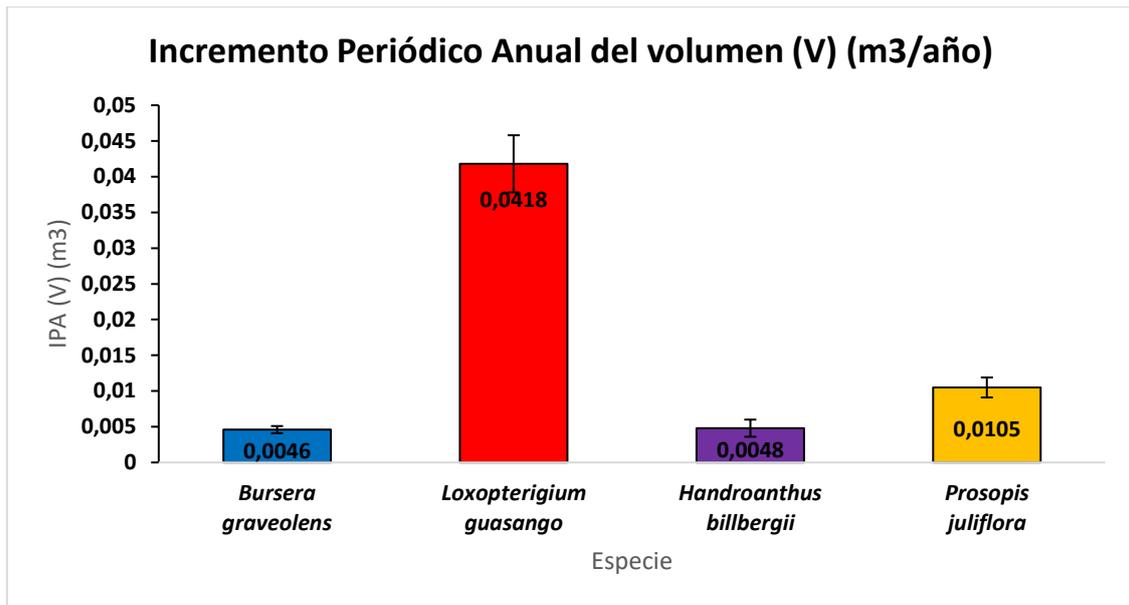


Figura 14. Valores promedio y error estándar del incremento periódico anual del volumen (V) de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021, en un huerto semillero de la estación experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.

6.1.3. Curvas de crecimiento de las variables dasométricas.

6.1.3.1. Curva de crecimiento del DAP.

En la figura 15, se presenta las curvas de crecimiento en diámetro de las cuatro especies forestales, obtenidas desde su establecimiento por González (2014), hasta la evaluación realizada en la presente investigación en el año 2021; en donde, se puede visualizar que *Loxopterigium huasango* alcanzó el mayor crecimiento en DAP, con 16,90 cm, respecto a las 3 especies restantes, que alcanzaron valores de 9,48 cm, para *Prosopis juliflora*; 8,02 cm para la especie *Bursera graveolens*; y, finalmente la especie *Handroanthus billbergii* con un valor de 6,41 cm.

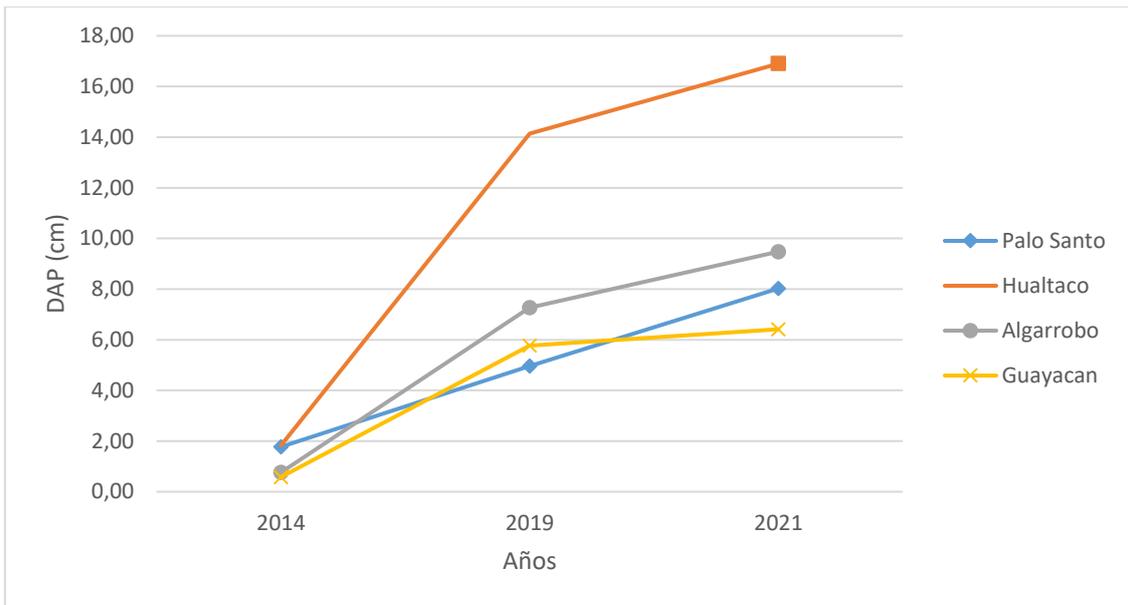


Figura 15. Curva de crecimiento promedio en diámetro de las cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021, en un huerto semillero de la estación experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.

6.1.3.2. Curva de crecimiento de la altura total.

Las curvas del crecimiento en altura de las cuatro especies forestales en estudio se muestran en la figura 16; en donde, se llegó a visualizar un óptimo crecimiento de las especies en sus primeros años; posteriormente, se evidenció que las especies que tuvieron un mejor crecimiento en su altura fueron *Loxopterigyum huasango* y *Prosopis juliflora*, con un crecimiento de 11,68 m y 8,64 m, respectivamente.

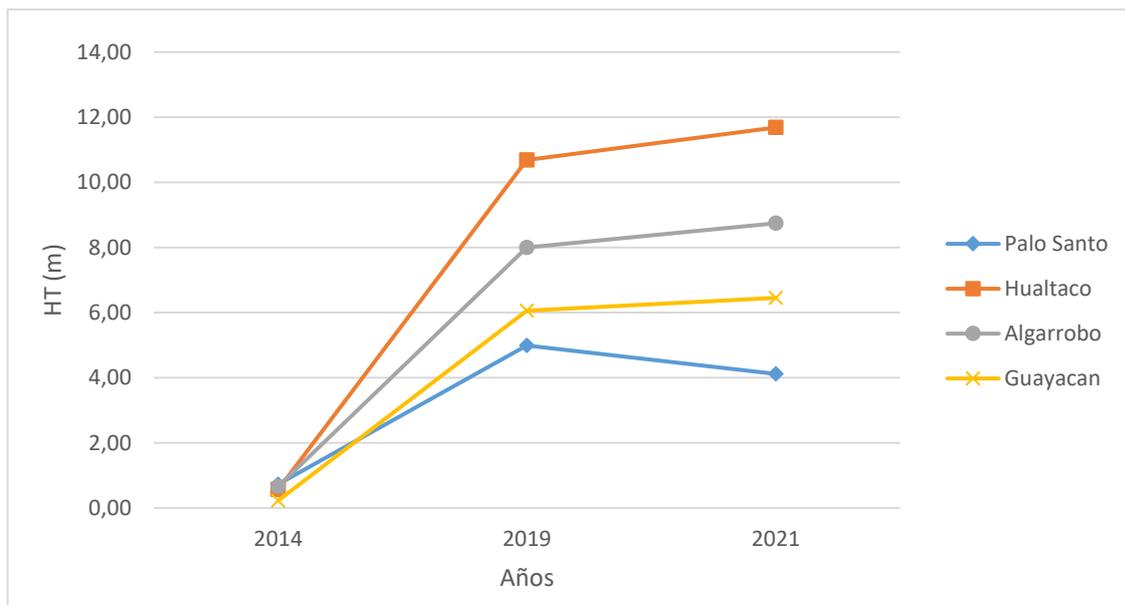


Figura 16. Curva de crecimiento en altura de las cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021, en un huerto semillero de la estación experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.

6.1.3.3. Curva de crecimiento del área basal.

En cuanto a los valores del crecimiento del área basal, en la figura 17 se presentan las curvas de crecimiento de esta variable de las cuatro especies forestales evaluadas; en donde, se pudo evidenciar que *Loxopterigyum huasango*, durante todo el periodo de evaluación, alcanzó el mayor crecimiento en área basal, con 0,0286 m²; en tanto que, las especies *Handroanthus billbergii*, con un valor de 0,0240 m²; *Prosopis juliflora*, con 0,0090 m²; y, finalmente *Bursera graveolens* con 0,0080 m², obtuvieron el menor crecimiento en área basal.

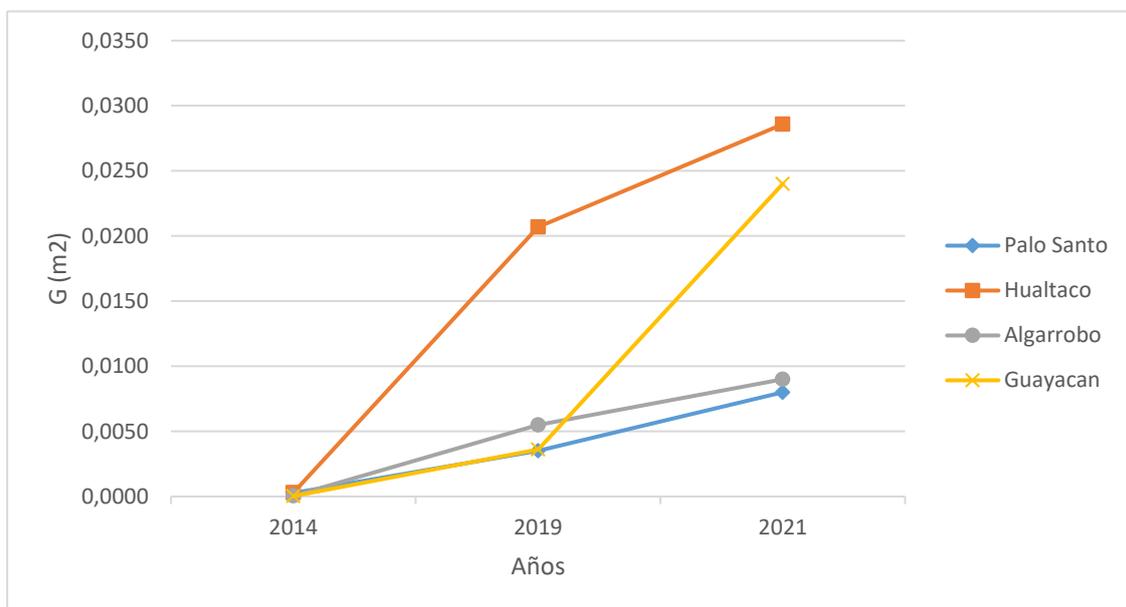


Figura 17. Curva de crecimiento en área de las cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021, en un huerto semillero de la estación experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.

6.1.3.4. Curva de crecimiento volumétrico.

La especie *Loxopterigyum huasango*, obtuvo el mejor crecimiento volumétrico durante todo el periodo de evaluación, con 0.251 m³; mientras que, *Prosopis juliflora* y *Bursera graveolens* presentaron el menor crecimiento durante el periodo de evaluación (2014-2021), con 0,063 y 0,027 m³, respectivamente. Figura 18.

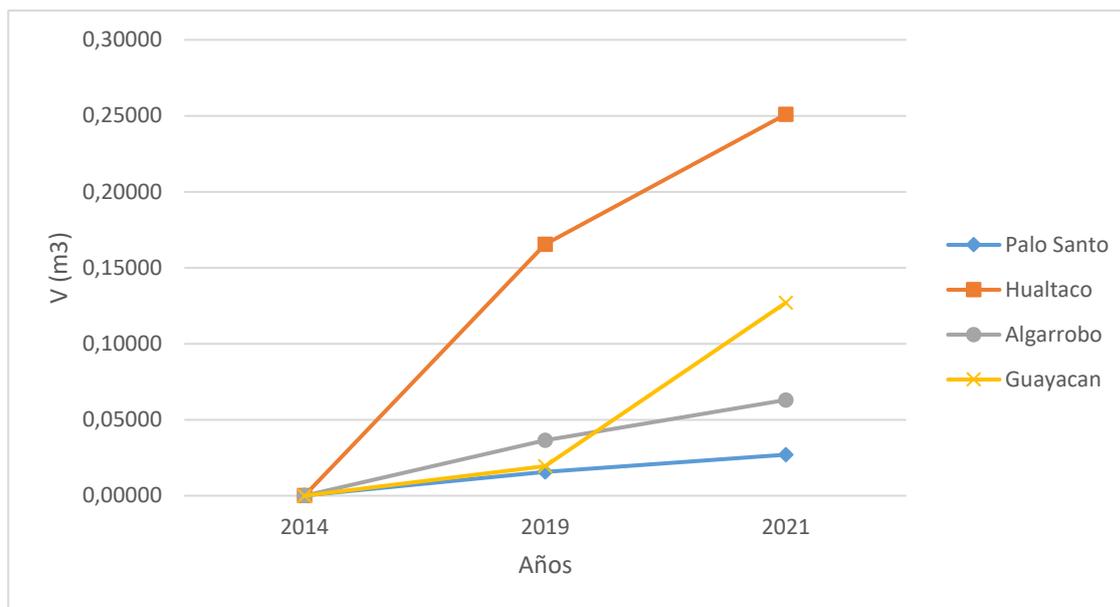


Figura 18. Curva de crecimiento en volumen de las cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021, en un huerto semillero de la estación experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador

6.2. Crecimiento de las cuatro especies forestales en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, a través de métodos dendrocronológicos.

6.2.1. Series dendrocronológicas individuales de las cuatro especies forestales nativas de bosque seco, evaluadas en el período 2014-2021.

6.2.1.1. Series dendrocronológicas de Palo Santo, *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch

En la Figura 19, se muestra la serie individual de crecimiento radial de los árboles de *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch; registrándose un crecimiento lento durante los primeros años, hasta los años 2016, 2018 y 2019, con picos de mayor crecimiento; a partir de ahí, se evidenció una similitud en el patrón de crecimiento, en los últimos años del periodo.

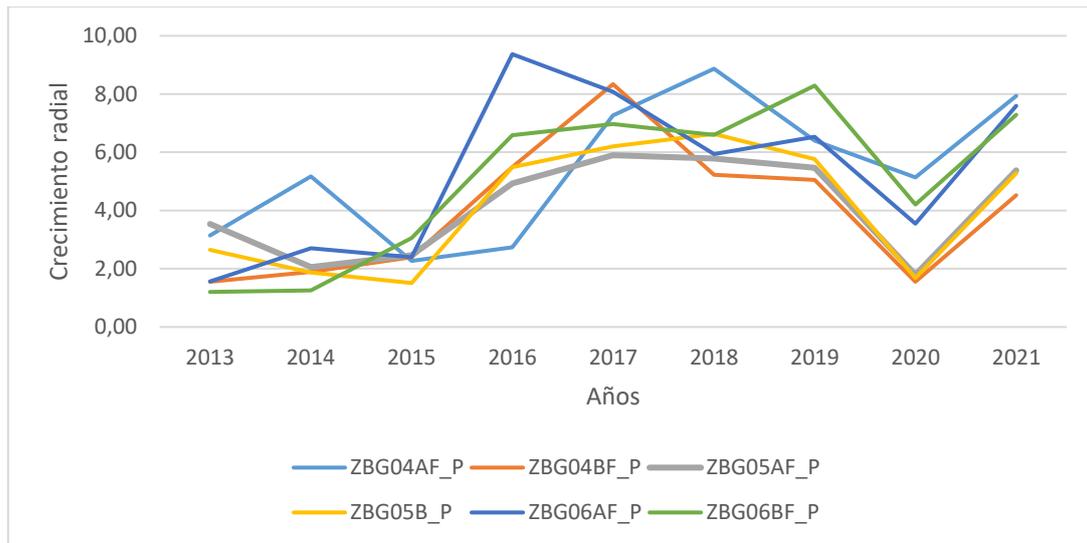


Figura 19. Serie individual de crecimiento radial anual de *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, durante el periodo 2014-2021.

6.2.1.2. Series dendrocronológicas del Hualtaco, *Loxopterigyum huasango* Spruce ex Engl.

En lo referente al crecimiento radial de *Loxopterigyum huasango*, la figura 20, indica la serie individual de los árboles de esta especie, donde se pudo visualizar un crecimiento mayor en los primeros años 2014 y 2017 y un crecimiento casi nulo en el año 2016, que se complementa con un bajo crecimiento en los años finales del periodo, es decir 2020 y 2021.

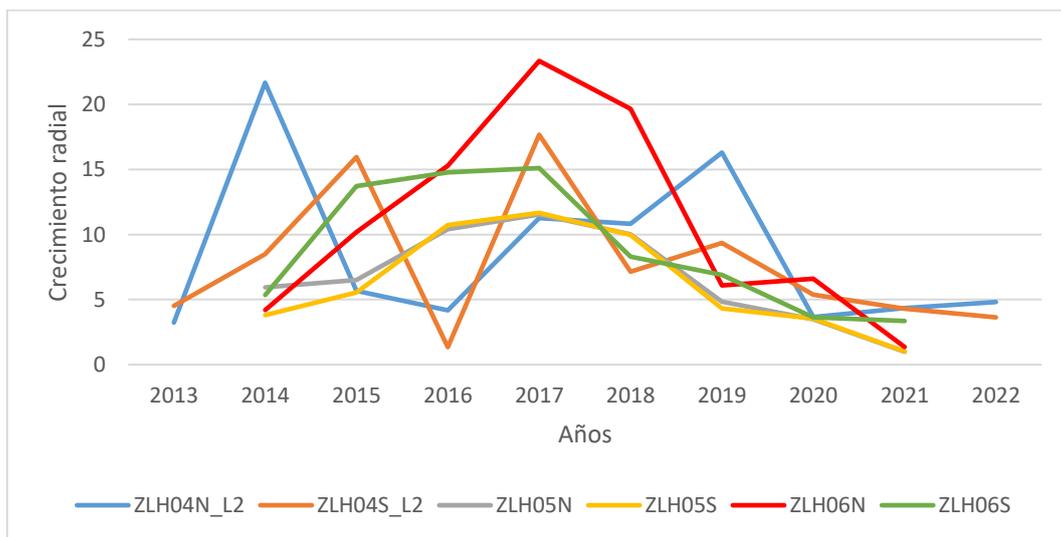


Figura 20. Serie individual de crecimiento radial anual de *Loxopterigyum huasango* Spruce ex Engl, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, durante el periodo 2014-2021.

6.2.1.3. Series dendrocronológicas del Algarrobo, *Prosopis juliflora* (Sw.) DC.

Respecto a esta especie, en la figura 21 se muestra la serie individual del crecimiento anual de sus árboles, en donde, no se pudo notar un patrón de crecimiento definido entre los árboles del mismo sitio; sin embargo, algunos individuos mostraron picos de crecimiento, en los años 2018 y 2019.

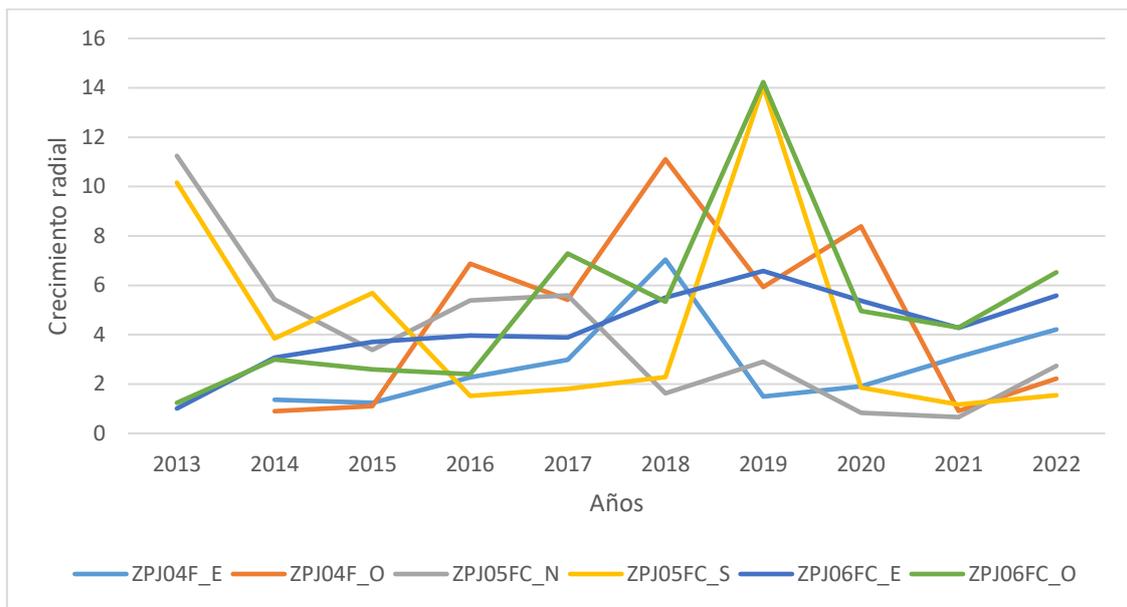


Figura 21. Serie individual de crecimiento radial anual de *Prosopis juliflora* (Sw) DC, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, durante el periodo 2014-2021.

6.2.1.4. Series dendrocronológicas de Guayacán, *Handroanthus billbergii* (Bureau & K. Schum.) S.O. Grose.

En la figura 22, se presenta la serie de crecimiento individual de los árboles de esta especie, mismas que presentan determinados picos de crecimiento radial en el año 2018 y una similitud en su patrón de crecimiento al final del periodo, entre los años 2020 y 2021. Cabe destacar que, al no contar con núcleo en determinadas muestras, es posible incurrir en la pérdida de información, para la construcción de la serie.

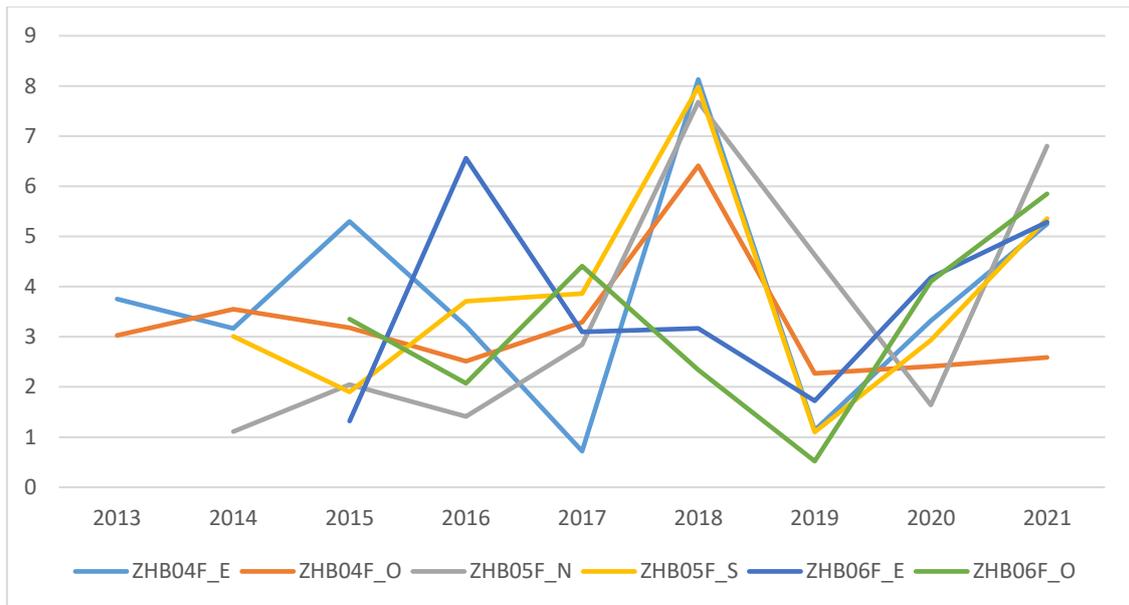


Figura 22. Serie individual de crecimiento radial anual de *Handroanthus billbergii* (Bureau & Schum.) S.O Grose, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, durante el periodo 2014-2021.

6.2.2. Crecimiento periódico de los árboles de las cuatro especies forestales, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, durante el período 2014-2021.

En cuanto al crecimiento periódico (2014-2021) en diámetro de las 4 especies forestales, en la figura 23, se observa que el mismo tuvo una tendencia ascendente. De esta manera, entre los años 2018 y 2020, la especie *Handroanthus billbergii* mostró un crecimiento estable y aumentó a partir del año 2020; por su parte, la especie *Loxopterigyum huasango*, mostró un crecimiento continuo hasta el año 2019 y a partir de ahí, es irregular, pues en el año 2020 disminuyó y luego en el año 2021, aumentó. La especie *Bursera graveolens*, al igual que la descrita anteriormente, mostró un crecimiento continuo hasta el año 2019, a partir de este año no experimentó crecimiento, hasta el año 2021; por su parte la especie *Prosopis juliflora*, su crecimiento se asemeja a la especie anterior descrita, con la diferencia de que no mostró un crecimiento considerable, entre los años 2020 y 2021.

El mayor crecimiento periódico entre el año 2014 al 2021, mostró la especie *Loxopterigyum huasango*, con un crecimiento acumulado en diámetro de 81,89 mm; seguido por, *Prosopis juliflora* que alcanzó un valor acumulado de 48,65 mm; en tanto que *Handroanthus billbergii*, fue la especie forestal que experimento el menor crecimiento periódico en diámetro, con 28,205 mm, figura 23.

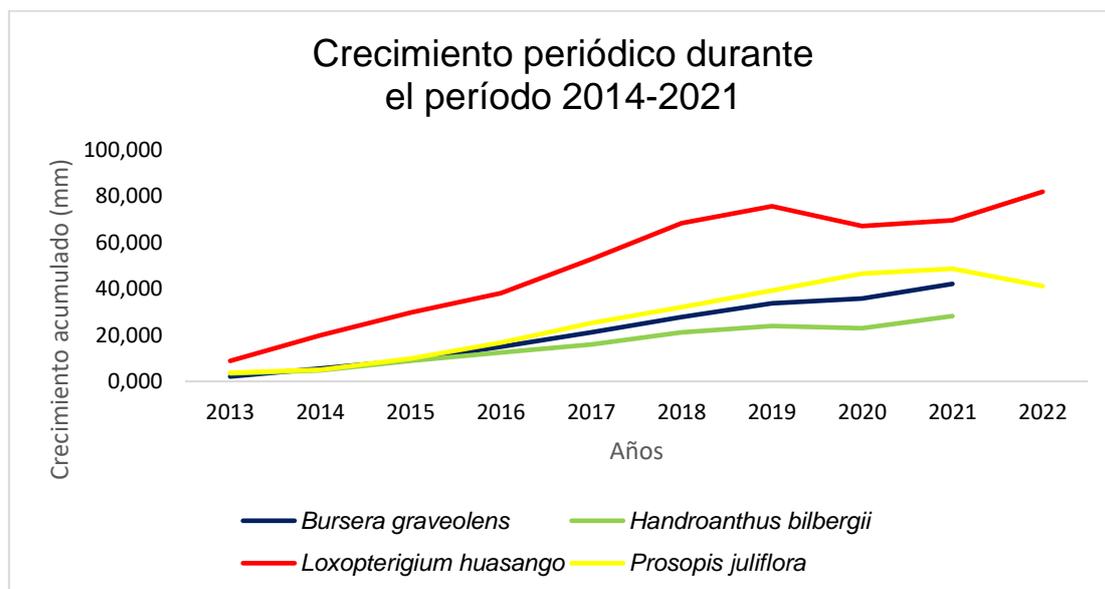


Figura 23. Crecimiento periódico en diámetro acumulado de las especies *Bursera graveolens*, *Handroanthus bilbergii*, *Loxopterigium huasango* y *Prosopis juliflora*, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, durante el periodo 2014-2021.

6.2.3. Crecimiento o incremento periódico anual de los árboles de las cuatro especies forestales, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, en el período 2014 - 2021.

Los valores promedios obtenidos del crecimiento periódico anual en diámetro de cada serie individual de los árboles de las cuatro especies forestales en estudio, se muestran en la figura 24, en donde se puede observar que, el crecimiento de los árboles varió considerablemente, en la especie *Loxopterigium huasango*, durante el período 2014-2021, mostrando picos de crecimiento en los años 2014 y 2018; mientras que, en los años 2016 y 2019 su crecimiento disminuyó; sucediendo lo contrario en las especies *Bursera graveolens*, *Handroanthus bilbergii* y *Prosopis juliflora*, debido a que mostraron patrones de crecimiento similares únicamente en los primeros años, a partir de ahí, el crecimiento en cada especie difiere conforme avanzan los años, especialmente en los años 2017 y 2019. Cabe destacar que, el crecimiento de la especie *Handroanthus bilbergii* difiere considerablemente con el de las especies *Bursera graveolens* y *Prosopis juliflora*, en los años 2017, 2018, 2019 y 2021.

En la figura 24, se muestra los valores promedio de crecimiento periódico anual en diámetro, donde se puede notar que la especie *Loxopterigium huasango* posee una media de

crecimiento de 9,10 mm; seguida de la especie *Bursera graveolens* con 4,68 mm; *Prosopis juliflora* con 4,37 mm; y, finalmente la especie *Handroanthus billbergii* con 3,71 mm.

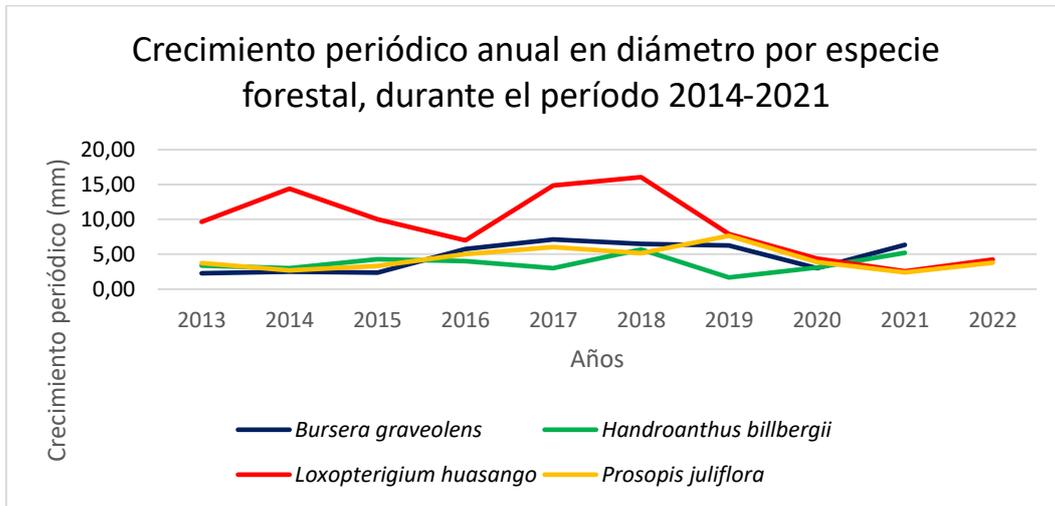


Figura 24. Series individuales del crecimiento periódico anual en diámetro de las especies *Bursera graveolens*, *Handroanthus billbergii*, *Loxopterigium huasango* y *Prosopis juliflora*, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, durante el periodo 2014-2021.

6.3. Difusión de los resultados de la investigación a los actores sociales interesados.

Con la finalidad de difundir los resultados obtenidos en la presente investigación, se desarrollaron las siguientes actividades que se muestran a continuación en la figura 25:

- Socialización de los resultados obtenidos al Equipo Técnico del Proyecto de Investigación Cinchona, del Laboratorio de Micropropagación Vegetal, de la Universidad Nacional de Loja.
- Elaboración de un tríptico y poster para la difusión de los resultados del trabajo de titulación.
- Elaboración de un Manual Técnico informativo, con los resultados obtenidos en el trabajo de investigación.
- Elaboración de un manuscrito de artículo científico, con los resultados de trabajo de titulación.
- Elaboración y publicación del documento final del trabajo de titulación.

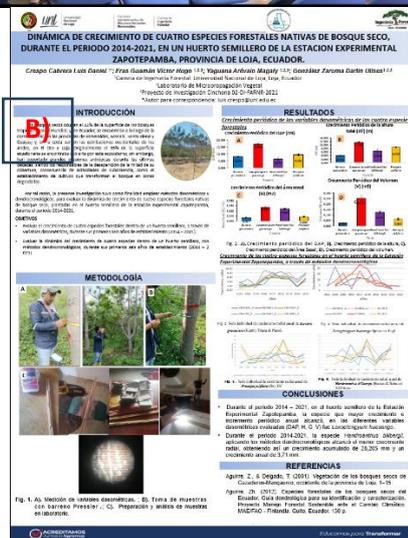


Figura 25. Difusión de los resultados de la investigación a los actores sociales. A) Socialización de los resultados al Equipo Técnico del Proyecto de Investigación Cinchona. B) Elaboración de un póster científico. C) Elaboración de un tríptico con los resultados de la investigación.

7. Discusión

7.1. Crecimiento periódico de las variables dasométricas de los árboles de las cuatro especies forestales, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, durante el período 2014-2021.

En base al análisis realizado a las variables dasométricas de las cuatro especies forestales, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, para el periodo 2014 – 2021, se pudo determinar que los individuos de la especie *Loxopterigyum huasango*, presentaron mayor crecimiento en todas las variables dasométricas, confirmando así, lo expuesto por Uslar, et al., (2003) quienes señalan que la variación de las tasas de incremento, es mayor en árboles grandes, en comparación con los pequeños; y, también a lo expuesto por Jaramillo y Cadena (2012), quienes mencionan que las condiciones ambientales del sitio y las características genéticas de las especies forestales, repercuten significativamente en el crecimiento de las variables dasométricas.

Al comparar el crecimiento periódico del DAP de las cuatro especies forestales, en el periodo 2014-2021, se pudo determinar que los árboles de *Loxopterigyum huasango*, alcanzaron un valor promedio de crecimiento periódico de 16,90 cm, que se refleja en la curva de crecimiento elaborada (Figura 15); seguido de *Prosopis juliflora*, con 9,47 cm; *Bursera graveolens*, con 8,02 cm; y, el valor más bajo se obtuvo en *Handroanthus billbergii*, con 1,07 cm. Los resultados obtenidos en la presente investigación, son superiores a los reportados por Gonzalez (2014), quien en un período de evaluación de 26 meses en el mismo huerto semillero, encontró valores en *Loxopterigyum huasango*, de 10,77 cm; en *Prosopis juliflora* 4,76 cm; en *Bursera graveolens*, 5,21 cm.; y, en *Handroanthus billbergii*, 1,79 cm; por otra parte, los valores encontrados en el crecimiento del DAP en la especie *Handroanthus chrysanthus*, resultaron ser inferiores a los encontrados por González et al., (2010), quienes mencionan que en un periodo de 60 meses, esta especie obtuvo un crecimiento periódico en su DAP, de 1,63 cm; entre tanto que, Reategui (2015) en su estudio realizado, en un periodo de 8 años, encontró que la especie *Handroanthus billbergii*, tuvo un crecimiento de 0,59 cm, que es inferior al obtenido en la presente investigación.

En lo relacionado a los resultados de la variable del crecimiento periódico de la altura de las cuatro especies forestales evaluadas en un periodo de 6 años, *Loxopterigyum huasango* alcanzó un crecimiento de 11,68 m; seguido por *Prosopis juliflora* con 8,74 m; 6,45 m para *Handroanthus billbergii*; y 4,13 m para *Bursera graveolens*; estos valores son superiores a los obtenidos por González (2014), quien menciona que, en el periodo de evaluación de 26 meses realizado en el mismo huerto, la especie *Loxopterigyum huasango*, obtuvo un crecimiento de 5,06 m, la especie *Prosopis juliflora* alcanzó 3,05 m, *Bursera graveolens* obtuvo 2,65 m; y, finalmente *Handroanthus billbergii* alcanzó 0,81 m. Los resultados obtenidos en la presente investigación para la especie *Handroanthus billbergii* (6,45 m.), son significativamente superiores a los reportados por González et al., (2010) quienes mencionan que a los 60 meses de edad (5 años), esta especie registró un crecimiento en altura de 0,47 m; y, a los reportados por Reategui (2015) quien obtuvo un crecimiento de 1,89 m., en un periodo de 8 años. Asimismo, los resultados del crecimiento periódico en altura para la especie *Handroanthus billbergii* y *Bursera graveolens*, son mayores a los encontrados por López (2023) quien, en estas mismas especies, en un periodo de 7 años, obtuvo un crecimiento periódico en altura de 0,78 m y 0,70 m; sin embargo, se puede señalar, que aunque los resultados obtenidos en la presente investigación son mayores, en comparación con los obtenidos por otros autores, el crecimiento en altura de las especies forestales de bosque seco es lento, por las condiciones climáticas en las que se desarrollan.

Con respecto al crecimiento periódico del área basal, la curva de crecimiento evidenció, que la especie *Loxopterigyum huasango*, presentó los mayores valores con 0,027 m²; seguido de *Handroanthus billbergii*, con 0,024 m²; *Prosopis juliflora*, con 0,009 m²; y, finalmente *Bursera graveolens* obtuvo 0,007 m². El crecimiento periódico en área basal registrado en la especie *Handroanthus billbergii*, es superior al obtenido por Reategui (2015), quien evaluó el crecimiento en área basal de 25 especies forestales, en un periodo de 8 años, en donde *Handroanthus billbergii*, alcanzó un valor de 0.0013 m², mientras que según López (2023), reporta un crecimiento en área basal de 0,0030 m² en un periodo de 7 años de evaluación. En cuanto a los resultados obtenidos para *Bursera graveolens*, son inferiores a los encontrados por López (2023), quien obtuvo en un periodo de 7 años, un crecimiento en área basal de 0,0012 m²; con lo cual, se puede determinar que el crecimiento en área basal, es directamente proporcional con el crecimiento en DAP, razón por la cual en las cuatro especies forestales en estudio, en el periodo de 6 años, el DAP promedio alcanzó un valor de 8,865 cm

y en área basal de 0,0915 m²/ha, lo que demuestra el lento crecimiento, que experimentan las especies forestales que se desarrollan en el bosque seco.

En cuanto a la curva de crecimiento periódico del volumen, se evidenció, que la especie *Loxopterigyum huasango*, registró el mayor crecimiento con 0,25 m³; seguido de *Handroanthus billbergii*, con 0,12 m³.; *Prosopis juliflora*, con 0,063 m³; y, finalmente la especie *Bursera graveolens* obtuvo el menor crecimiento con 0,027 m³. El resultado obtenido en la especie *Handroanthus billbergii* en la presente investigación, es mayor al obtenido por Reategui (2015) y López (2023), quienes registraron un crecimiento en volumen, de 0,014 m³ y de 0,016 m³ respectivamente; mientras que, para la especie *Bursera graveolens*, López (2023) obtuvo un valor de 0,0168 m³, que es inferior al resultado obtenido en la presente investigación, con lo cual se puede determinar, que al igual que el crecimiento periódico en área basal, el crecimiento periódico del volumen, fue lento en las cuatro especies de bosque seco evaluadas.

Con los resultados obtenidos en la presente investigación, se puede señalar que la especie *Loxopterigyum huasango*, presentó las mejores condiciones en el proceso de adaptación y prendimiento, que favorecieron su mayor crecimiento en el huerto semillero, en comparación con los resultados obtenidos en la especie *Handroanthus billbergii*, que registró el más bajo valor de crecimiento en todas sus variables dasométricas; además, también registró una alta mortalidad de individuos en el sitio durante el mismo periodo, lo cual se sustenta con lo expuesto por Gunter (2009), quien argumenta que las especies de alto valor maderero, como las del género *Handroanthus sp*, requieren de claros para su rápido crecimiento, pues al encontrarse en competencia con el sotobosque su desarrollo disminuye, sobre todo en su crecimiento inicial, y por ende causa la mortalidad de los individuos.

7.2. Crecimiento o incremento periódico anual (IPA) de las variables dasométricas de los árboles de las cuatro especies forestales, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, en el período 2014-2021.

Con respecto al incremento periódico anual (IPA) de las variables dasométricas de las cuatro especies de bosque seco, durante un periodo de seis años (2014-2021), se evidenció que la especie *Loxopterigyum huasango*, obtuvo el mayor IPA del DAP, con 2.81 cm/año; seguida de la especie *Prosopis juliflora* con 1,58 cm/año; *Bursera graveolens* con 1,33 cm/año; y, finalmente *Handroanthus billbergii*, con 1,069 cm/año.

El resultado obtenido en la presente investigación del incremento periódico anual del DAP de *Loxopterigyum huasango* (2.81 cm/año), es ampliamente superior al encontrado por Rosero, (2011), quien registró un IPA para esta especie de 0,44 a 0,72 cm/año, en un período de 47 años; así mismo, los datos obtenidos para la especie *Bursera graveolens* (1,33 cm/año), son mayores a los encontrados por Alvarado et al., (2017), quienes obtuvieron un valor en su crecimiento de 0,31 a 0,67 cm/año, en un periodo de 59 años; y, finalmente el resultado obtenido para la especie *Handroanthus billbergii* (1,069 cm/año), es superior al registrado por López (2023) quien, en un estudio realizado sobre la dinámica de crecimiento de especies forestales en una parcela permanente, en el bosque seco de la parroquia Mangahurco del cantón Zapotillo, obtuvo un valor de 0,192 cm/año y para la especie *Bursera graveolens*, obtuvo 0,056 cm/año durante un periodo de 7 años; también, es superior a los resultados obtenidos por Reategui (2015) en el bosque seco Algodonal, del cantón Macará, ya que en un periodo de 8 años *Handroanthus billbergii*, alcanzó un incremento periódico anual de 0,0129 cm/año. Tomando en cuenta los resultados obtenidos en la presente investigación para las especies *Bursera graveolens* y *Handroanthus billbergii*, se puede señalar que, éstos son mayores a los obtenidos por Alverca (2016) en una parcela permanente en el bosque seco de La Ceiba, Zapotillo; donde la especie *Bursera graveolens*, obtuvo un IPA del DAP de 0,0054 cm/año y *Handroanthus billbergii*, registró 0,227 cm/año; por otra parte, López (2023) reportó datos inferiores de IPA del DAP para estas especies a los obtenidos en la presente investigación.

Con relación al incremento periódico anual de la altura total, el mayor incremento se registró en la especie *Loxopterigyum huasango*, con un valor de 1.94 m/año; seguida de las especies, *Prosopis juliflora* y *Handroanthus billbergii*, con valores de 1,46 m/año y 1,07 m/año, respectivamente; y, finalmente la especie *Bursera graveolens*, con 0,69 m/año. Al considerar los resultados obtenidos para la especie *Handroanthus billbergii*, se pudo determinar que es mayor al reportado por Reategui (2015), quien al evaluar la misma especie en un periodo de 8 años, registró un IPA en su altura de 0.040 m/año; por otra parte Ojeda y Montoya (1985), , en un estudio realizado en dos zonas ecológicas de la provincia de Loja (Loja y Zapotillo), demostraron que *Loxopterigyum huasango* alcanzó un IPA en su altura de 0.80 m/año; mientras que, Alverca (2016), obtuvo resultados de 0,0989 m/año, en *Bursera graveolens* y en *Handroanthus sp.* 0,0541 m/año, siendo estos resultados inferiores a los obtenidos en la presente investigación. López (2023) en un periodo de 7 años, obtuvo un IPA en la altura de *Bursera graveolens* de 0,0174 m/año y en *Handroanthus billbergii* de 0,0192 m/año., resultados que son inferiores a los alcanzados en esta investigación.

En cuanto al IPA del área basal, la especie *Loxopterigyum huasango*, alcanzó el mejor crecimiento, con 0.0048 m²/año; seguida de *Prosopis juliflora*, con 0,0015 m²/año; *Bursera graveolens* alcanzó un crecimiento de 0,0013 m²/año; y, finalmente la especie *Handroanthus billbergii*, con 0,0009 m²/año. La especie *Handroanthus billbergii* presentó un mayor valor al obtenido por Reategui (2015), quien registró en la misma especie un IPA en área basal de 0,00003 m²/año, en un periodo de 8 años; asimismo, López (2023) en su estudio sobre la Dinámica de crecimiento de especies forestales en una parcela permanente, en el bosque seco de la parroquia Mangahurco, del cantón Zapotillo, alcanzó en la especie *Bursera graveolens* un IPA de 0,000034 m²/año y para la especie *Handroanthus billbergii* un IPA de 0,00006 m²/año, durante un periodo de 7 años, siendo inferiores a los obtenidos en la presente investigación.

En lo relacionado al incremento periódico anual (IPA) del volumen de las cuatro especies forestales en estudio, la especie *Loxopterigyum huasango* registró el mayor crecimiento, con 0.0418 m³/año; seguida de las especies *Prosopis juliflora* y *Handroanthus billbergii*, con 0,0105 m³/año y 0,0048 m³/año, respectivamente; y, finalmente la especie *Bursera graveolens*, con 0,0046 m³/año. Los resultados obtenidos para *Bursera graveolens* en la presente investigación, son mayores en comparación con los alcanzados por Alverca (2016), quien en su estudio reportó que, *Bursera graveolens*, en un periodo de nueve años registró un IPA en su volumen de 0,0034 m³/año; por otra parte, los resultados obtenidos en *Handroanthus billbergii*, son mayores que los obtenidos por el mismo autor, quien registró un incremento periódico anual de 0,0008 m³/año; en tanto que, para esta misma especie, Reategui (2015) obtuvo un valor inferior, de 0,0003 m³/año, en un periodo de 8 años. Para las especies *Handroanthus billbergii* y *Bursera graveolens*, López (2023) obtuvo en su investigación valores de 0,0004 m³/año y 0,00041 m³/año, respectivamente, siendo estos inferiores a los obtenidos en la presente investigación.

De acuerdo a los datos alcanzados en la presente investigación, se pudo determinar que la especie *Loxopterigyum huasango*, presentó el mejor crecimiento en sus variables dasométricas, este comportamiento de la especie, puede atribuirse a que el material de plantación tuvo un manejo silvicultural adecuado; por cuanto, como manifiestan Gunter et al., (2011) y Nieto (2005) las especies forestales que no experimentan un estrés en su etapa inicial, tienen un proceso de adaptación óptimo. Finalmente, de forma general se puede manifestar que, la mayor diferencia significativa obtenida en el incremento periódico anual (IPA) de todas

las variables dasométricas (DAP, H, G, V), en las cuatro especies forestales evaluadas en la presente investigación, posiblemente se deba a que las mismas, se encuentran plantadas en un huerto semillero, que actualmente es manejado y que inicialmente cuando fue establecido en el año 2014, se le aplicaron tratamientos de fertilización y su respuesta a dichos tratamientos fue favorable.

7.3. Dinámica de crecimiento de los árboles de las cuatro especies forestales, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, a través de métodos dendrocronológicos.

Los estudios sobre la utilización de métodos dendrocronológicos en la evaluación de la dinámica de crecimiento de especies de bosque seco en el Ecuador y a nivel general, son escasos, más aun tratándose de especies cuyos anillos de crecimiento, no son altamente visibles o demuestran patrones de identificación difusos, como es el caso de la especie *Prosopis juliflora* utilizada en la presente investigación.

Tomando en cuenta que las muestras fueron tomadas entre diciembre de 2021 y marzo 2022, se obtuvo que para los árboles muestreados de la especie *Loxopterigyum huasango* se identificaron 10 anillos de crecimiento (muestra con núcleo); para las especies, *Bursera graveolens* y *Handroanthus billbergii*, se identificaron 9 anillos; y, para la especie *Prosopis juliflora* 10 (muestra con núcleo). La variación en la presencia de anillos de crecimiento para cada especie, pese a ser plantadas al mismo tiempo, podría deberse a la capacidad de formación de anillos de crecimiento falsos, que pueden generarse en respuesta a daños en el tronco, ataques de defoliadores u otro insecto (que pueda afectar el meristema primario), estrés hídrico e incendios forestales. (Heinrich, 2004; Rosero, 2009).

Luego de analizar el crecimiento radial, en las muestras de madera de los árboles de las cuatro especies forestales, se evidenció que la especie *Loxopterigyum huasango*, es la especie con mayor crecimiento radial, con un promedio de crecimiento anual de 9,10 mm/año; seguido de *Bursera graveolens* con 4,68 mm/año.; *Prosopis juliflora* con 4,37 mm/año; y finalmente, la especie *Handroanthus billbergii* con 3,71 mm/año. Los resultados obtenidos en la presente investigación para las especies *Loxopterigyum huasango* y *Bursera graveolens*, son inferiores a los registrados por Rosero (2011) quien, al analizar ambas especies en dos áreas de muestreo diferentes (Tongorrape y Mayascong), obtuvo un promedio de crecimiento de 6,5 mm/año y

5,1 mm/año en Tongorrape; en tanto que, en el sitio de muestreo Mayascong, obtuvo 4,8 mm/año y 4,0 mm/año, respectivamente. Los anillos de crecimiento de la especie *Loxopterigyum huasango* pueden ser diferenciados a simple vista, en comparación con las tres especies restantes, esto se puede justificar con lo expuesto por Capa (2010) quien menciona que, esta especie se encuentra en constante crecimiento, especialmente en los meses del período lluvioso, comprendidos entre enero hasta mayo, favoreciendo la formación de anillos de crecimiento cada año, lo que permite apreciar la evolución del árbol a lo largo de todo el período. Así mismo, se puede relacionar con lo expuesto por Burneo (2020), quien al evaluar la especie *Cedrela nebulosa*, demostró que es una especie que posee anillos de crecimiento anuales, cuya formación se vincula directamente a la defoliación anual, lo que hace que sean de fácil identificación debido a la morfología del género *Cedrela*, que según Pennington y Muellner (2010) se originó en bosques secos estacionales, lo que deriva en una presentación de anillos marcados y claramente visibles; mientras que, el comportamiento en la especie *Bursera graveolens* puede justificarse con lo expuesto por Rosero (2009), quien asegura que esta especie, presenta variabilidad en el ancho de sus anillos de crecimiento, lo que demostraría la sensibilidad a las condiciones externas de crecimiento (climáticas y de sitio); además, se relacionaría con el estudio realizado por Pucha et al., (2020), quienes demostraron la relación entre precipitaciones y temperaturas, con el crecimiento diamétrico de especies de bosque seco, entre ellas, *Bursera graveolens*, obteniendo un 70% de estrecha relación, entre las precipitaciones anuales con dicho crecimiento.

La especie *Bursera graveolens* presentó mayor facilidad en la identificación a simple vista de sus anillos de crecimiento, con un total de 9 anillos identificados, que se asume representan cada uno un año, esto se relaciona con lo expuesto por Briceño (2017) quien reporta en su estudio, que la especie *Bursera simaruba* tiende a formar anillos de crecimiento anuales, mismos que pueden ser observados incluso en las muestras de barreno; de igual forma Rodríguez et al., (2005) menciona que esta especie muestra los anillos de crecimiento distinguibles y definidos por células más largas en madera temprana y células cortas en madera tardía, lo que le permite una fácil delimitación de anillos de crecimiento.

Por otra parte, la especie *Prosopis juliflora*, obtuvo un valor inferior al registrado por Villalba et al., (2000) en su estudio realizado en diferentes localidades, obteniendo así, una media en su crecimiento de 8 mm/año en los Valles de Calchaquies, 6 mm/año en Pipanaco y 4 mm/año en Telteca. *Prosopis juliflora* presentó complicaciones para la identificación de sus

anillos de crecimiento, pues no se encontró un patrón y sus anillos no se identificaron a simple vista; esto podría relacionarse con lo expuesto por Villalba (2000), quien señala que existe una gran variabilidad con relación a la visibilidad de los anillos de crecimiento entre especies, entre individuos de una misma especie; y, finalmente dentro de un mismo ejemplar dependiendo de la ubicación de los anillos a lo largo del radio; y quienes además, demuestran las dificultades que se han encontrado en la identificación de anillos de crecimiento anuales en otras especies del género *Prosopis*. Para Ortiz et al., (2018) es una especie que forma no solo anillos falsos, sino también, anillos ausentes que dificultan la lectura dendrocronológica de las series de crecimiento, lo que a su vez provoca que sea imposible demostrar la anualidad en la formación de anillos de crecimiento; por lo que, se la considera una especie no potencial para la aplicación de métodos dendrocronológicos (Briceño, 2017); sin embargo, otras especies del género que se desarrollan en ecosistemas subtropicales mostraron anillos anuales claramente demarcados, como es el caso de la especie *Prosopis ferox*. Estas diferencias en la identificación de los anillos de especies del mismo género, podrían atribuirse a las condiciones genéticas específicas y a las condiciones ambientales en donde se desarrollan; asimismo, otras investigaciones demuestran la ausencia de anillos de crecimiento anuales en especies como *Cariniana ianeirensis* R. Kunt o *Pseudolmedia laevis* (Ruiz & Pav.) que puede estar asociada principalmente, con la disponibilidad de agua en niveles freáticos (Briceño, 2017).

En la presente investigación, los resultados obtenidos se asemejan a lo realizado por Ortiz (2018), para *Prosopis sp.*, quien mencionó que esta especie forma anillos de crecimiento falsos y ausentes; sin embargo, existen autores como Williams (2008), que evaluó *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., y demostró que sus anillos de crecimiento no se encuentran bien definidos, aun cuando por diversas investigaciones se ha encontrado que si son evidentes y que se encuentran delimitados por cierta agrupación de poros y fibras al término del anillo.

La especie *Handroanthus billbergii* fue una de las especies con menor crecimiento diamétrico y presentó dificultad en la toma de muestras, principalmente por la alta mortalidad de la especie (18 individuos), lo que dificultó la selección de un individuo con características óptimas. Es así que, al analizar las muestras de esta especie también se encontraron complicaciones en la identificación de anillos de crecimiento. Capa (2010) evaluó la dinámica de crecimiento de *Handroanthus chrysanthus* en Laipuna y asegura que es una especie de crecimiento lento; sin embargo, presenta anillos de crecimiento bastante claros, a diferencia de los identificados en este estudio. Esta diferencia podría atribuirse a los factores ambientales

que influyen sobre la dinámica y evolución de los bosques y por ende en la formación de los anillos de crecimiento.

8. Conclusiones

- En el periodo de evaluación 2014-2021, el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, tuvo un considerable número de individuos perdidos (22 individuos), siendo *Handroanthus billbergii*, la especie que mayor mortalidad registró con 18 individuos perdidos.
- Durante el periodo 2014 – 2021, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, la especie que mayor crecimiento e incremento periódico anual alcanzó, en las diferentes variables dasométricas evaluadas (DAP, H, G, V) fue *Loxopterigyum huasango*.
- En el huerto semillero de la estación experimental Zapotepamba, durante el periodo 2014-2021, las especies *Handroanthus billbergii* y *Bursera graveolens* registraron el menor crecimiento basal y volumétrico, teniendo así valores de 0,0009 m²/año y 0,0013 m²/año en su área basal; y de 0,0048 m³/año y 0,0046 m³/año, respectivamente, en su crecimiento en volumen.
- Durante el periodo 2014 – 2021, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, de forma general, las cuatro especies forestales evaluadas registraron un mayor crecimiento e incremento periódico anual en todas las variables dasométricas, en comparación con estudios de otros autores donde se evaluaron las mismas especies en su hábitat natural; por lo que se deduce que esto se debe, a que las especies son manejadas silviculturalmente; y además, cuando fueron plantadas en el año 2014 recibieron un tratamiento de fertilización de base.
- Las especies *Loxopterigyum huasango* y *Bursera graveolens*, se consideran como las especies forestales, que tienen un alto potencial para estudios, que incluyen la aplicación de métodos dendrocronológicos, gracias a la facilidad de identificación, tanto de patrones, como de anillos de crecimiento.

9. Recomendaciones

- Realizar el seguimiento fenológico y dasométrico del huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, para de esta manera contar con información registrada de forma periódica, que permita realizar a futuro nuevas investigaciones, sobre la dinámica de crecimiento de las especies forestales de bosque seco.
- Fomentar en los programas de forestación y reforestación en bosque seco, la fertilización para el establecimiento de las plantaciones y el subsiguiente manejo silvicultural de las mismas, con la finalidad de incrementar la sobrevivencia y el crecimiento de las diferentes variables dasométricas de las especies forestales de bosque seco.
- Para realizar estudios sobre la dinámica de crecimiento de las especies forestales de bosque seco, utilizando métodos dendrocronológicos, es necesario obtener muestras con núcleo, para una mejor identificación de patrones, que permita el posterior análisis anatómico de los anillos de crecimiento anuales, con el fin de descartar los anillos falsos.
- Para la identificación de anillos de crecimiento en la especie *Prosopis juliflora*, se sugiere humedecer la muestra con alcohol, para tener una mayor visibilidad y posterior identificación de los anillos de crecimiento.

10. Bibliografía

- Aguirre, Z., & Delgado, T. (2001). Vegetación de los bosques secos de Cazaderos-Mangaurco, occidente de la provincia de Loja, 1–15.
- Aguirre, Zh. y Geada, G. (2017). Estado de conservación de los bosques secos de la provincia de Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 24 (1): 207-228. doi: <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.241.24107>
- Aguirre, Zh. (2012). Especies forestales de los bosques secos del Ecuador. Guía dendrológica para su identificación y caracterización. Proyecto Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático. MAE/FAO - Finlandia. Quito, Ecuador. 130 p.
- Aguirre, Zh. & kvist, P. (2009). Composición florística y estructura de bosques estacionalmente secos en el sur-occidental de Ecuador, provincia de Loja, municipios de Macará y Zapotillo. *Arnaldoa*, 16(2), 87 – 99.
- Aguirre, Zh., Kvist, P., y Sánchez, O. (2006). Botánica Económica de los Andes Centrales: Bosques secos en Ecuador y su diversidad. La paz. 162-187.
- Alvarado, D., & Otero, J. (2017). Áreas naturales de bosque seco tropical en el Valle del Cauca, Colombia: una oportunidad para la restauración. *Biota Colombiana*, 18(1),9-34. [fecha de Consulta 11 de Enero de 2022]. ISSN: 0124-5376. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49151841006>
- Alverca, J. (2016). Dinámica de crecimiento de las especies forestales de una parcela permanente en el Bosque Seco de la Ceiba, Zapotillo, Loja, Ecuador [Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Loja.
- Asquith, N. (2002). La dinámica del bosque y la diversidad arbórea. Costa Rica.

- Briceño, A. (2017). Dinámica de crecimiento y relación con el clima de especies arbóreas de los bosques de la región Caribe, Colombia. [Tesis o trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de: Doctor en Ciencias - Biología]. Repositorio de la Universidad Nacional de Colombia.
- Burneo, M. (2020). Estudio dendroclimático de *Cedrela nebulosa* T.D.Penn. & Daza en el bosque húmedo del cantón Mera, provincia de Pastaza, Ecuador [Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniera Forestal, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Loja.
- Cancino, J. (2012). Dendrometría Básica. Disponible en: http://repositorio.udec.cl/xmlui/bitstream/handle/11594/407/Dendrometria_Basica.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Capa, L. (2010). Crecimiento radial de tres especies maderables de bosque seco y su relación con los factores climáticos y fenológicos en la Reserva Natural Laipuna. [Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniera Forestal, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Loja.
- Carvajal, D. y Calvo, J. (2013). Tasas de crecimiento, mortalidad y reclutamiento de vegetación en tres estadios sucesionales del bosque seco tropical, Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú (Costa Rica)* Volumen 10, n°25, ISSN: 2215-2504. 12 p.
- Cerón, C. E., Palacios, W., Valencia, R., & Sierra, R. (1999). Las formaciones naturales de la costa del Ecuador. In R. Sierra (Ed.), *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental* (pp. 55–78). Quito - Ecuador: Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia.
- Dunisch O., Montoia V., Bauch J. 2003. Dendroecological investigations on *Swietenia macrophylla* King and *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) in the central Amazon. *Trees Structure and Function* 17:244-250.

- Figueiroa, J., Pareyn, F., Araujo, E., Silva, C., Santos, V., Cutler, D., Baracat, A., y Gasson, P. (2006). Efectos de regímenes de corte en la estación seca y húmeda sobre la supervivencia y la brotación de especies leñosas de la Caatinga semi árida del noreste de Brasil. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. p229. 294-303.
- Gaona, T. (2014). Dinámica de crecimiento de veintinueve especies forestales establecidas y análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo en el Jardín Botánico El Padmi, Zamora Chinchipe. [Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniera Forestal, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Loja.
- Génova, M. y Díez, H. (2022). Dendrocronología: datación de materiales, formas y eventos a través de los anillos de los árboles. *Cuaternario y Geomorfología*. Madrid: España.
- Gómez, P. (2019). Análisis dendroclimático en el trópico húmedo de Centroamérica (pp. 1–46). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- González, D., Poma, R., Ordoñez, M., & Aguirre, N. (2010). Crecimiento Inicial de *Tabebuia chrysantha* y *Cedrela montana* con fines de rehabilitación de áreas abandonadas en el trópico húmedo ecuatoriano. *Ecología Forestal*, 1(1), 73–80.
- González, M. (2017). Evaluación del comportamiento inicial de cuatro especies forestales nativas de bosque seco en la estación experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador [Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Loja.
- Guenter, S., Weber, M., Stimm, B., & Mosandl, R. (2011). *Silviculture in the tropics*. (S. Günter, M. Weber, B. Stimm, & R. Mosandl, Eds.), Springer (Vol. 8). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-19986-8>
- Gutiérrez E (2009) La dendrocronología: métodos y aplicaciones. En “Arqueología nautica mediterrània“X. Nieto i M.A. Cau (eds.). Monografies del CASC. Generalitat de Catalunya. pp. 309-322

- HIENRICH, L. 2004 Dendroclimatology of *Toona ciliata*. 235 p. thesis (PhD in management resources and environmental science) - School of resources, environment and society, Australian national University, Canberra.
- HERBARIO LOJA, UNISIG, CINFA. 2001. Zonificación y determinación de los tipos de Bosque seco en el suroccidente de la provincia de Loja. Informe Final.
- Imaña, J. (2011). *Mensura Dasométrica*. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2011. 113 p.
- Jaramillo, C., Cadena, T. 2012. Evaluación Del Crecimiento de Cutero Especies Forestales con y Sin Asocio con Uvilla *Physalis Peruviana*. Otavalo Ecuador
- Jumbo, J. (2019). Evaluación del Crecimiento de *Cinchona officinalis* L., en cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja, en el periodo: 2015-2018. Ecuador [Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniera Forestal, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Loja.
- Klepac, D. (1976). *Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales*. Universidad Autónoma Chapingo. 1ed.
- Klepac, D. (1983). *Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales*. Universidad Autónoma Chapingo. 2ed.
- Lopez, J. (2023). Dinámica de crecimiento de especies forestales de una parcela permanente en bosque seco de la parroquia Mangahurco, cantón Zapotillo, provincia de Loja. [Trabajo de titulación previa a la obtención del título de Magister en Biodiversidad y Cambio Climático, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Loja.
- Loján, L. (1977). Curso de Dasometría. Universidad Nacional de Loja. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Loja, Ecu. 4 – 32 p.

- Loján, L. (1992). El verdor de los andes. Quito - Ecuador: Proyecto de Desarrollo Forestal Participativo en los Andes.
- Lozano, P. (2002). Los tipos de bosque en el sur del Ecuador. In Botánica Austroecuatorial: Estudios sobre los recursos vegetales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora Chinchipe. (pp. 29–49). Quito.
- Melo, O. y Vargas, R. (2003). Evaluación ecológica y silvicultura de ecosistemas boscosos. Ibagué.
- Mendivelso, H., Camarero, J., y Gutiérrez, E. (2016). Dendrocronología en bosques neotropicales secos: métodos, avances y aplicaciones. *Ecosistemas*, 25(2), 66-75. Recuperado de <http://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/1194>
- Ministerio del Ambiente (MAE) 2013. *Beneficios del Manejo Sostenible de la Tierra*. Quito, Ecuador. Pp 44-45.
- Miles, L., Newton, A. C., DeFries, R. S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., ... Gordon, J. E. (2006). A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*, 33(3), 491–505. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x>
- Miller, T. (1994). *Ecología y medio ambiente; introducción a la Ciencia Ambiental, desarrollo sustentable y conciencia de conservación del planeta Tierra*. Trad. I León. México, Instituto Politécnico Nacional de México. 860 p.
- Montoya, G. (2001). Potencial forestal del bosque seco del sector Monte Azul, Piura - Perú “Un aporte a la mejora de calidad de vida en el bosque seco del norte del Perú.”
- Muñoz, J.; D. Armijos-Ojeda y S. Erazo. (2019). *Flora y fauna del Bosque Seco de la provincia de Loja, Ecuador*. Ediloja. Ecuador. 107 pp.

- Narváez, L. (2020). Análisis del potencial dendroclimático de *Acacia macracantha* Willd de bosque seco en la parroquia Zapotillo al sur de Ecuador. Universidad Nacional de Loja-Ecuador.
- Nieto, V. (2005). Las diez especies TOP para investigación y desarrollo forestal. Bogotá, Colombia: CONIF y Universidad Francisco José de Caldas.
- Ortiz, E., Ghezzi, I., Salazar, P. y Rodriguez, R. (2018). Identificación y caracterización de los anillos de crecimiento en *Prosopis sp* de la costa norte del Perú. Lima. 01(01). <http://dx.doi.org/10.18259/nys.2018002>
- Otsamo, A., G. Adjers, sasmito, T. Hadi, J. Kuusipalo y R. Vuokko 1997. Evaluation of reforestation potential of 83 tree species planted on Imperata cilíndrica dominated grassland. *New Forests* 14, 127-143.
- Palacios, W. (1997). Composición, estructura y dinamismo de una hectárea de bosque en la Reserva Florística El Chuncho, Napo, Ecuador. En Mena, PA, Soldi, A; Alarcón, R; Chiriboga, C; Suárez, L (Eds). *Estudios Biológicos para la Conservación, Diversidad Ecológica y Etnobotánica*. Quito, EC, Ecociencia. 299-303 p.
- Paladines, R. (2003). Propuesta de conservación del Bosque seco en el Surde Ecuador. Fundación científica San Francisco. Loja: Ecuador.
- Paredes, R. (1997). Formulación participativa de un plan preliminar de manejo del bosque nativo de “Pacaya”, cantón Quito. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Loja.
- Pennington, T., Muellner, A., & Wise, R. (2010). *A monograph of cedrela (meliaceae)*. Milborne port: dh books.
- Póvoa, M., Muñoz, E., Dressano, D., Valadares, E., Gasson, P., Germain, F., Alvarez, A., Baracat, A. y Araújo, E. (2014). Relaciones de crecimiento climático-árbol de *Mimosa tenuiflora* en el bosque tropical estacionalmente seco, Brasil. *CERNE*, 1(21), p. 141-149. <https://doi.org/10.1590/01047760201521011460>

- Pucha, D., Jumbo, N., Moncada, V., Burneo, M., Narvaez, L., Feijoo, C., Barrera, E., Castro, J., Ruiz, C., y Bräuning, A. (2020). Impacto de las condiciones climáticas en el crecimiento diamétrico de especies forestales de alto valor comercial. Ecuador. CICC.
- Quezada, N. (2019). Dinámica de crecimiento de las especies forestales del bosque nublado en la Reserva Natural Tapichalaca, Palanda, Zamora Chinchipe. [Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniera Forestal, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Loja.
- Quezada, R., Acosta, L., Garro, M., Castillo, M. (2012). Dinámica del crecimiento del bosque húmedo tropical, 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 56 Vol. 25, N° 5, Número Especial.
- Reategui, J. (2015). Dinámica de crecimiento de las especies forestales de un bosque seco de la región sur del Ecuador y la relación entre variables dasométricas de cuatro especies forestales del ecosistema. [Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniera Forestal, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Loja.
- Rosero, J. (2009). Dendrocronologia de árvores de mogno, *swietenia macrophylla king.*, meliaceae, ocorrentes na floresta tropical amazônica do departamento de madre de dios, Perú. Piracicaba: esalq/usp, 2009. 131 f. Dissertação (mestrado em recursos florestais, com opção em tecnologia de produtos florestais) - Escola superior de agricultura "Luiz de queiroz", Universidade de Sao paulo.
- Rosero, J. (2011). Análisis dendrocronológico de tres especies forestales del bosque seco ecuatorial estacional, Facultad de Ciencias Forestales. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/1671>.
- Sisalima, B. (2000). Crecimiento y regeneración natural de un bosque húmedo tropical posterior a un raleo selectivo. Tesis Ingeniero Forestal. Loja, EC, Universidad Nacional de Loja. Facultad de Ciencias Agrícolas. 12 p.

- Torres, A., Adarve, J., Cárdenas, M., Vargas, J., Londoño, V., Rivera, K., Home, J., Duque, O., González, A. (2012). Dinámica sucesional de un fragmento de bosque seco tropical del Valle del Cauca, Colombia. Volumen 13, ISSN 0124-5376. 258p.
- Uslar, Y., Mostacedo, B., Saldías, M. 2003. Composición, estructura y dinámica de un bosque seco semideciduo en Santa Cruz, Bolivia. 28 p
- Valerio J., Salas C.1998. Selección de prácticas silviculturales para bosques tropicales. Manual técnico (Segunda edición corregida y aumentada). Santa Cruz, Bolivia. 83 p.
- Villalba, R., P.E. Villagra., J.A. Boninsegna., M.S. Morales. & V.Moyano. 2000. Dendroecología y dendroclimatología con especies del género *Prosopis* en Argentina. *Multequina* 9(2): 1-18.
- Williard J. (1996). Programa de formación continua en educación ambiental para profesores y asesores de ciencias de enseñanza secundaria. Consultado el 5 de mayo del 2015. Disponible en: http://books.google.com.ec/books?id=zqyAIsLXv88Cypg=PA45&lpg=PA45&dq=mortalidadlongevidad+fisi%C3%B3logica&source=bl&ots=gKbthxawus&sig=1-ERWw5KRIRHkkiWWqSl_7BD4oM&hl=es&sa=X&ei=a4yjU9nIOdPTsAS0m4DADw&ved=0CBoQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false
- Williams J. 2008, Anatomía de Madera en 31 especies de la Subfamilia Mimosoideae (Leguminosae) en Venezuela. *Revista Colombia Forestal* Vol: 11: 113-135.
- Worbes M. 1995. How to measure growth dynamics in tropical trees - A review. *Iawa Journal* 16:337-351.
- Worbes M., Junk W. 1999. How old are tropical trees? The persistence of a myth. *Iawa Journal* 20: 255-260.

Worbes, M. 2002. One hundred years of tree-ring research in the tropics - a brief history and an outlook to future challenges. *Dendrochronologia* 20: 217–231. doi:10.1078/1125-7865-00018g

Zúñiga, C. (2012). Aplicación de la dendrocronología para evaluar la influencia de la precipitación y la temperatura en el crecimiento de *Tectona grandis* L.f. procedente del Fundo Génova – Junín (tesis de pregrado). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

11. Anexos

Anexo 1. Medición del DAP, altura total (HT) y toma de muestras con el barreno de Pressler, de las cuatro especies forestales en estudio, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba.





Anexo 2. Datos recolectados en campo del DAP y altura total (HT), y cálculo del área basal (G) y volumen (V) de las cuatro especies forestales, del huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba.

Tratamiento	Especie	N	Coordenadas			HT (m)	CAP* (cm)	DAP cm	Forma del Fuste (Torcido)	Diámetro de la copa			CAP (m)	DAP (m)	Area Basal (m2)	FF	Volumen
			Latitud (X)	Longitud (Y)	Altitud (msnm)					1	2	Promedio (m)					
T1	<i>Palo santo</i>	P1	635660	9553242	932	3,50	25,60	8,15	3,00	3,00	3,00	3,00	0,256	0,081	0,0052	1	0,0128
T1	<i>Palo santo</i>	P2	635661	9553240	932	5,20	23,50	7,48	1,00	2,00	4,00	3,00	0,235	0,075	0,0044	1	0,0160
T1	<i>Palo santo</i>	P3	635663	9553243	933	4,70	27,70	8,82	1,00	3,00	2,00	2,50	0,277	0,088	0,0061	1	0,0201
T2	<i>Palo santo</i>	P4	635663	9553243	934	3,00	28,50	9,07	1,00	3,00	2,00	2,50	0,285	0,091	0,0065	1	0,0136
T2	<i>Palo santo</i>	P5											0	0,000	0,0000	1	0,0000
T2	<i>Palo santo</i>	P6	635668	9553232	937	5,40	27,70	8,82	1,00	2,20	2,00	2,10	0,277	0,088	0,0061	1	0,0231
T3	<i>Palo santo</i>	P7	635667	9553229	937	5,30	31,90	10,15	3,00	3,50	2,50	3,00	0,319	0,102	0,0081	1	0,0300
T3	<i>Palo santo</i>	P8	635669	9553222	939	5,30	34,70	11,05	1,00	3,20	3,70	3,45	0,347	0,110	0,0096	1	0,0355
T3	<i>Palo santo</i>	P9	635671	9553221	939	6,00	25,80	8,21	1,00	1,00	2,00	1,50	0,258	0,082	0,0053	1	0,0222
T1	<i>Palo santo</i>	P10	635673	9553217	938	6,60	48,40	15,41	3,00	3,00	2,00	2,50	0,484	0,154	0,0186	1	0,0861
T1	<i>Palo santo</i>	P11	635667	9553219	938	6,80	31,10	9,90	1,00	2,00	2,00	2,00	0,311	0,099	0,0077	1	0,0366
T1	<i>Palo santo</i>	P12	635668	9553224	939	6,30	32,65	10,39	1,00	3,20	3,00	3,10	0,327	0,104	0,0085	1	0,0374
T2	<i>Palo santo</i>	P13	635667	9553230	940	4,10	34,80	11,08	1,00	2,20	2,50	2,35	0,348	0,111	0,0096	1	0,0277
T2	<i>Palo santo</i>	P14	635659	9553229	940	5,30	27,60	8,79	2,00	2,00	2,00	2,00	0,276	0,088	0,0061	1	0,0225
T2	<i>Palo santo</i>	P15	635663	9553231	939	4,60	32,90	10,47	1,00	2,90	2,50	2,70	0,329	0,105	0,0086	1	0,0277
T3	<i>Palo santo</i>	P16	635658	9553234	939	3,90	34,35	10,93	2,00	4,20	5,40	4,80	0,344	0,109	0,0094	1	0,0256
T3	<i>Palo santo</i>	P17	635661	9553238	938	4,60	38,40	12,22	1,00	4,00	3,40	3,70	0,384	0,122	0,0117	1	0,0378
T3	<i>Palo santo</i>	P18	635655	9553242	938	3,50	13,50	4,30	3,00	1,00	1,00	1,00	0,135	0,043	0,0015	1	0,0036
T1	<i>Palo santo</i>	P19	635657	9553242	936	3,40	28,90	9,20	3,00	3,00	2,00	2,50	0,289	0,092	0,0066	1	0,0158
T1	<i>Palo santo</i>	P20	635660	9553241	937	5,00	26,00	8,28	3,00	2,00	2,00	2,00	0,26	0,083	0,0054	1	0,0188
T1	<i>Palo santo</i>	P21	635657	9553236	937	4,80	36,70	11,68	1,00	3,20	2,50	2,85	0,367	0,117	0,0107	1	0,0360
T2	<i>Palo santo</i>	P22	635661	9553234	935	5,30	32,50	10,35	1,00	3,00	2,90	2,95	0,325	0,103	0,0084	1	0,0312
T2	<i>Palo santo</i>	P23	635659	9553231	935	4,30	33,50	10,66	1,00	2,00	1,50	1,75	0,335	0,107	0,0089	1	0,0269
T2	<i>Palo santo</i>	P24	635664	9553227	934	3,80	28,50	9,07	3,00	2,00	2,00	2,00	0,285	0,091	0,0065	1	0,0172
T3	<i>Palo santo</i>	P25	635661	9553223	934	5,00	35,60	11,33	3,00	2,50	2,50	2,50	0,356	0,113	0,0101	1	0,0353
T3	<i>Palo santo</i>	P26	635667	9553222	935	5,80	30,80	9,80	1,00	2,20	1,40	1,80	0,308	0,098	0,0075	1	0,0306
T3	<i>Palo santo</i>	P27											0	0,000	0,0000	1	0,0000

Tratamiento	Especie	N	Coordenadas			HT (m)	CAP* (cm)	DAP (cm)	Forma del Fuste (Torcido)	Diámetro de la copa			CAP (m)	DAP (m)	Area Basal (m2)	FF	Volumen
			Latitud (X)	Longitud (Y)	Altitud (msnm)					1	2	Promedio (m)					
T1	Hualtaco	H1	635670	9553248	937	10,40	72,30	23,01	1	5,00	7,00	6,00	0,723	0,2301	0,04160	0,7	0,303
T1	Hualtaco	H2	635674	9553249	935	14,10	80,20	25,53	1	4,00	6,20	5,10	0,802	0,2553	0,05118	0,7	0,505
T1	Hualtaco	H3	635676	9553245	935	11,80	54,85	17,46	1	4,50	5,50	5,00	0,5485	0,1746	0,02394	0,7	0,198
T2	Hualtaco	H4	635674	9553241	936	15,90	39,80	12,67	1	2,70	4,50	3,60	0,398	0,1267	0,01261	0,7	0,140
T2	Hualtaco	H5	635679	9553238	936	14,70	69,40	22,09	1	5,30	4,90	5,10	0,694	0,2209	0,03833	0,7	0,394
T2	Hualtaco	H6	635682	9553236	937	13,00	50,40	16,04	1	3,40	5,10	4,25	0,504	0,1604	0,02021	0,7	0,184
T3	Hualtaco	H7	635678	9553233	936	13,90	57,50	18,30	3	3,10	4,10	3,60	0,575	0,1830	0,02631	0,7	0,256
T3	Hualtaco	H8	635679	9553227	937	12,90	64,30	20,47	3	3,10	4,10	3,60	0,643	0,2047	0,03290	0,7	0,297
T3	Hualtaco	H9	635688	9553222	937	13,60	64,20	20,44	1	3,00	3,50	3,25	0,642	0,2044	0,03280	0,7	0,312
T1	Hualtaco	H10	635678	9553223	940	9,90	43,50	13,85	3	2,00	2,00	2,00	0,435	0,1385	0,01506	0,7	0,104
T1	Hualtaco	H11	635676	9553222	942	11,50	45,60	14,51	1	3,00	2,50	2,75	0,456	0,1451	0,01655	0,7	0,133
T1	Hualtaco	H12	635679	9553231	941	9,20	42,35	13,48	1	2,00	3,50	2,75	0,4235	0,1348	0,01427	0,7	0,092
T2	Hualtaco	H13	635673	9553234	942	13,20	49,60	15,79	1	5,00	3,00	4,00	0,496	0,1579	0,01958	0,7	0,181
T2	Hualtaco	H14	635676	9553236	942	12,10	67,80	21,58	3	4,50	3,50	4,00	0,678	0,2158	0,03658	0,7	0,310
T2	Hualtaco	H15	635673	9553238	944	11,70	39,20	12,48	1	5,00	3,50	4,25	0,392	0,1248	0,01223	0,7	0,100
T3	Hualtaco	H16	635673	9553239	944	11,00	44,30	14,10	3	3,00	4,10	3,55	0,443	0,1410	0,01562	0,7	0,120
T3	Hualtaco	H17	635672	9553243	943	11,30	44,80	14,26	1	3,50	3,00	3,25	0,448	0,1426	0,01597	0,7	0,126
T3	Hualtaco	H18	635673	9553238	937	10,40	70,90	22,57	1	5,00	7,00	6,00	0,709	0,2257	0,04000	0,7	0,291
T1	Hualtaco	H19	635665	9553248	939	10,00	60,40	19,23	1	9,00	6,00	7,50	0,604	0,1923	0,02903	0,7	0,203
T1	Hualtaco	H20	635670	9553242	940	10,90	75,30	23,97	1	6,00	6,00	6,00	0,753	0,2397	0,04512	0,7	0,344
T1	Hualtaco	H21	635669	9553242	939	11,30	59,85	19,05	1	5,00	6,00	5,50	0,5985	0,1905	0,02850	0,7	0,225
T2	Hualtaco	H22	635670	9553237	939	12,00	47,85	15,23	1	3,00	6,00	4,50	0,4785	0,1523	0,01822	0,7	0,153
T2	Hualtaco	H23	635674	9553232	942	14,70	62,20	19,80	1	3,50	3,00	3,25	0,622	0,1980	0,03079	0,7	0,317
T2	Hualtaco	H24	635673	9553231	942	13,90	72,50	23,08	1	6,00	5,90	5,95	0,725	0,2308	0,04183	0,7	0,407
T3	Hualtaco	H25	635666	9553225	932	13,00	63,60	20,24	3	3,00	4,50	3,75	0,636	0,2024	0,03219	0,7	0,293
T3	Hualtaco	H26	635675	9553224	942	10,50	58,10	18,49	1	2,80	2,80	2,80	0,581	0,1849	0,02686	0,7	0,197
T3	Hualtaco	H27	635683	9553226	940	13,80	87,70	27,92	1	8,00	8,00	8,00	0,877	0,2792	0,06121	0,7	0,591

Tratamiento	Especie	N	Coordenadas			HT (m)	CAP* (cm)	DAP cm	CAP (m)	DAP (m)	Area Basal (m2)	FF	Volumen
			Latitud (X)	Longitud (Y)	Altitud (msnm)								
T1	Guayacán	G1										0,7	
T1	Guayacán	G2	635696	9553244	947	5,00	14,20	4,52	0,142	0,0452	0,0144	0,7	0,0504
T1	Guayacán	G3										0,7	
T2	Guayacán	G4										0,7	
T2	Guayacán	G5										0,7	
T2	Guayacán	G6										0,7	
T3	Guayacán	G7										0,7	
T3	Guayacán	G8										0,7	
T3	Guayacán	G9	635698	9553225	943	9,50	29,60	9,42	0,296	0,0942	0,0300	0,7	0,1994
T1	Guayacán	G10										0,7	
T1	Guayacán	G11										0,7	
T1	Guayacán	G12										0,7	
T2	Guayacán	G13										0,7	
T2	Guayacán	G14										0,7	
T2	Guayacán	G15	635687	9553237	947	7,50	30,00	9,55	0,300	0,0955	0,0304	0,7	0,1596
T3	Guayacán	G16										0,7	
T3	Guayacán	G17	635679	9553244	947	8,40	33,00	10,50	0,330	0,1050	0,0334	0,7	0,1966
T3	Guayacán	G18	635683	9553249	947	7,20	30,00	4,50	0,300	0,0955	0,0304	0,7	0,1532
T1	Guayacán	G19	635655	9553239	951	4,10	9,20	2,93	0,092	0,0293	0,0093	0,7	0,0268
T1	Guayacán	G20										0,7	
T1	Guayacán	G21	635675	9553236	951	1,90	10,25	3,26	0,103	0,0326	0,0104	0,7	0,0138
T2	Guayacán	G22										0,7	
T2	Guayacán	G23	635684	9553233	950	6,90	24,75	7,88	0,248	0,0788	0,0251	0,7	0,1211
T2	Guayacán	G24										0,7	
T3	Guayacán	G25	635686	9553233	943	9,60	32,55	10,36	0,326	0,1036	0,0330	0,7	0,2216
T3	Guayacán	G26										0,7	
T3	Guayacán	G27										0,7	

Tratamiento	Especie	N	Coordenadas			HT (m)	CAP* (cm)	DAP cm	Forma del Fuste (Torcido)	Diámetro de la copa			CAP (m)	DAP (m)	Area Basal (m2)	FF	Volumen
			Latitud (X)	Longitud (Y)	Altitud (msn m)					1	2	Promedio (m)					
T1	Algarrobo	A1	635693	9553255	947	7,30	17,25	5,49	1,00	3,80	3,00	3,40	0,173	0,0549	0,0024	0,7	0,0121
T1	Algarrobo	A2	635699	9553252	948	8,24	23,60	7,51	1,00	3,70	3,00	3,35	0,236	0,0751	0,0044	0,7	0,0256
T1	Algarrobo	A3	635693	9553248	949	9,50	31,95	10,17	4,00	6,50	5,70	6,10	0,320	0,1017	0,0081	0,7	0,0540
T2	Algarrobo	A4	635691	9553247	965	8,20	30,20	9,61	1,00	3,70	4,40	4,05	0,302	0,0961	0,0073	0,7	0,0417
T2	Algarrobo	A5											0,000	0,0000	0,0000	0,7	0,0000
T2	Algarrobo	A6	635694	9553238	964	4,40	16,20	5,16	3,00	2,50	3,40	2,95	0,162	0,0516	0,0021	0,7	0,0064
T3	Algarrobo	A7	635701	9553236	942	9,60	37,40	11,90	1,00	6,40	4,30	5,35	0,374	0,1190	0,0111	0,7	0,0748
T3	Algarrobo	A8	635701	9553233	942	8,10	23,50	7,48	1,00	3,10	2,70	2,90	0,235	0,0748	0,0044	0,7	0,0249
T3	Algarrobo	A9	635704	9553231	942	9,80	39,20	12,48	1,00	3,80	4,20	4,00	0,392	0,1248	0,0122	0,7	0,0839
T1	Algarrobo	A10	635700	9553235	942	9,60	38,50	12,25	1,00	4,10	4,50	4,30	0,385	0,1225	0,0118	0,7	0,0793
T1	Algarrobo	A11	635699	9553234	943	8,90	24,60	7,83	1,00	3,40	3,20	3,30	0,246	0,0783	0,0048	0,7	0,0300
T1	Algarrobo	A12	635694	9553241	942	11,10	39,50	12,57	1,00	5,80	5,90	5,85	0,395	0,1257	0,0124	0,7	0,0965
T2	Algarrobo	A13	635695	9553241	942	9,10	33,60	10,70	1,00	4,70	5,50	5,10	0,336	0,1070	0,0090	0,7	0,0572
T2	Algarrobo	A14	635689	9553242	942	7,20	20,10	6,40	1,00	3,10	4,10	3,60	0,201	0,0640	0,0032	0,7	0,0162
T2	Algarrobo	A15	635691	9553239	943	10,80	33,40	10,63	3,00	4,90	4,20	4,55	0,334	0,1063	0,0089	0,7	0,0671
T3	Algarrobo	A16	635691	9553248	943	5,80	22,80	7,26	1,00	3,30	2,70	3,00	0,228	0,0726	0,0041	0,7	0,0168
T3	Algarrobo	A17	635694	9553251	944	9,90	45,50	14,48	1,00	6,30	5,50	5,90	0,455	0,1448	0,0165	0,7	0,1142
T3	Algarrobo	A18	635690	9553252	945	8,80	26,80	8,53	1,00	4,00	4,90	4,45	0,268	0,0853	0,0057	0,7	0,0352
T1	Algarrobo	A19											0,000	0,0000	0,0000	0,7	0,0000
T1	Algarrobo	A20	635683	9553248	954	11,70	48,50	15,44	1,00	6,10	6,70	6,40	0,485	0,1544	0,0187	0,7	0,1533
T1	Algarrobo	A21	635689	9553245	944	12,00	45,70	14,55	1,00	4,80	8,50	6,65	0,457	0,1455	0,0166	0,7	0,1396
T2	Algarrobo	A22	635687	9553243	943	10,50	25,85	8,23	1,00	4,10	4,50	4,30	0,259	0,0823	0,0053	0,7	0,0391
T2	Algarrobo	A23	635687	9553240	943	15,40	28,85	9,18	1,00	4,10	7,60	5,85	0,289	0,0918	0,0066	0,7	0,0714
T2	Algarrobo	A24	635690	9553238	943	10,60	43,70	13,91	1,00	4,70	6,40	5,55	0,437	0,1391	0,0152	0,7	0,1128
T3	Algarrobo	A25	635692	9553233	943	9,10	44,80	14,26	1,00	4,70	6,70	5,70	0,448	0,1426	0,0160	0,7	0,1017
T3	Algarrobo	A26	635696	9553233	944	10,60	37,10	11,81	1,00	3,40	6,10	4,75	0,371	0,1181	0,0110	0,7	0,0813
T3	Algarrobo	A27	635695	9553231	944	9,10	27,40	8,72	1,00	3,00	3,60	3,30	0,274	0,0872	0,0060	0,7	0,0381

Anexo 3. Preparación y análisis de muestras en laboratorio de las especies forestales en estudio, del huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba.



Anexo 4. Poster científico para la difusión de resultados del trabajo de investigación.



Universidad Nacional de Loja



Facultad Agrícola y de Recursos Naturales Renovables



Carrera de Ingeniería Forestal



Ingeniería Forestal
LOJA - ECUADOR

DINÁMICA DE CRECIMIENTO DE CUATRO ESPECIES FORESTALES NATIVAS DE BOSQUE SECO, DURANTE EL PERIODO 2014-2021, EN UN HUERTO SEMILLERO DE LA ESTACION EXPERIMENTAL ZAPOTEPAMBA, PROVINCIA DE LOJA, ECUADOR.

Crespo Cabrera Luis Daniel^{1*}; **Eras Guamán Víctor Hugo**^{1,2,3}; **Yaguana Arévalo Magaly**^{1,2,3}; **González Zaruma Darlin Ulises**^{1,2,3}

¹Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
²Laboratorio de Micropropagación Vegetal
³Proyecto de investigación Cinchona 02-DI-FARNR-2021
 *Autor para correspondencia: luis.crespo@unl.edu.ec

INTRODUCCIÓN

Los bosques secos ocupan el 42% de la superficie de los bosques tropicales a nivel mundial; y, en Ecuador, se encuentran a lo largo de la costa o litoral, en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Santa Elena y Guayas; y, en la costa sur en las estribaciones occidentales de los Andes, en El Oro y Loja. Originalmente el 35% de la superficie ecuatoriana se encontraba cubierta por este ecosistema; sin embargo, han soportado grandes presiones antrópicas durante las últimas décadas, siendo los responsables de la desaparición de la mitad de su cobertura, consecuencia de actividades de subsistencia, como el establecimiento de cultivos que transforman el bosque en zonas degradadas.

Por tal razón, la presente investigación tuvo como finalidad emplear métodos dasométricos y dendrocronológicos, para evaluar la dinámica de crecimiento de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, plantadas en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, durante el periodo 2014-2021.

OBJETIVOS

- Evaluar el crecimiento de cuatro especies forestales dentro de un huerto semillero, a través de variables dasométricas, durante sus primeros seis años de establecimiento (2014 – 2021).
- Evaluar la dinámica del crecimiento de cuatro especies dentro de un huerto semillero, con métodos dendrocronológicos, durante sus primeros seis años de establecimiento (2014 – 2021).

RESULTADOS

Crecimiento periódico de las variables dasométricas de las cuatro especies forestales

Crecimiento Periódico de la altura total (HT) (m)

Especie	HT (m)
Bursera graveolens	3,294
Loxopterigium huasango	12,243
Handroanthus billbergii	6,453
Prosepio juliflora	5,743

Crecimiento Periódico del Área Basal (G) (m²)

Especie	Área Basal (G) (m ²)
Bursera graveolens	0,007
Loxopterigium huasango	0,021
Handroanthus billbergii	0,024
Prosepio juliflora	0,009

Crecimiento Periódico del Volumen (V) (m³)

Especie	Volumen (V) (m ³)
Bursera graveolens	0,002
Loxopterigium huasango	0,023
Handroanthus billbergii	0,027
Prosepio juliflora	0,011



METODOLOGÍA



A



B



C



D



CONCLUSIONES

- Durante el periodo 2014 – 2021, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, la especie que mayor crecimiento e incremento periódico anual alcanzó, en las diferentes variables dasométricas evaluadas (DAP, H, G, V) fue *Loxopterigium huasango*.
- Durante el periodo 2014-2021, la especie *Handroanthus billbergii*, aplicando los métodos dendrocronológicos alcanzó el menor crecimiento radial, obteniendo así un crecimiento acumulado de 28,205 mm y un crecimiento anual de 3,71 mm.

Fig. 1. A). Medición de variables dasométricas. ; **B).** Toma de muestras con barrenos Pressler.; **C).** Preparación y análisis de muestras en laboratorio.

Fig. 2. A). Crecimiento periódico del DAP; **B).** Crecimiento periódico de la altura; **C).** Crecimiento periódico del Área Basal; **D).** Crecimiento periódico del volumen.

Crecimiento periódico de las cuatro especies forestales en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, a través de métodos dendrocronológicos

Fig. 3. Serie individual de crecimiento radial anual de *Bursera graveolens* (Kuntli) Triana & Planch.

Fig. 4. Serie individual de crecimiento radial anual de *Loxopterigium huasango* Spruce ex Engl

Fig. 5. Serie individual de crecimiento radial anual de *Prosepio juliflora* (Sw) DC

Fig. 6. Serie individual de crecimiento radial anual de *Handroanthus billbergii* (Baceuz & Schum.) S.O. Gussone



ACREDITAMOS
Juntos lo logramos

Educamos para Transformar

Anexo 5. Tríptico para la difusión de resultados del trabajo de investigación.

ESPECIE	VARIABLES	N	Media	Error Est.	Límite Inferior	Límite Superior
<i>Bursera graveolens</i>	DAP (cm)	25	8,024	0,309	7,712	8,728
	HT (m)	25	4,133	0,209	3,724	4,542
	G (m ²)	25	0,008	0,001	0,006	0,009
	V (m ³)	25	0,027	0,003	0,022	0,033
<i>Loxopterigyum huasango</i>	DAP (cm)	27	16,902	0,826	15,283	18,532
	HT (m)	27	11,884	0,332	11,032	12,335
	G (m ²)	27	0,029	0,002	0,024	0,033
	V (m ³)	27	0,095	0,004	0,024	0,298
<i>Handroanthus bilbergii</i>	DAP (cm)	9	6,414	1,022	4,414	8,414
	HT (m)	9	6,452	0,833	4,819	8,086
	G (m ²)	9	0,004	0,002	0,018	0,013
	V (m ³)	9	0,027	0,005	0,016	0,118
<i>Prosopis juliflora</i>	DAP (cm)	25	8,478	0,596	8,311	10,646
	HT (m)	25	8,743	0,428	7,905	9,381
	G (m ²)	25	0,009	0,001	0,007	0,011
	V (m ³)	25	0,063	0,008	0,047	0,079

Tabla 1. Valores promedio y error estándar del crecimiento periódico de las variables dasométricas, de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador. **Crecimiento o incremento periódico anual (IPA) de las variables dasométricas de las cuatro especies forestales en el periodo 2 014-2 021**

ESPECIE	VARIABLES	N	Media	Error Est.	Límite Inferior	Límite Superior
<i>Bursera graveolens</i>	DAP (cm)	25	3,374	0,0399	1,22	1,455
	HT (m)	25	0,889	0,048	0,621	0,757
	G (m ²)	25	0,0013	0,0001	0,001	0,001
	V (m ³)	25	0,0046	0,0005	0,004	0,006
<i>Loxopterigyum huasango</i>	DAP (cm)	27	2,8171	0,1377	2,547	3,087
	HT (m)	27	1,9473	0,0554	1,839	2,056
	G (m ²)	27	0,0048	0,0004	0,004	0,006
	V (m ³)	27	0,0418	0,004	0,034	0,05
<i>Handroanthus bilbergii</i>	DAP (cm)	9	1,068	0,3702	0,736	1,402
	HT (m)	9	1,0754	0,1389	0,903	1,348
	G (m ²)	9	0,0009	0,0005	0,001	0,003
	V (m ³)	9	0,0212	0,0044	0,013	0,03
<i>Prosopis juliflora</i>	DAP (cm)	25	1,5797	0,0991	1,385	1,774
	HT (m)	25	1,4571	0,0713	1,317	1,597
	G (m ²)	25	0,0025	0,0002	0,001	0,002
	V (m ³)	25	0,0105	0,0014	0,008	0,013

Tabla 2. Valores promedio y error estándar del incremento periódico anual de las variables dasométricas de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, para el periodo 2014-2021, en un huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.

3.2. Crecimiento de las cuatro especies forestales en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, a través de métodos dendrocronológicos

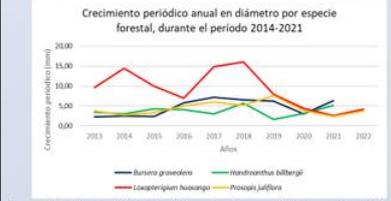


Figura 5. Series individuales del crecimiento periódico anual en diámetro de las cuatro especies forestales, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, durante el periodo 2014-2021.

4. CONCLUSIONES

- > En el periodo de evaluación 2014-2021, el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, tuvo un considerable número de individuos perdidos (22 individuos), siendo *Handroanthus bilbergii*, la especie que mayor mortalidad registró.
- > Durante el periodo 2014 – 2021, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, la especie que mayor crecimiento e incremento periódico anual alcanzó, en las diferentes variables dasométricas evaluadas (DAP, H, G, V) fue *Loxopterigyum huasango*.
- > En el huerto semillero de la estación experimental Zapotepamba, durante el periodo 2014-2021, las especies que registraron menor incremento periódico en área basal fueron *Handroanthus bilbergii* con 0,0009 m²/año y *Bursera graveolens* 0,0013 m²/año; así como también, estas mismas especies alcanzaron los menores valores de crecimiento en volumen, con 0,0048 m³/año y 0,0046 m³/año, respectivamente
- > Las especies *Loxopterigyum huasango* y *Bursera graveolens*, se consideran como las especies forestales, que tienen un alto potencial para estudios, que incluyen la aplicación de métodos dendrocronológicos, gracias a la facilidad de identificación, tanto de patrones, como de anillos de crecimiento.
- > Durante el periodo 2014-2021, la especie *Handroanthus bilbergii*, aplicando los métodos dendrocronológicos alcanzó el menor crecimiento radial, obteniendo así un crecimiento acumulado de 28,205 mm y un crecimiento anual de 3,71 mm.



UNL Universidad Nacional de Loja

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Carrera de Ingeniería Forestal

Laboratorio de Micropropagación Vegetal

Dinámica de crecimiento de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, durante el periodo 2014 – 2021 en un huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador



AUTOR:
Luis Daniel Crespo Cabrera

DIRECTOR:
Ing. For. Victor Hugo Eras Guamán, Mg.
Sc. Loja-Ecuador
2023

1. INTRODUCCIÓN

En Ecuador, los bosques secos se encuentran a lo largo de la costa o litoral en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Santa Elena y Guayas; y, en la costa sur en las estribaciones occidentales de los Andes, en las provincias de El Oro y Loja. Originalmente el 35% de la superficie ecuatoriana se encontraba cubierta por este ecosistema; sin embargo, los mismos asentamientos humanos serían los responsables de la desaparición de la mitad de su cobertura.

En este contexto, la presente investigación, tiene como finalidad aportar, con información científica valiosa relacionada con la dinámica de crecimiento de cuatro especies forestales de bosque seco: (*Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch, *Loxopterigyum huasango* Spruce ex Engl, *Prosopis juliflora* L., *Handroanthus bilbergii* (Bureau & K. Schum.) S.O. Grose).

OBJETIVO GENERAL:

Contribuir a la generación de información científica sobre la dinámica de crecimiento y la evaluación dendrocronológica de cuatro especies forestales nativas del bosque seco durante sus primeros seis años de establecimiento (2 014 – 2 021), en un huerto semillero en la Estación Experimental Zapotepamba, de la provincia de Loja.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Evaluar el crecimiento de cuatro especies forestales dentro de un huerto semillero, a través de variables dasométricas, durante sus primeros seis años de establecimiento (2014 – 2021).
- Evaluar la dinámica del crecimiento de cuatro especies dentro de un huerto semillero, con métodos dendrocronológicos, durante sus primeros seis años de establecimiento (2014 – 2021).
- Difundir los resultados de la investigación a los actores sociales interesados, para su conocimiento y aplicación.

2. METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del sitio de estudio

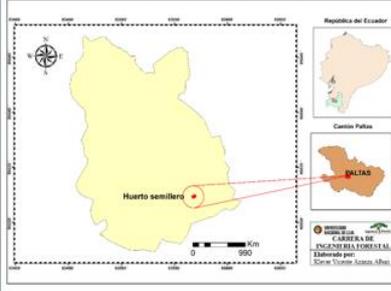


Figura 1. Mapa de ubicación del huerto semillero, en la Estación Experimental Zapotepamba, de la Universidad Nacional de Loja.

2.2. Metodología para evaluar el crecimiento de cuatro especies forestales, en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, a través de variables dasométricas.

Se usó el modelo de distribución de las especies, establecido en el huerto semillero, en el año 2014, donde constan 27 individuos para cada una de las cuatro especies forestales nativas de bosque seco: Palo santo (*Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch, Guayacán *Handroanthus bilbergii* (Bureau & K. Schum.) S.O. Grose, Algarrobo (*Prosopis juliflora* L.) y Hualtaco (*Loxopterigyum huasango* Spruce ex Engl), dando un total de 108 plantas

Medición y cálculo de variables dasométricas.

Se realizó la segunda medición del CAP de los árboles, con el uso de la cinta métrica, y la altura total, con el Hipsómetro Haga. Además, se calculó el área basal y el volumen, utilizando un factor de forma de 0,7, en base a las siguientes fórmulas:

$$G = 0,7854 \times DAP^2 \quad V = G \times HT \times f$$

Cálculo del crecimiento periódico e incremento periódico anual de las variables dasométricas evaluadas.

Se calculó el crecimiento periódico y crecimiento periódico anual de las variables dasométricas de las cuatro especies forestales de bosque seco, a través de las siguientes fórmulas (aplica en las todas las variables):

$$Cr. D_{1,30m} = D_{1,30} f - D_{1,30} i \quad IPA = \frac{Cf - Ci}{t}$$

Determinación de las curvas de crecimiento de las variables dasométricas.

Para trazar gráficamente la curva de crecimiento de DAP para cada especie, en el eje de la abscisa (X) se ubicó los años, y en el eje de la ordenada (Y) la variable de DAP, H, G, V en sus respectivas unidades.

2.3. Metodología para evaluar la dinámica del crecimiento de cuatro especies forestales en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, utilizando métodos dendrocronológicos.

Se realizó el análisis dendrocronológico de las cuatro especies forestales, a través de la obtención y preparación de muestras, conteo de anillos de crecimiento y generación de series dendrocronológicas.

3. RESULTADOS

3.1. Crecimiento de cuatro especies forestales en el huerto semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, a través de variables dasométricas, en el periodo 2014-2021.

Crecimiento periódico de las variables dasométricas de las cuatro especies forestales. Los mayores valores promedio del crecimiento se presentaron en la especie *Loxopterigyum huasango*, en donde el DAP alcanzó un valor promedio de 16.902 cm; una altura total de 11,684 m, un área basal de 0,029 m² y un volumen de 0,251 m³; en tanto que, *Handroanthus bilbergii* fue la especie que alcanzó el menor crecimiento en DAP, con 6.41 cm; *Bursera graveolens* alcanzó el menor crecimiento en altura con, 4,13 m y en área basal con 0,008m², mientras que, en crecimiento en volumen, la especie *Handroanthus bilbergii*, registró el menor crecimiento con 0,024m³

Anexo 6. Certificado de traducción.

Loja, 06 de febrero de 2024

Lic. David Andrés Torres Maita

DOCENTE EN FINE-TUNED ENGLISH LANGUAGE INSTITUTE

CERTIFICA:

Que el documento aquí compuesto es fiel traducción del idioma inglés del resumen de la tesis titulada “Dinámica de crecimiento de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, durante el periodo 2014 – 2021, en un huero semillero de la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador.” del Sr. Luis Daniel Crespo Cabrera, egresado de la carrera de Ingeniería Forestal de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifico en honor a la verdad y autorizo al interesado hacer uso del presente en lo que a sus intereses convenga.



David Andrés Torres Maita

Licenciado en Ciencias de la Educación mención Idioma Inglés

Cedula: 1104403298

E-mail: david.andrestorres94@gmail.com