



1859



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATU-
RALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

Evaluación del crecimiento de *Cinchona offi-
cinalis* L., en cuatro relictos boscosos de la
Provincia de Loja, en el periodo: 2015-2018

TESIS DE GRADO PREVIA A
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA FORESTAL

AUTORA:

Johana Alexandra Jumbo Cardenaz

DIRECTOR:

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

LOJA – ECUADOR

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD AGROPECUARIA Y RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL

CERTIFICACIÓN

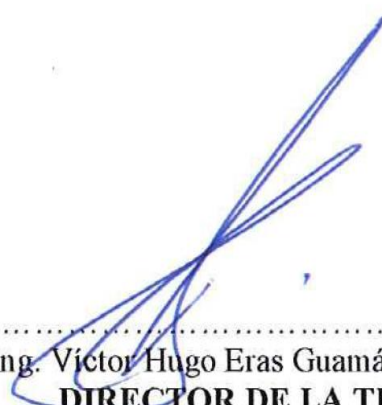
Ing. Víctor Hugo Eras Guamán Mg.Sc.,

DIRECTOR DE TESIS

En calidad de director de la tesis titulada “Evaluación del crecimiento de *Cinchona officinalis* L., en cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja, en el periodo: 2015-2018”, de autoría de la señorita **JOHANA ALEXANDRA JUMBO CARDENAZ** con cédula de identidad N° 1105748683 egresada de la Carrera de Ingeniería Forestal ha sido dirigida, revisada y desarrollada dentro del cronograma aprobado, por tal razón autorizo su presentación y publicación.

Loja, 13 de noviembre del 2019

Atentamente,


.....
Ing. Víctor Hugo Eras Guamán. Mg, Sc
DIRECTOR DE LA TESIS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD AGROPECUARIA Y RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL

Ing. Zhofre Huberto Aguirre Mendoza Ph.D.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL CALIFICADOR DE LA TESIS

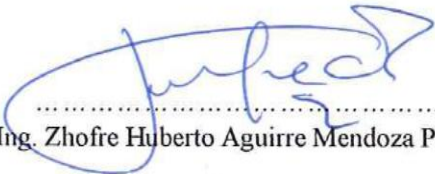
CERTIFICA:

En calidad de Presidenta del Tribunal de Calificación de la Tesis titulada “**Evaluación del crecimiento de *Cinchona officinalis* L., en cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja, en el periodo: 2015-2018**”, de autoría de la señorita egresada de la Carrera de Ingeniería Forestal **Johana Alexandra Jumbo Cardenaz**, con cédula de identidad N° 1105748683, se informa que ha sido revisada e incorporada todas las observaciones realizadas por el Tribunal Calificador, y luego de su revisión se ha procedido a la respectiva calificación.

Por lo tanto autorizo la versión final de la tesis y la entrega oficial para su sustentación pública.

Loja, 13 de noviembre del 2019

Atentamente,


.....
Ing. Zhofre Huberto Aguirre Mendoza Ph.D.,
PRESIDENTE


.....
Ing. Byron Gonzalo Palacios Herrera Mg.Sc.,
VOCAL


.....
Ing. Darío Alfredo Veintimilla Ramos Mg.Sc.,
VOCAL

AUTORÍA

Yo, Johana Alexandra Jumbo Cardenaz declaro ser autora del presente trabajo de tesis y eximo 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 tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Autora: Johana Alexandra Jumbo Cardenaz

Firma: .....

Cédula: 1105748683

Fecha: 13 de noviembre del 2019

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE LA AUTORA PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, Johana Alexandra Jumbo Cardenaz, declaro ser autora, de la tesis titulada “**Evaluación del crecimiento de *Cinchona officinalis* L., en cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja, en el periodo: 2015-2018**”, como requisito para optar al grado de: Ingeniera 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 RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los trece días del mes de noviembre del dos mil diecinueve, firma la autora.

Firma: 

Autora: Johana Alexandra Jumbo Cardenaz

Número de cédula: 1105748683

Dirección: Loja, La Banda

Teléfono: (2)546-660

Correo electrónico: yohanajc94@gmail.com

Celular: 0967232219

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Víctor Hugo Eras Guamán. Mg, Sc.

Tribunal de grado: Ing. Zhofre Huberto Aguirre Mendoza Ph. D.

Ing. Byron Gonzalo Palacios Herrera Mg. Sc.

Ing. Darío Alfredo Veintimilla Ramos Mg. Sc.

Presidente

Vocal

Vocal

AGRADECIMIENTO

Ante la culminación del presente trabajo, quiero expresar mi agradecimiento, primeramente, a Dios por haberme permitido culminar una de mis anheladas metas de mi vida.

A la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, especialmente a la Carrera de Ingeniería Forestal y planta docente, quienes, con sus conocimientos técnicos y experiencias, han contribuido con mi formación, tanto con valores éticos como profesionales.

Al Ing. Víctor Hugo Eras Guamán, por su valioso apoyo y colaboración al dirigir la presente investigación.

Agradezco a los Señores Miembros del Tribunal Calificador, por las sugerencias que me permitieron enriquecer el trabajo.

Finalmente, a mis compañeros, amigos y familiares quienes me apoyaron durante mi vida universitaria, supieron brindarme su apoyo y con quienes he compartido experiencias únicas e enriquecedoras para mi formación profesional.

A todos ustedes, muchas gracias.

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico primeramente a Dios y a la Virgen del Cisne, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta esta etapa de mi vida.

A mis queridos padres Dolores Cardenaz y Juan Jumbo, por su amor, apoyo incondicional y por haberme inculcado valores y principios, que constituyeron una base fundamental para mi desarrollo personal y profesional, siendo mi ejemplo y lucha para alcanzar mis metas.

A mis hermanos: Yandri, Dany, Maricela, Mirian y Liliana, por haberme brindado el cariño, apoyo y la motivación para seguir siempre adelante.

Finalmente a mis compañeros y amigos, con quienes compartí gratos momentos, y siempre me brindaron su apoyo en los momentos difíciles.

Johana Jumbo

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
APROBACIÓN.....	iii
AUTORIA.....	iv
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
RESUMEN.....	xviii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Generalidades del género <i>Cinchona</i>	4
2.1.1. Descripción botánica del género <i>Cinchona</i>	5
2.1.2. Descripción General de la especie (<i>Cinchona officinalis</i> L.).....	6
2.1.2.1. Clasificación taxonómica.....	6
2.1.2.2. Descripción botánica de la especie <i>Cinchona officinalis</i> L.	6
2.1.2.3. Reproducción de la especie <i>Cinchona</i>	7
2.1.2.4. Usos de la especie <i>Cinchona</i>	7
2.1.2.5. Ubicación geográfica y distribución en el Ecuador.....	8
2.1.2.6. Ecología y distribución de <i>Cinchona officinalis</i> en el Ecuador.....	9

2.2.	Variables dasométricas.....	11
2.2.1.	Diámetro a la altura del pecho (DAP).....	11
2.2.2.	Altura (HT).....	11
2.2.3.	Área basal (G).....	12
2.2.4.	Volumen (V).....	12
2.3.	Crecimiento de las variables dasométricas de los Árboles.....	12
2.3.1.	Tipos de crecimiento.....	12
2.3.1.1.	Crecimiento periódico en diámetro.....	12
2.3.1.2.	Crecimiento periódico en altura.....	13
2.3.1.3.	Crecimiento periódico en área basal.....	14
2.3.1.4.	Crecimiento periódico en volumen.....	15
2.3.1.5.	Incremento o crecimiento periódico anual.....	15
3.	METODOLOGÍA	17
3.1.	Área de Estudio.....	17
3.1.1.	Sitio El Naque (Cantón Loja).....	18
3.1.2.	Sitio Zamora Huayco (Cantón Loja).....	18
3.1.3.	Sitio Uritusinga (Cantón Catamayo).....	19
3.1.4.	Sitio Selva Alegre (Cantón Saraguro).....	19
3.2.	Metodología para determinar las variables dasométricas (DAP, HT, G y V) de <i>Pinchona officinalis</i> L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja.....	19
3.2.1.	Medición del DAP y la HT de los árboles en los cuatro relictos boscosos.....	19

3.2.2.	Cálculo del área basal (m ²) y del volumen (m ³).....	21
3.2.3.	Histograma de frecuencias.....	22
3.3.	Metodología para el cálculo de los diferentes tipos de crecimiento en las parcelas de los cuatro relictos boscosos.....	22
3.3.1	Determinación del crecimiento periódico de las variables dasométricas de los árboles de <i>Cinchona officinalis</i> L., de los cuatro relictos boscosos en el período 2015-2018.....	22
3.3.1.1.	Crecimiento periódico en diámetro.....	23
3.3.1.2.	Crecimiento periódico en altura.....	23
3.3.1.3.	Crecimiento periódico en área basal.....	23
3.3.1.4.	Crecimiento periódico en volumen.....	24
3.3.2.	Determinación del crecimiento periódico por hectárea de las variables dasométricas de los árboles de <i>Cinchona officinalis</i> L., de los cuatro relictos boscosos en el período 2015-2018.....	24
3.3.3.	Determinación del incremento periódico anual de las variables dasométricas de los árboles de <i>Cinchona officinalis</i> L., de los cuatro relictos boscosos en el período 2015-2018.....	24
3.3.3.1.	Incremento periódico anual del diámetro	25
3.3.3.2.	Incremento periódico anual de la altura total.....	25
3.3.3.3.	Incremento periódico anual del área basal.....	25
3.3.3.4.	Incremento periódico anual del volumen.....	26
3.4.	Metodología para la difusión de resultados.....	26
4.	RESULTADOS	27
4.1.	Determinación de las variables dasométricas de <i>Cinchona officinalis</i> L., en los cuatro relictos boscosos.....	27

4.1.1.	Diámetro a la altura del pecho de los árboles (DAP)	27
4.1.2.	Altura total de los árboles (HT).....	28
4.1.3.	Área basal de los árboles (G).....	30
4.1.4.	Volumen de los árboles (V)	31
4.2.	Crecimiento de las variables dasométricas de <i>Cinchona officinalis</i> L., en los cuatro relictos boscosos en el periodo 2015-2018.....	32
4.2.1	Crecimiento periódico de las variables dasométricas de los árboles de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	32
4.2.2.	Crecimiento periódico por hectárea de las variables dasométricas de los árboles de <i>Cinchona officinalis</i> L., de los cuatro relictos boscosos en el período 2015-2018.....	34
4.2.2.1.	Crecimiento periódico por hectárea del DAP.....	35
4.2.2.2.	Crecimiento periódico por hectárea del área basal.....	36
4.2.2.3.	Crecimiento periódico por hectárea del volumen.....	37
4.2.3	Incremento periódico anual de las variables dasométricas de los árboles de <i>Cinchona officinalis</i> L., de los cuatro relictos boscosos en el período 2015-2018.....	38
4.2.3.1.	Incremento periódico anual de la altura total.....	39
4.2.3.2.	Incremento periódico anual del DAP.....	39
4.2.3.3.	Incremento periódico anual del área basal.....	40
4.2.3.4.	Incremento periódico anual del volumen.....	41
4.3.	Difusión de Resultados.....	42
5.	DISCUSIÓN	44

5.1.	Crecimiento de las variables dasométricas de <i>Cinchona officilanis</i> L., en los cuatro relictos boscosos durante el 2018.....	44
5.2.	Crecimiento periódico por hectárea de las variables dasométricas de <i>Cinchona officilanis</i> L., en los cuatro relictos boscosos, durante el periodo 2015-2018.....	45
5.3.	Incremento periódico anual (IPA) de las variables dasométricas de <i>Cinchona officilanis</i> L., en los cuatro relictos boscosos durante el periodo 2015-2018.....	46
6.	CONCLUSIONES	48
7.	RECOMENDACIONES	49
8.	BIBLIOGRAFÍA	50
9.	ANEXOS	54

Índice de Tablas

Contenido	Página
Tabla 1. Datos de campo de los árboles de <i>Cinchona Officinalis</i> L. identificados en el campo, en relictos boscosos de la provincia de Loja.....	20
Tabla 2. Hoja de campo para la recolección de datos de los individuos de <i>Cinchona officinalis</i> L. en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja.....	20
Tabla 3. Valores promedios por clase diamétrica del crecimiento o incremento periódico de las variables dasométricas de <i>Cinchona officinalis</i> L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja, en el periodo 2015-2018.....	32
Tabla 4. Valores promedios del crecimiento o incremento periódico por hectárea, por clases diamétricas de las variables dasométricas de <i>Cinchona officinalis</i> L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja, en el periodo 2015-2018.....	34
Tabla 5. Valores promedios del crecimiento o incremento periódico anual, por clases diamétricas de las variables dasométricas de <i>Cinchona officinalis</i> L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja, en el periodo 2015-2018.....	38

Índice de Figuras

Contenido	Página
Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.....	17
Figura 2. Histograma de clases del DAP de los árboles de <i>Cinchona officinalis</i> L., en los cuatros relictos boscosos de la Provincia de Loja, para el año 2018.	28
Figura 3. Histograma de clases de altura total (HT) de los árboles de <i>Cinchona officinalis</i> L., en los cuatros relictos boscosos de la Provincia de Loja, para el año 2018.....	29
Figura 4. Histograma de clases del área basal (G) de los árboles de <i>Cinchona officinalis</i> L., en los cuatros relictos boscosos de la Provincia de Loja, en el año 2018.....	30
Figura 5. Histograma de las clases de volumen (V) de los árboles de <i>Cinchona officinalis</i> L., en los cuatros relictos boscosos de la Provincia e Loja, para el año 2018.....	31
Figura 6. Valores promedios del crecimiento periódico por hectárea del DAP, distribuidos por clase diamétrica de <i>Cinchona officinalis</i> L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja durante el periodo 2015-2018.....	35
Figura 7. Valores promedios del crecimiento periódico por hectárea del área basal, distribuidos por clase diamétrica de <i>Cinchona officinalis</i> L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja durante el periodo 2015-2018.....	36
Figura 8. Valores promedios del crecimiento periódico por hectárea del volumen, distribuidos por clase diamétrica de <i>Cinchona officinalis</i> L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja durante el periodo 2015-2018.....	37
Figura 9. Valores promedios del incremento periódico anual de la altura total, distribuidos por clase diamétrica de <i>Cinchona officinalis</i> L., en los	

	cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja durante el periodo 2015-2018.....	39
Figura 10	Valores promedios del incremento periódico anual del DAP, distribuidos por clase diamétrica de <i>Cinchona officinalis</i> L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja durante el periodo 2015-2018.....	40
Figura 11	Valores promedios del crecimiento o incremento periódico anual del área basal, distribuidos por clase diamétrica de <i>Cinchona officinalis</i> L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja durante el periodo 2015-2018.....	41
Figura 12	Valores promedios del crecimiento o incremento periódico anual del volumen, distribuidos por clase diamétrica de <i>Cinchona officinalis</i> L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja durante el periodo 2015-2018.....	42
Figura 13	Difusión de resultados de tesis al Equipo Técnico del Laboratorio de Micropropagación Vegetal, de la UNL.....	43

Índice de Anexos

Contenido	Página
Anexo 1. Medición del DAP y altura total (HT) de <i>Cinchona officinalis</i> L., en los cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja.....	54
Anexo 2. Datos recolectados en el campo del DAP y altura total (HT), y cálculo del área basal (G) y volumen (V) de <i>Cinchona officinalis</i> L., en los cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja.....	55
Anexo 3. Datos de las variables dasométricas de <i>Cinchona officinalis</i> L., en los cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja, durante el periodo 2015- 2018.....	60
Anexo 4. Presentación del Poster sobre el tema de tesis, en la semana del Estudiante de la Carrera de Ingeniería Forestal, desarrollada del 11 al 15 de enero del 2019, en el Hall de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, de la Universidad Nacional de Loja...	65
Anexo 5. Tríptico de difusión de resultados de la tesis.....	66
Anexo 6 Folleto técnico para la difusión de resultados de la investigación.....	68

Evaluación del crecimiento de *Cinchona officinalis* L., en cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja, en el periodo: 2015-2018.

RESUMEN

La riqueza que posee Ecuador está reflejada en la de diversidad de especies que presenta. Una de ellas la constituye *Cinchona officinalis* L., la cual es una especie nativa de la Región Sur del Ecuador, específicamente de la provincia de Loja, donde durante el siglo XVII y XIX fue explotada para curar la malaria.

Hoy en día la pérdida de su hábitat y la fragmentación de los ecosistemas donde quedan escasas poblaciones remanentes, colocan a la especie en un estado crítico de conservación, calificándola como una especie amenazada. Frente a ello el presente estudio pretende rescatar el uso potencial de la especie por medio de estudios a mediano y largo plazo, particularmente sobre la dinámica de crecimiento.

En este contexto, se realizó la presente investigación utilizando información secundaria de los años 2015 y 2016, del proyecto macro: “Identificación y descripción del estado actual de *Cinchona officinalis* L., en la provincia de Loja y generación de protocolos para la propagación *in vivo* e *in vitro*”, que se viene ejecutando en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Universidad Nacional de Loja; y, con información primaria de campo recopilada en el año 2018, del diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total (HT), con los cuales se calculó el área basal (G) y volumen (V); y, en base a ello se determinó los diferentes tipos de crecimiento de la especie.

La información de campo proviene de cuatro sitios con presencia de poblaciones de *Cinchona officinalis* L., identificados dentro del proyecto, en la provincia de Loja: Selva Alegre, ubicado en el cantón Saraguro; Uritusinga, perteneciente al cantón Catamayo; El Naque y Zamora Huayco, pertenecientes al cantón Loja, en el periodo marzo-agosto del 2018.

Para los datos recolectados en el año 2018, se realizó la distribución de frecuencias por clase diamétrica para cada variable dasométrica, obteniéndose como resultado que Selva Alegre fue el único relicto que presentó individuos en la categoría de fustales en relación a los otros sitios.

Con respecto a los tipos de crecimiento de la especie en los cuatro relictos boscosos durante el periodo 2015-2018, se obtuvo como resultado que el mayor crecimiento periódico por hectárea en regeneración natural, se presentó en la clase 2, en El Naque para el área basal con $0,0044 \text{ m}^2/\text{ha}$, en volumen con $0,279 \text{ m}^3/\text{ha}$, y conjuntamente con Uritusinga en DAP con $4,05 \text{ cm}/\text{ha}$; y en cuanto a fustales el mayor incremento periódico por hectárea se encontró en la clase 3 de Uritusinga, en el DAP con $5,35 \text{ cm}/\text{ha}$, en área basal con $0,0088 \text{ m}^2/\text{ha}$, y en volumen con $0,767 \text{ m}^3/\text{ha}$. El mayor crecimiento o incremento periódico anual para regeneración natural, se presentó en la clase 2 de Uritusinga con un DAP de $1,35 \text{ cm}/\text{ha}/\text{año}$, y en El Naque con un área basal de $0,0015 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{año}$ y un volumen de $0,0093 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$; y, para los fustales el mayor IPA se presentó en la clase 3 de El Naque, con un DAP de $1,25 \text{ cm}/\text{ha}/\text{año}$, área basal de $0,0021 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{año}$ y un volumen de $0,0193 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$.

Palabras claves: *Cinchona officinalis* L., variables dasométricas, crecimiento, relicto boscoso

ABSTRACT

The Ecuador's richness, is reflected in the diversity of species that it presents. One of them is *Cinchona officinalis* L., which is a native species of the Southern Region of Ecuador, specifically in Loja province, where during the seventeenth and nineteenth century was exploited to cure malaria.

Today the loss of habitat and the fragmentation of ecosystems, where there are few remaining populations, place the species in a critical state of conservation, calling it a threatened species. Against this, the present study intends to rescue the potential use of the species through medium and long-term studies, particularly on the growth dynamic.

In this context, this research was carried out using secondary information from 2015 and 2016, of the macro project: "Identification and description of the current status of *Cinchona officinalis* L., in the Loja province and generation of protocols for in vivo propagation and in vitro ", which has been running in the Plant Micropropagation Laboratory of the National University of Loja; and, with primary field information collected in 2018, of the diameter at chest height (DAP) and total height (HT), with which the basal area (G) and volume (V) were calculated; and, based on this, determined the different types of growth of the species.

The field information comes from four sites with presence of populations of *Cinchona officinalis* L., identified within the project, in the Loja province: Selva Alegre, located in Saraguro town; Uritusinga, belonged to Catamayo town; El Naque and Zamora Huayco, in the Loja town, in the period from March to August period in 2018.

For the data collected in 2018, the frequency distribution was carried out using the same number of classes per dasometric variable, from which it was obtained that, Selva Alegre, was the only relic that presented adult individuals of *Cinchona officinalis* L. ,

with greater DAP, total height, basal area and volume, in relation to the other sites, who presented younger individuals.

With respect to the types of growth of the species in the four forested had been done during the period 2015-2018, it was obtained that the highest periodic growth per hectare in natural regeneration was presented in class 2, in El Naque for the area baseline with 0,0044 m²/ha, in volume with 0,279 m³/ha, and jointly with Uritusinga in DAP with 4,05 cm/ha; and in terms of fustales, the greatest periodic increase per hectare was found in Uritusinco class 3, in the DAP with 5,35 cm / ha, in basal area with 0,0088 m²/ha, and in volume with 0,767 m³/ha . The greatest annual growth or annual increase for natural regeneration was presented in Uritusinga class 2 with a DAP of 1,35 cm/ ha/year, and in El Naque with a basal area of 0,0015 m²/ha/year and a volume of 0,0093 m³/ha/year; and, for the fustales, the highest IPA was presented in El Naque class 3, with a DAP of 1,25 cm/ha /year, basal area of 0,0021 m²/ha/year and a volume of 0,0193 m³/ha/year.

Key words: *Cinchona officinalis* L., dasometric variables, growth, wooded relief

1. INTRODUCCIÓN

El Ecuador es considerado como un país megadiverso, debido a su riqueza biológica y ecológica, condiciones únicas y esenciales que sirven para el desarrollo de las diversas especies que posee, pues cuenta con las más variadas formas de vida expresadas en su flora, fauna y microorganismos. Además, su diversidad florística es característica debido a los pisos climáticos existentes por el gradiente altitudinal que presentan las regiones costa, sierra y oriente (Varea et al., 1997).

La Región Sur del Ecuador, específicamente la provincia de Loja, existe gran variedad de especies vegetales, que desde la época colonial se caracterizaron por su uso medicinal. En particular es el caso de *Cinchona officinalis* L., que fue explotada debido a la presencia de alto contenido de alcaloides y compuestos fenólicos encontrados en su corteza, para curar el paludismo o malaria durante los siglos XVII-XIX; hasta que, en 1987, el Científico Manuel Elkin Patarroyo creó la primera vacuna para mitigar los síntomas de la malaria (Cuvi, 2009).

Hoy en día, la pérdida del hábitat y la fragmentación de los ecosistemas, donde quedan escasas poblaciones remanentes colocan a la especie en un estado crítico de conservación. Algunos estudios han mostrado que la capacidad de germinación y regeneración bajo condiciones naturales es reducida o deficiente, encontrándose únicamente en lugares donde existe la asociación o crecimiento con otro tipo de especies, y generalmente, a partir de rebrotes de plantas que están creciendo en sitios inaccesibles y bastante inclinados (Aguirre et al., 2002).

En otro contexto, la dinámica de crecimiento que tienen las especies forestales comprende el proceso intrínseco de renovación y mantenimiento de diversidad de especies en las comunidades de plantas que responden a los cambios del ambiente e incluyen los

procesos de sucesión, retrogresión, composición florística inicial, tolerancia, inhibición y competición (Sarmiento, 2000). Ante ello, la ausencia de estudios sobre los elementos y dinámica de los bosques nativos, su importancia y valor, sus potenciales de aprovechamiento y las consecuencias de su alteración han puesto en riesgo especies de alto valor comercial, sin ser la excepción de *Cinchona officinalis* L., (Aguirre y Delgado, 2005).

Por lo antes expuesto, se considera importante rescatar el uso potencial de esta especie mediante estudios a mediano y largo plazo, específicamente sobre la dinámica de crecimiento, puesto que los estudios existentes son puntuales referente a floración y propagación, más no relacionados con el crecimiento en diámetro y altura. Por ello se pretende que el resultado de la presente investigación contribuya a generar información sobre la dinámica de crecimiento de la especie, que permita el uso sustentable de la misma, y por consiguiente, provoque un interés a nivel local e internacional debido a que se encuentra catalogada como una especie amenazada (Valencia et al., 2000).

Bajo esta perspectiva y con el ánimo de aportar a la conservación y restauración de *Cinchona officinalis* L., se realizó la presente investigación, con el fin de evaluar el crecimiento de la especie en cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja. Para esta investigación se utilizó información secundaria obtenida en los años 2015 y 2016, por el proyecto macro: Identificación y descripción del estado actual de *Cinchona officinalis* L., en la provincia de Loja y generación de protocolos para la propagación *in vivo* e *in vitro*, que se viene ejecutando en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Universidad Nacional de Loja; y, con información primaria de campo recopilada en el año 2018, de las variables dasométricas para determinar los tipos de crecimiento de la especie.

La investigación se realizó en cuatro sitios identificados en la provincia de Loja: Selva Alegre, ubicado en el cantón Saraguro; Uritusinga, en el cantón Catamayo; El Naque y Zamora Huayco, en el cantón Loja, en el periodo marzo-agosto del 2018.

Los objetivos propuestos para la presente investigación fueron:

Objetivo General:

- Contribuir a la generación de información básica sobre la dinámica de crecimiento de *Cinchona officinalis* L., a través de la evaluación del DAP y la altura total, en cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja.

Objetivos Específicos:

- Determinar las variables dasométricas: diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total (HT), área basal (G) y volumen (V), de la especie *Cinchona officinalis* L., en cuatro relictos de la Provincia de Loja.
- Evaluar el crecimiento de *Cinchona officinalis* L., a través de la medición del DAP, HT, G y V, en cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja, en el período 2015-2018.
- Difundir los resultados de la investigación a los actores sociales interesados, para su conocimiento e información.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del género *Cinchona*

El Género *Cinchona* es nativo de los valles andinos de Sudamérica (Buitrón,1999; Garmendia, 2005), descubierto para Ecuador en el siglo XVII (Buitrón, 1999). Se distribuye a lo largo de la zona tropical y ecuatorial de la cordillera de los Andes, desde 12° latitud norte hasta 20° latitud sur, encontrándose en alturas que van desde los 700 metros hasta los 2900 metros sobre el nivel del mar (Garmendia, 2005).

El género *Cinchona* contiene cerca de 40 especies de árboles, entre las que se encuentra *Cinchona officinalis* L. Esta especie es conocida comúnmente como cascarilla o quina, originaria de Ecuador, la cual ha tenido una larga historia en su uso medicinal, no solo en el país sino a nivel mundial (Buitrón, 1999). Según los datos que aporta este autor, Ecuador abastece cerca del 95% de la producción mundial de quina, la misma que desde tiempos remotos fue utilizada para curar el paludismo o malaria, considerándose por ello como la “Salvación de la Humanidad” por ser el remedio contra las fiebres palúdicas. De igual forma que, aproximadamente el 60 % de corteza de *C. officinalis*, al igual que la de *C. pubescens*, se utilizan en la producción de medicamentos. El autor también destaca que, por su alto contenido de quinina, la especie es muy utilizada en la industria de alimentos y bebidas, como por ejemplo, las aguas tónicas de sabor amargo, como la famosa agua “gin tonic” que ha conquistado varios mercados europeos

En relación a los compuestos alcaloides que están presentes en la corteza de los árboles del género *Cinchona*, de acuerdo con la revisión de Buitrón (1999), son cuatro los más conocidos y estudiados: cinchonina, cinchonidina, quinidina y quinina; siendo el último el más importante en la producción de fármacos antimaláricos.

2.1.1. Descripción botánica del género *Cinchona*

De acuerdo con la descripción dada por Mahecha et al. (2004), *Cinchona* es un género de plantas fanerógamas, perteneciente a la Familia Rubiaceae, cuyas características principales son: Árboles, generalmente de tamaño mediano a pequeño que pueden alcanzar hasta los 20 metros o más de altura; también pueden ser arbustos con corteza amarga. Hojas perennes, de 1-4 dm de longitud; de color verde con pequeñas flores, productoras de semillas; de forma opuestas, lanceoladas a redondeadas. Flores de color blanco, rosa o rojo; se producen en panículas terminales. Fruto una cápsula con numerosas semillas.

Se conocen 24 especies, de las cuales más de la mitad se encuentran en Ecuador, principalmente en provincias como Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay, Morona, Zamora y Loja (Tapia, 2013; Garmendia, 2005). Dos de las especies más conocidas son *C. officinalis* y *C. pubescens*.

El género *Cinchona* ha sido objeto de una explotación sin previsiones para el futuro a tal punto, que ahora no es fácil dar con porciones apreciables de ellas si es que no se penetra en lugares casi inaccesibles, y aún en éstos, la explotación ha llegado venciendo todo tipo de dificultades. En los últimos años las actividades como la tala de bosques, la agricultura y la ganadería han tenido un impacto muy significativo en la destrucción de su hábitat (Madsen, 2002). Loja, conocida como la patria de las cascari-llas antiguamente, ya no posee cantidades explotables de este árbol, solo quedan pequeñas poblaciones en unos pocos bosques del sur de la misma provincia (Cuvi, 2009).

2.1.2. Descripción General de *Cinchona officinalis* L.

2.1.2.1. Clasificación taxonómica

ORDEN: GENTIANALES

FAMILIA: RUBIACEAE

GÉNERO: *Cinchona*

ESPECIE: *officinalis*

NOMBRE COMÚN: Cascarilla, quina o quinina

Fuente: APG4



2.1.2.2. Descripción botánica de la especie *Cinchona officinalis* L.

Las cinchonas son de origen sudamericano, su hábitat son los bosques andinos del Ecuador, Perú, Venezuela, Colombia y Bolivia, esta especie se encuentra en el sur del Ecuador en los sectores de Cajanuma (Loján, 1997).

En el Ecuador prosperan silvestremente y exclusivamente en los bosques densos exteriores de ambas cordilleras: occidental y oriental formando una faja altitudinal desde 640 hasta 3200 m.s.n.m y entre 10°C y 23°C, en un ambiente generalmente húmedo y lluvioso durante todo el año (Loján, 1997).

Cinchona officinalis L. es un árbol de 11 a 15 m de alto, de 30 a 40 centímetros de diámetro de tallo; ramificación simpodial; con copa globosa irregular, bastante densa. La corteza externa es de color marrón oscuro, ligeramente fisurada y desprende pequeñas placas en forma irregular. La forma de la hoja varía de casi orbicular o lanceolada de 8 a 27 cm de largo y 7 a 18 cm de ancho (Andersson, 1998).

Las flores se encuentran en panículas terminales de 20 a 25 cm de longitud, son hermafroditas, actinomorfas; la corola es blanca-roja. Los frutos son cápsulas de color marrón oscuro, de forma elipsoide (Garmendia, 2005).

El desarrollo particularmente en los primeros años es rápido, los árboles de 6 a 8 años de edad pueden alcanzar 12 m de altura. Las ramas principales parten del tronco a una altura de más o menos 6 m, puesto que las ramas bajas son desechadas continuamente.

2.1.2.3. Reproducción de *Cinchona officinalis* L.

De acuerdo con Loján (1997), esta especie se propaga por semillas, y las plantas que se obtienen por semilla tienen un desarrollo muy lento. El tipo de germinación para esta especie es epigea, el principal agente dispersante es el viento y el agente polinizador son las aves. Actualmente, las poblaciones de *Cinchona* son pequeñas, encontrándose solo en lugares donde se dan condiciones específicas para la germinación y el desarrollo de las plántulas.

2.1.2.4. Usos de *Cinchona officinalis* L.

La madera de esta especie se utiliza para postes, puntales, vigas, leña y carbón. La corteza tiene aplicaciones medicinales por los compuestos metabólicos; la misma se explotó en varios países, principalmente en Ecuador, entre los siglos XVII-XX, consti-

tuyéndose en el primer fármaco-terapéutico que aportó Farmacopea Universal al continente americano (Ulloa & Jorgensen, 2000).

Según Acosta-Solís (1947), la cascarilla contribuyó medicinalmente durante más de dos siglos a las industrias farmacéuticas de varios países, principalmente de Europa y América. Debido a esto, la cascarilla fue considerada como una de las plantas que transformó la historia de la humanidad por su éxito en la lucha contra la malaria (Hobhouse, 1987).

En la década de los noventa, la síntesis química de la quinina provocó que la cascarilla quedara farmacéuticamente en el olvido, además de que fue remplazada por otros medicamentos más eficientes, como la “artemisia”, para la cura contra el paludismo (Ferreira, 2004). Pese a esto, la especie tiene actualmente un nuevo uso en el mercado, como el caso del “gin tónico”; cuyo sabor amargo lo proporciona la quinina. Este tónico que ha conquistado el mercado de bebidas gaseosas, especialmente en Europa y Estados Unidos (Leffingwell, 2003; Ulloa, 2006)

2.1.2.5. Ubicación geográfica y distribución de *Cinchona officinalis* L., en el Ecuador

Cinchona officinalis L., es un árbol nativo de los Andes, encontrándose entre los 1 000 a 3 500 msnm; es nativo de la región Sur del Ecuador, específicamente del valle de Loja; y está ampliamente distribuido en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay, Morona, Zamora y Loja (Garmendia, 2005). La especie ocurre principalmente en la zona sur del Ecuador, al este y occidente de la cordillera de los Andes, en elevaciones entre 1 219 y 2 743 msnm (Martin y Gándara, 1945). Según Este autor se han encontrado dos variantes geográficas de esta especie, tales como:

El tipo de Uritusinga: presente en Loja en los bosques selváticos, en elevaciones entre 2.134 y 2.743 msnm. donde se explotó con fines medicinales desde 1640. Esta variante se caracteriza por poseer un bajo contenido de alcaloides, entre los que destaca el alcaloide quinina, que es el más abundante.

El tipo de los bosques selváticos amazónicos: conocido comúnmente como “costrona fina”; físicamente es diferente al tipo de Uritusinga, aunque la composición de su corteza es similar. Se desarrolla en elevaciones entre 2 134 y 2 591msnm.

2.1.2.6. Ecología y distribución de *Cinchona officinalis* L. en Ecuador

Para Ecuador, hasta el momento solo se tiene referencia de dos estudios en los que se abordó de manera exclusiva la ecología y distribución de la especie de *Cinchona officinalis*; estos son el estudio de Garmendia (2005) y el de Rodríguez (2013), ambos realizados en la provincia de Loja. A continuación, se describe los principales aspectos considerados en dichas investigaciones:

Garmendia (2005), registró la presencia de *Cinchona officinalis* en tres zonas: la primera abarcó los alrededores de la ciudad de Loja (Zamora Huayco y la Argelia); la segunda, la Toma por la carretera vieja; y la tercera, en Vilcabamba, en las Palmas. En esta última, la especie se registró en zonas bastante degradadas donde ya no queda bosque primario, sino manchas de bosque secundario muy alterado, en el que se puede encontrar esta especie rebrotando de forma natural. Los principales resultados encontrados por el autor, así como los aspectos ecológicos descritos en este estudio, fueron los siguientes: La especie es endémica del valle de Loja, donde ya no queda bosque primario; y debido a la explotación a la que ha estado sometida, ya no se encuentran árboles grandes que fueron comunes en el pasado, sino solo formas arbustivas o arbolitos. La especie suele aparecer en potreros, sobre los 2 300 msnm, en zonas de bosque montano bajo, formando grupos muy numerosos. Es la única especie que se encuentra en suelos pedre-

gosos, en la zona baja de las laderas en orientación sudoeste y en lugares con pendiente fuerte, que son los únicos en los que se ha conservado algo de vegetación natural; esta zona se caracteriza por una temperatura de 14,2°C, con un pH entre 5 y 6, y con muy poco contenido de humus. Es la especie que vive en condiciones bastantes secas en comparación al resto del género *Cinchona*.

Rodríguez (2013) por su parte, abordó la repoblación de esta especie en la provincia de Loja, en donde encontró que existen escasas poblaciones en varios sectores del cantón Loja (Zamora Huayco, el Villonaco, Malacatos) y del cantón Espíndola, donde la especie se encuentra en mejores condiciones por su ubicación geográfica alejada de la población humana.

En relación a los estudios de esta especie realizados en Ecuador, es importante destacar también la investigación de Cuvi (2009) de su tesis doctoral, en la cual el autor evaluó la misión de todo el género *Cinchona* en relación al desarrollo de estaciones agrícolas en países de América Latina (incluido Ecuador). Para *Cinchona officinalis* particularmente encontró, que la especie está asociada con especies de otros géneros característicos de la región, que son usados para detectar su presencia como: *Chusquea*, *Cyathea*, *Clusia*, *Schefflera*, *Hedyosmum*, *Palicourea*, *Miconia*, *Oreopanax*, *Myrsine*, *Piper*, *Gynoxys* y *Clethra*. Además, en esta investigación se reporta que el mayor endemismo del género *Cinchona* está al sur del Ecuador, proponiendo que los Andes centrales son el centro de especiación de este taxón. Asimismo, señala que dentro los ecosistemas montañosos donde habita el género, éste se distribuye preferentemente en suelos de origen volcánico, permeables y ricos en materia orgánica; y que, en dichos suelos el mismo aparece en “manchas” a diferentes altitudes, donde los árboles pueden superar los 9 m de altura. Como dato interesante, el autor destaca que cuando los árboles son cortados

para obtener la corteza, ésta puede rebrotar, y cuando son solamente descortezadas, el árbol muere desde la raíz.

2.2. Variables dasométricas

2.2.1. Diámetro a la altura del pecho (DAP)

Es el diámetro del árbol medido a una altura de 1,30 m. del suelo; también se denomina diámetro normal. Esta variable tiene alta correlación con la altura y el volumen del árbol, por lo que es usada como variable predictora de los mismos. Este diámetro se puede determinar directamente a través del uso del instrumento de medición de la cinta diamétrica y la forcípula; o indirectamente mediante el uso de una cinta métrica, la cual permite la obtención de la circunferencia a la altura del pecho (CAP) (Cancino, 2012).

2.2.2. Altura

La altura se ha definido en dos categorías, la altura total (HT) y la altura comercial (HC) (Cancino, 2012).

La altura total es la distancia vertical entre el nivel del suelo y la yema terminal más alta del árbol. Está determinada a partir del uso de instrumentos como el hipsómetro HAGA e hipsómetro SUUNTO. El primero tiene 3 escalas para altura a distancias de 15, 20 y 30 m., con rango de medición de alturas de -20 +60 m; el segundo permite medir alturas, especialmente de árboles, con una gran exactitud y agilidad a partir de la determinación de ángulos.

La altura comercial es la distancia vertical entre el nivel del tocón y la posición terminal de la última porción comercialmente aprovechable del árbol. Se determina con el uso del hipsómetro HAGA e hipsómetro SUUNTO.

2.2.3. Área basal (G)

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) (Cancino, 2012).

2.2.4. Volumen (V)

Es el rendimiento de madera de un árbol o masa boscosa, 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).

2.3. Crecimiento de las variables dasométricas de los árboles

Según Cocios (1966), el crecimiento de las plantas está regulado por una serie de factores: genéticos, topográficos y climáticos. En consecuencia, el crecimiento de los árboles tanto en diámetro como en altura está relacionado con estos factores. Siguiendo al mismo autor el crecimiento es un proceso cuantitativo, relacionado con el aumento en masa del organismo, en tanto que el desarrollo cualitativo corresponde con los cambios experimentados por la planta durante la fase de crecimiento.

2.3.1. Tipos de crecimiento

2.3.1.1. Crecimiento periódico en diámetro

El diámetro es una de las variables más usadas para conocer la estructura y crecimiento de un bosque, en base a la cual se puede determinar el área basal, volumen, crecimiento, clasificación de sectores (Loján, 1997).

El crecimiento del DAP, se refiere al aumento de diámetro del árbol en un periodo determinado. Este crecimiento se da por la actividad que realiza el cambium por medio

de los factores internos y externos; no es igual a lo largo del tronco, para evaluarlo se mide el DAP al inicio y al final del periodo (Loján, 1997). El crecimiento diamétrico también se define como el aumento en grosor del tronco de cada árbol, debido a la actividad del cambium, generadora de líber, hacia fuera, y del leño (madera), hacia adentro. El crecimiento diametral del árbol individual es afectado por la espesura del bosque, siendo muy sensible a cambios en ésta, como los causados por el aclareo. El crecimiento diametral es una variable muy importante para determinar el grado de aprovechamiento de la madera (Aldana, 2010).

Para el cálculo de este parámetro se utiliza la fórmula planteada por Quezada *et al.*, (2012).

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

Dónde:

Cr.P. DAP = Crecimiento periódico en diámetro

DAPf = Diámetro al final del periodo

DAPi = Diámetro al inicio del periodo

2.3.1.2 Crecimiento periódico en altura

El crecimiento en altura de un vegetal es el desarrollo alcanzado a una edad determinada, expresada en metros, y que está dada por la actividad que realiza la yema terminal. Es quizás el cambio más notorio, especialmente en la edad juvenil en que es fácil observar la rapidez con que cambia la altura en un periodo corto de tiempo. Es otra de las variables necesarias para calcular el volumen, crecimiento y clasificación de los sectores (Spurr, 1952).

Para el cálculo de este parámetro se utiliza la siguiente fórmula planteada por Quezada *et al.*, (2012).

$$Cr.P.H = Hf - Hi$$

Dónde:

Cr.P. H = Crecimiento periódico en altura

Hf = Altura al final del periodo

Hi = Altura al inicio del periodo

2.3.1.3. Crecimiento periódico en área basal

El área basal se define como el crecimiento diamétrico (grosor del fuste a 1,30 m) de cada individuo en un periodo determinado; este incremento se evalúa con base en la medición del diámetro; un crecimiento de área basal constante por año significa que el crecimiento diamétrico va en disminución (Loján, 1977).

Para el cálculo de este parámetro se utiliza la siguiente fórmula planteada por Quezada *et al.*, (2012).

$$Cr.P.G = Gf - Gi$$

Dónde:

Cr.P. G = Crecimiento periódico en área basal

Gf = área basal final

Gi = área basal inicial

2.3.1.4. Crecimiento periódico en volumen

Loján (1977) define al crecimiento volumétrico como el cambio de volumen en un periodo determinado, se evalúa calculando la diferencia de los volúmenes que el árbol tenía al principio y al final del periodo. Aldana (2010) menciona que es el resultado de la combinación del crecimiento longitudinal y diametral, siendo el crecimiento longitudinal es más importante durante la juventud, en tanto que el crecimiento diametral es más importante hacia la madurez.

El crecimiento volumétrico (por árbol individual) está sujeto al control silvicultural, ya que depende principalmente del crecimiento diametral, que a la vez es muy sensible a la espesura del dosel. Como consecuencia, el crecimiento volumétrico puede ser controlado en gran parte mediante el manipuleo del espaciamiento; es decir, con el aclareo. Este tipo de crecimiento depende también de la forma del árbol, la cual es afectada por la espesura (Aldana, 2010).

$$Cr.P.V = Vf - Vi$$

Dónde:

Cr.P. V = Crecimiento periódico en volumen

Hf = Volumen al final del periodo

Hi = Volumen al inicio del periodo

2.3.1.5. Incremento periódico anual (IPA)

El incremento o crecimiento periódico anual, es el crecimiento durante un periodo de varios años. Por ejemplo, el crecimiento promedio del volumen en un periodo de 10 y 15 años se calcula como la diferencia entre valores al principio y final del periodo, dividida al número de años que abarca ese periodo (Loján, 1997).

Dicho incremento periódico anual se puede calcular para todas las variables dasométricas (DAP, H, G y V).

$$Cr.p.a = \frac{Cf - Ci}{t}$$

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

3. METODOLOGÍA

3.1. Área de Estudio

La investigación se realizó en cuatro relictos boscosos donde existe *Cinchona officinalis* L., en la provincia de Loja: El Naque y Zamora Huayco en el cantón Loja; Uritusinga en el cantón Catamayo; y, Selva Alegre en el cantón Saraguro (Figura 1), los mismos que fueron identificados con anterioridad dentro del proyecto macro: Identificación y descripción del estado actual de *Cinchona officinalis* L., en la provincia de Loja y generación de protocolos para la propagación *in vivo* e *in vitro*, que se ejecuta en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Universidad Nacional de Loja.

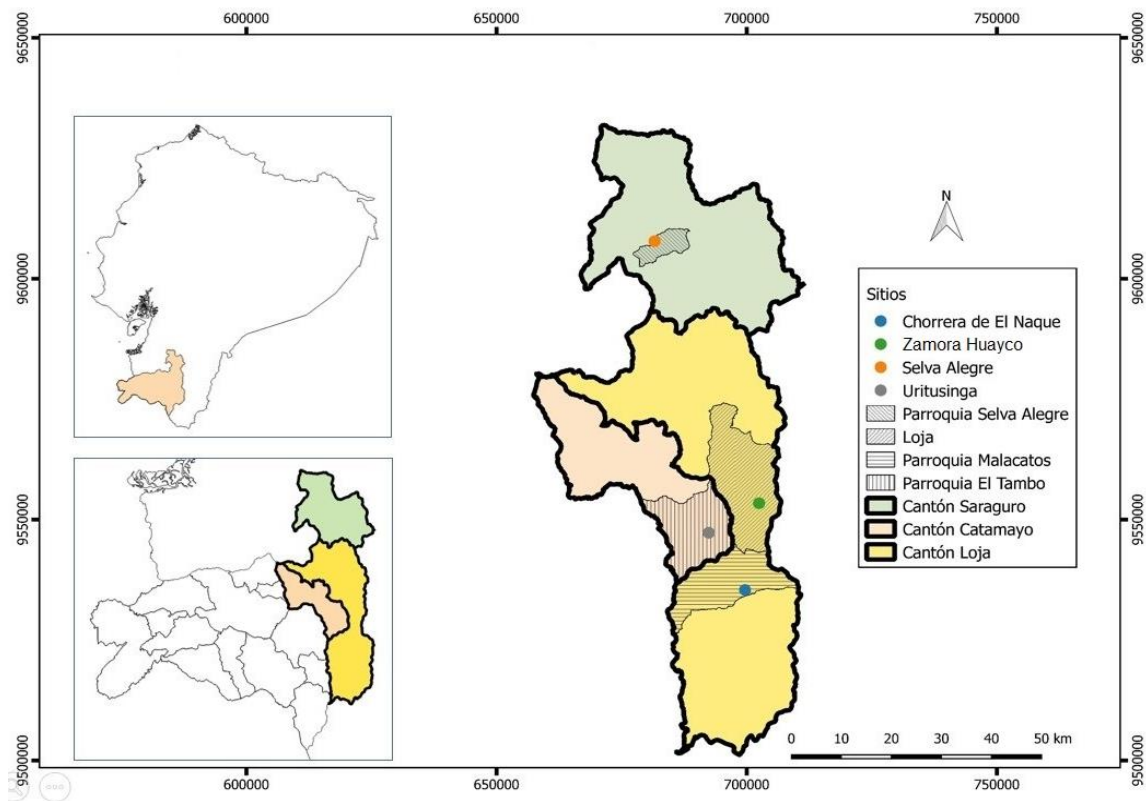


Figura 1. Mapa georreferenciado de la ubicación de los cuatro sitios de estudio de *Cinchona officinalis* L., en la provincia de Loja.

Fuente: Archivo del proyecto *Cinchona*-UNL-2015-2018

3.1.1. Sitio El Naque (Cantón Loja)

En el cantón Loja, en la parroquia Malacatos se identificó la especie en la quebrada El Naque, en un área de 2 569,05 m², misma que se encuentra en parte del bosque secundario entre vegetación arbustiva y herbácea, esta área se encuentra degradada ya que ha sido utilizada con fines agropecuarios (Lima, 2016). Se ubica en las siguientes condiciones geográficas:

- Latitud: 53°53'82" S
- Longitud: 72°00'26" O
- Altitud: 1 816 m.s.n.m.
- Precipitación promedio: 1 000 mm
- Temperatura promedio: 15,5 °C
- Pendiente: 65°

En base al piso bioclimático en el que se encuentra este relicto boscoso, según la clasificación de ecosistemas del Ecuador, esta considerado dentro del bosque deciduo montano bajo del Catamayo-Alamor (MAE, 2013).

3.1.2. Sitio Zamora Huayco (Cantón Loja)

En el cantón Loja, en la microcuenca Zamora Huayco se identificó la especie en la Quebrada San Simón, en un área de 6 868,31 m², misma que se encuentra en tierras agropecuarias en parte de vegetación arbustiva y herbácea, esta área se encuentra degradada (Lima, 2016). Sus coordenadas geográficas son las siguientes:

- Latitud: 60°77'58" S
- Longitud: 68°15'38" O
- Altitud: 2 217 m.s.n.m.
- Precipitación promedio: 1 200 mm
- Temperatura promedio: 14 °C
- Pendiente: 35°

En base a la clasificación de ecosistemas del Ecuador, los relictos boscosos de Zamora Huayco, Uritusinga y Selva Alegre, pertenecen al bosque siempreverde montano del Catamayo-Alamor (MAE, 2013).

3.1.3. Sitio Uritusinga (Cantón Catamayo)

En el cantón Catamayo, en la parroquia El Tambo se identificó la especie en el sitio Uritusinga, en un área de 16 590,78 m², misma que se encuentra en plantaciones abandonadas de pino entre vegetación arbustiva y herbácea, zona que se encuentra utilizada para el pastoreo (Lima, 2016). Se ubica en las siguientes condiciones geográficas:

- Latitud: 55°33'79" S
- Longitud: 70°24'92" O
- Altitud: 2 438 m.s.n.m.
- Precipitación promedio: 650 mm
- Temperatura promedio: 17,5 °C
- Pendiente: 10°

3.1.4. Sitio Selva Alegre (Cantón Saraguro)

En el cantón Saraguro, en la parroquia Selva Alegre se identificó la especie en el sitio Santa Lucía, en un área de 2 294,69 m², misma que se encuentra en tierras agropecuarias en parte de vegetación arbustiva y herbácea, esta área se encuentra degradada (Lima, 2016). Sus coordenadas geográficas son las siguientes:

- Latitud: 54°73'10" S
- Longitud: 69°24'35" O
- Altitud: 2744 m.s.n.m.
- Precipitación promedio: 1500 mm
- Temperatura promedio: 12,5 °C
- Pendiente: 70°

3.2. Metodología para determinar las variables dasométricas (DAP, HT, G Y V) de

***Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja.**

3.2.1. Medición del DAP y la HT de los árboles en los cuatro relictos boscosos.

Para medir el DAP de los árboles de *Cinchona officinalis* L. en las parcelas de los cuatro relictos boscosos que previamente fueron identificadas dentro del marco del proyecto en el cual se desarrolló esta investigación, considerando la información obtenida por Yucta (2016) y Padilla (2017) (Tabla 1), se procedió a medir con una cinta métrica cada uno de los árboles, de tal manera que se pudo obtener los valores del CAP, para su pos-

terior conversión a DAP dividiéndolo para el valor de π (3,1416). Para el caso de la medición de la altura total, se utilizó el hipsómetro de haga, cuyos datos fueron recopilados en la hoja de campo que se indica en la Tabla 2 (Cancino, 2012).

Tabla 1. Datos de campo de los árboles de *Cinchona officinalis* L. identificados en el campo, en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja.

Sitio	Número de parcela	Número total de árboles por parcela			Número total de árboles por sitio	Área de las parcelas por sitio (m ²)			Área total muestreada (m ²)
		P1	P2	P3		P1	P2	P3	
1. El Naque	1	24	---	---	24	1 900	---	---	1 900
2. Uritusinga	3	6	8	8	22	400	900	400	1 700
3. Zamora Huayco.	2	12	13	---	25	400	10 000	---	10 400
4. Selva Alegre.	2	18	8	---	26	6 400	400	---	6 800
TOTAL	8				97				

Tabla 2. Hoja de campo para la recolección de datos de los individuos de *Cinchona officinalis* L. en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja

FECHA:			Instrumentos de medida: Hipsómetro Haga / cinta métrica										
			HT: Hipsómetro de haga (m)// CAP: cinta métrica (cm)										
			Medidas tomadas por:										
Sitio	Parcela	N° Árbol	Coordenadas			HT	CAP* (cm)	DAP cm	Estado Sanitario	Forma del Fuste (Torcido)	Diámetro de la copa		
			Latitud	Longitud	Altitud						1	2	Total

Estado Sanitario: 1. Excelente; 2. Muy Bueno; 3. Regular; 4. Malo

Forma del fuste: 1. Normal; 2. Muy Torcido 3. Torcido; 4. Poco Torcido

3.2.2. Cálculo del área basal (m²) y del volumen (m³)

Con los datos obtenidos a partir de la medición de campo, se procedió a calcular el área basal en m² y el volumen en m³.

Para el cálculo de área basal promedio, se procedió a elevar al cuadrado los diámetros de cada individuo y a este multiplicarlo por la constante de $\pi/4$ (Cancino, 2012).

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

Donde:

G= Área basal

DAP= diámetro a la altura del pecho

0,7854= Constante de $\pi/4$

Para el cálculo del volumen se utilizó la formula planteada por Cancino, (2012):

$$V = G \text{ (m}^2\text{)} \times HT \text{ (m)} \times FF$$

Donde:

V = Volumen

G = área basal

HT = altura total

FF = factor de forma

Para realizar el cálculo del volumen se utilizó un factor de forma (f) de 0,70 correspondiente a la especie *Cinchona officinalis* L. (MAE, 2015).

3.2.3. Histograma de frecuencias

Para realizar los histogramas de frecuencia para cada variable, se determinaron los valores mínimos y máximos, los mismos que ayudaron a definir el rango por cada clase

en cada uno de los sitios. En base a la definición de este rango se determinó el número de clases a trabajar para cada variable (DAP, HT, G, V), y posteriormente en intervalo de cada una de ellas. Se establecieron cinco clases para cada una de las variables dasométricas, considerando que las dos primeras clases pertenecen a regeneración natural de la especie y las clases 3, 4 y 5 a fustales.

3.3. Metodología para el cálculo de los tipos de crecimiento en las parcelas de los cuatro relictos boscosos.

Los tipos de crecimiento que se calculó para la especie se realizó en función de: DAP, altura total, área basal y volumen. El cálculo de cada tipo de crecimiento, se lo realizó mediante el uso del software InfoStat, para lo cual se utilizó la base de datos de las evaluaciones realizadas en los años 2015, 2016, y 2018; además, se utilizaron las fórmulas planteadas por Quezada *et al.*, (2012).

Los valores de cada tipo de crecimiento fueron categorizados en 5 clases diamétricas, siendo la clase uno y dos consideradas como regeneración natural de la especie, y las clases tres, cuatro y cinco como fustales.

3.3.1. Determinación del crecimiento o incremento periódico de las variables dasométricas de los árboles de *Cinchona officinalis* L., de los cuatro relictos boscosos en el período 2015-2018

Para determinar el crecimiento o incremento periódico, se utilizó las evaluaciones realizadas en el periodo 2015 al 2018, las cuales fueron categorizadas por clases diamétricas; además, se utilizó las fórmulas planteadas por Quezada *et al.*, (2012).

3.3.1.1. Crecimiento periódico en diámetro

Para calcular este parámetro, se utilizó la fórmula:

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

Dónde:

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

$D_{1,30 f}$ = Diámetro a la altura del pecho al final del periodo

$D_{1,30 i}$ = Diámetro a la altura del pecho al inicio del periodo

3.3.1.2. Crecimiento periódico en altura

Para calcular este parámetro, se empleó la fórmula:

$$Cr.P. H = H_f - H_i$$

Dónde:

Cr.P. H = Crecimiento periódico en altura

H_f = Altura total al final del periodo

H_i = Altura total al inicio del periodo

3.3.1.3. Crecimiento periódico en área basal

Para calcular este parámetro, se utilizó la fórmula:

$$Cr.P. G = G_f - G_i$$

Dónde:

Cr.P. G = Crecimiento periódico en área basal

G_f = área basal final

G_i = área basal inicial

3.3.1.4. Crecimiento periódico en volumen

Para calcular este parámetro, se aplicó la siguiente fórmula:

$$Cr.P.V = Vf - Vi$$

Dónde:

Cr.P. V = Crecimiento periódico en volumen

Hf = Volumen al final del periodo

Hi = Volumen al inicio del periodo

3.3.2. Determinación de crecimiento periódico por hectárea de las variables dasométricas de *Cinchona officinalis* L., de los cuatro relictos boscosos en el período 2015-2018

Para calcular este crecimiento se consideraron los valores obtenidos a partir del crecimiento o incremento periódico por clase diamétrica de los cuatro sitios de estudio, los cuales fueron proyectados a una hectárea. Se procedió a relacionar el crecimiento periódico de cada variable (DAP, G y V) por clase diamétrica con el área muestreada de cada sitio expresada en m², y luego con una regla de tres simple, se relacionó a una hectárea.

3.3.3. Determinación del incremento periódico anual de las variables dasométricas de los árboles de *Cinchona officinalis* L., de los cuatro relictos boscosos en el período 2015-2018

El incremento periódico anual (IPAo IPa) corresponde a lo que el árbol creció en promedio en un determinado periodo de años.

Este crecimiento fue calculado en base a los valores del crecimiento periódico por hectárea de cada sitio categorizados en clases diamétricas, y en el caso de la altura total

se consideró los valores del crecimiento periódico determinados por el área muestreada. Estos valores fueron divididos para el periodo de años (tres años) además, se utilizaron las fórmulas planteadas por Quezada *et al.*, (2012).

3.3.3.1. Incremento periódico anual del diámetro (DAP)

Para este parámetro se aplicó la fórmula:

$$IPa (D) = \frac{Df - Di}{t}$$

Dónde:

IPa (D) = Incremento periódico anual del diámetro

Df = Diámetro al final del periodo

Di = Diámetro al inicio del periodo

t = Tiempo (periodo tres años)

3.3.3.2. Incremento periódico anual de la altura total

Para calcular este parámetro se utilizó la fórmula:

$$IPa (h) = \frac{Hf - Hi}{t}$$

Dónde:

IPa (h) = Incremento periódico anual de la altura

Hf = Altura al final del periodo

Hi = Altura al inicio del periodo

t = Tiempo (periodo tres años)

3.3.3.3. Incremento periódico anual del área basal (m²/año)

Para calcular este parámetro se empleó la fórmula:

$$IPa (G) = \frac{Gf - Gi}{t}$$

Dónde:

IPa (G) = Incremento periódico anual del área basal

Gf = Área basal al final del periodo
Gi = Área basal al inicio del periodo
t = Tiempo (periodo tres años)

3.3.3.4. Incremento periódico anual del volumen

Para calcular este parámetro se aplicó la fórmula:

$$IPa(V) = \frac{Vf - Vi}{t}$$

Dónde:

IPa (V) = Incremento periódico anual del volumen

Vf = Volumen al final del periodo

t = Tiempo (período tres años)

3.4. Metodología para la difusión de Resultados

Se realizó la difusión de los resultados de la investigación a los interesados sociales en la temática y al equipo técnico del proyecto, para lo cual se elaboró un poster. Además, se elaboró un tríptico, posteriormente un artículo científico, un folleto técnico y el documento final de la tesis para su revisión y difusión.

4. RESULTADOS

4.1. Determinación de las variables dasométricas de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos durante el año 2018.

Las clases encontradas en los relictos boscosos hacen referencia a la regeneración natural, la clase 1 y 2, y a fustales las clases 3, 4 y 5.

4.1.1. Diámetro a la altura del pecho de los árboles (DAP)

En la Figura 2, se muestran las clases diamétricas encontradas en los cuatro sitios de estudio en el año 2018. En el Naque (Figura 2A), la especie tiene individuos en tres clases diamétricas, con la clase 2 (5,01-10 cm) como la más abundante (60,87 %), y la menos abundante, la clase 1 (<5 cm) con 17,39 %.

En Uritusinga (Figura 2B) también se encontró solo las tres primeras clases diamétricas, siendo las dos primeras las más numerosas: la clase 2 (5,01-10 cm) con 50 % y la clase 1 (<5 cm) con 45,45 %; mientras que, la clase 3 (10,01-15 cm) solo apareció con un 4,55 %.

En Zamora Huayco (Figura 2C), la distribución diamétrica fue similar a la encontrada en Uritusinga. La clase 2 (5,01-10 cm) con 56 %, y la clase 3 (10,01-15 cm) con 12%.

Para Selva Alegre (Figura 2D), hubo una mayor representación de clases diamétricas, encontrándose cuatro clases, entre las cuales se destacan, la clase 3 (10,01-15 cm) con 38,46 %, y la clases diamétricas 4 (15,01-20 cm) y 5 (20,01-25 cm) con 26,92 % y 11,54% respectivamente, siendo estas exclusivas de esta población.

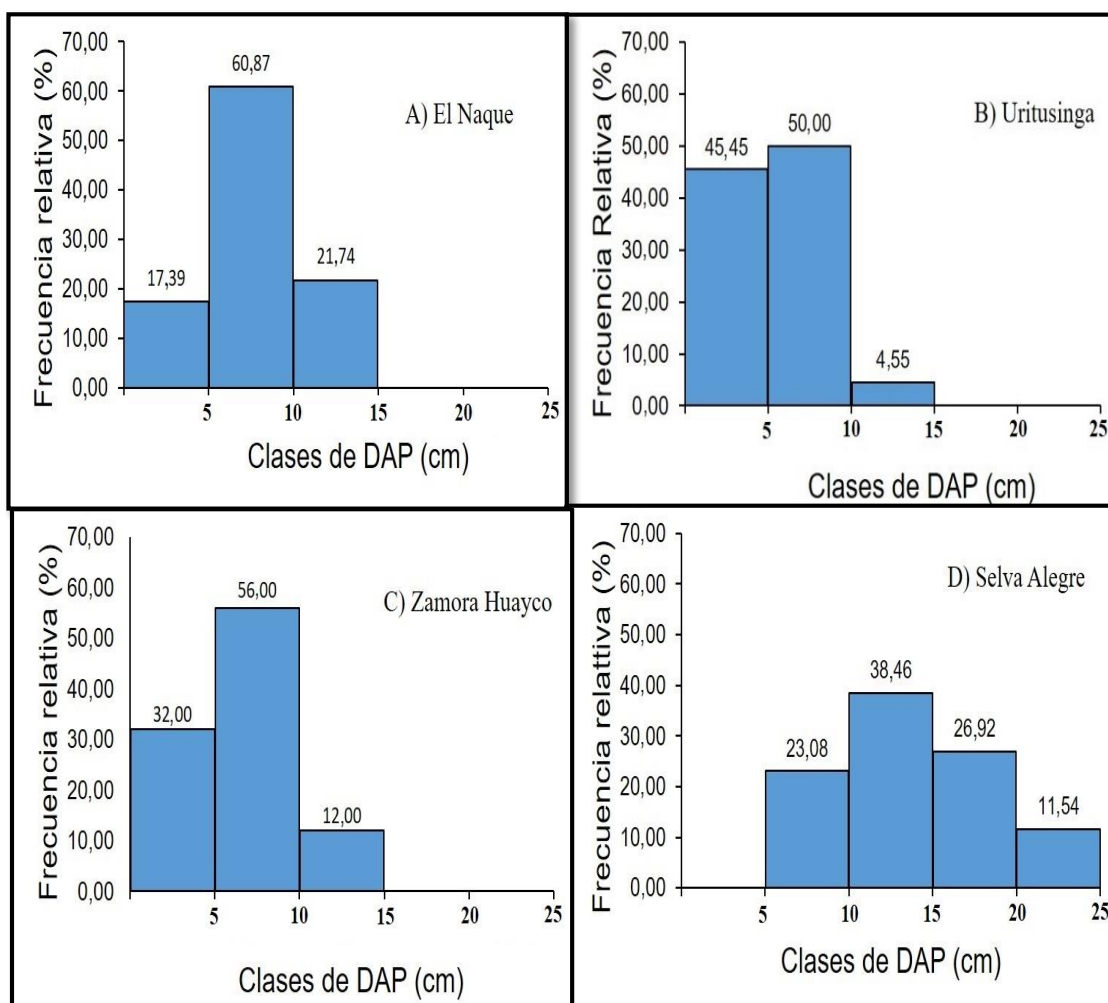


Figura 2. Histograma de clases del DAP de los árboles de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja para el año 2018: (A) El Naque; (B) Uritusinga; (C) Zamora Huayco; (D) Selva Alegre.

4.1.2. Altura total de los árboles (HT)

En la Figura 3, se muestran las clases de altura total encontradas en los cuatro sitios de estudio de *Cinchona officinalis* L., en El Naque (Figura 3A) la especie estuvo representada por cuatro clases, las clases 3 (6-7,8 m) y 4 (7,8-9,6 m) fueron las más abundantes con 33,33 %, seguida de las clases 1 (2,2-4,2 m) y 2 (4,2-6 m) con 16,67 %.

En Uritusinga (Figura 3B) se encontró igualmente cuatro clases, la más representada fue la clase 2 (4,2-6 m) con 63,64 %, y como última la clase 3 (6-7,8) con 4,55 %.

En Zamora Huayco (Figura 3C) se encontró dos clases, la más representativa fue la clase 1 (2,2-4,2 m) con 64 %, seguida de la clase 2 (4,2-6 m) con 36 %.

Para Selva Alegre (Figura 3D) se encontró cuatro clases, entre las cuales la clase 3 (10,1-15 m) fue la más representativa con 57,69 %, y las clases menos representadas fueron la 2 (4,2-6 m) y 5 (9,6-11,5 m) con el mismo valor en ambos sitios con 7,7 %.

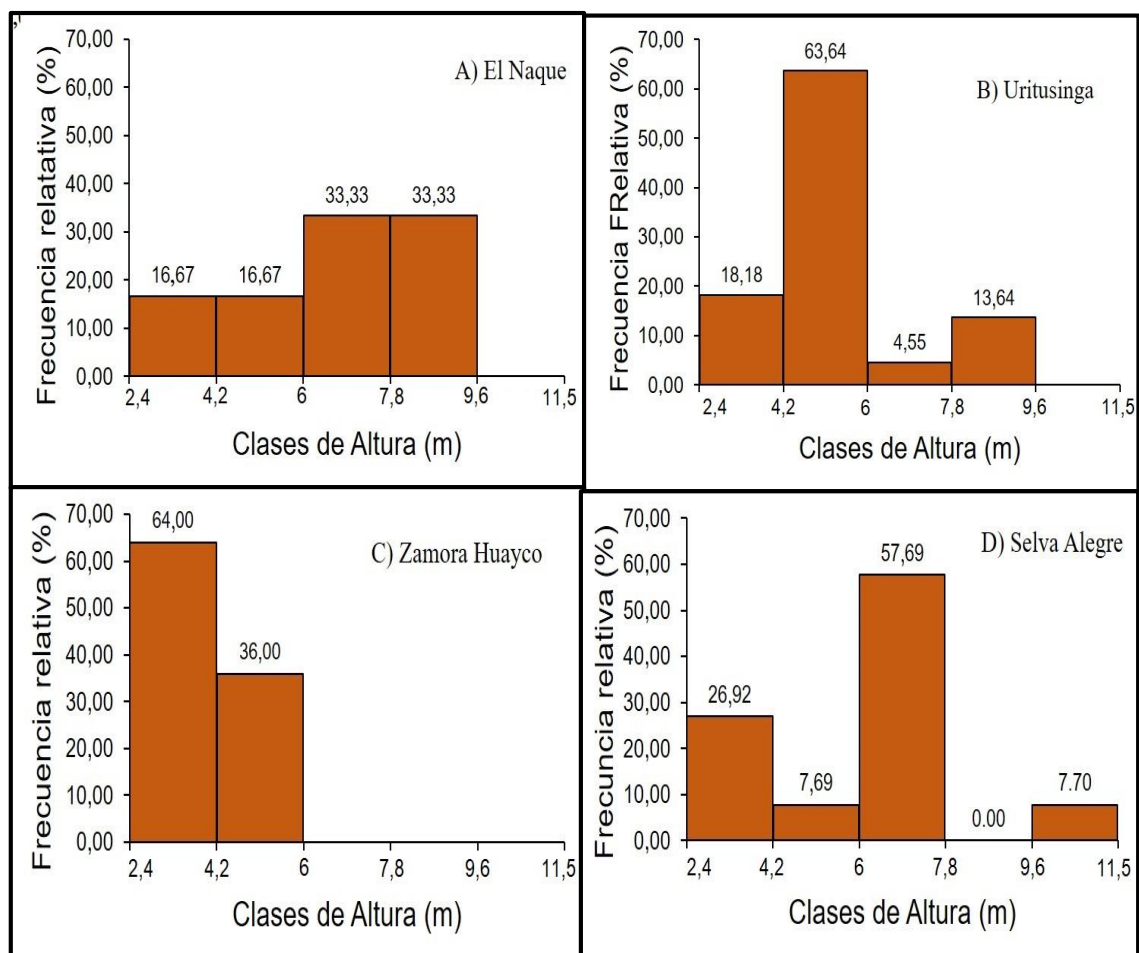


Figura 3. Histograma de clases de altura total (HT) de los árboles de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja, para el año 2018: (A) El Naque; (B) Uritusinga; (C) Zamora Huayco; (D) Selva Alegre.

4.1.3. Área basal de los árboles (G)

En la Figura 4, se muestra la distribución de clases del área basal de *Cinchona officinalis* L. encontradas en los cuatro sitios de estudio. En el Naque (Figura 4A) se encontró dos clases, la más representativa fue la clase 1 ($< 0,009 \text{ m}^2$) con 92 %, seguida de la clase 2 ($0,010\text{-}0,018 \text{ m}^2$) con 8 %.

En Uritusinga (Figura 4B) se encontraron también las dos primeras clases, la más representativa fue la clase 1 ($< 0,009 \text{ m}^2$) con 95 %, seguida de la clase 2 (0,010-0,018) con 5 %.

Zamora Huayco (Figura 4C) tuvo una distribución de clases similar a la de Uritusinga, en donde la clase más representativa fué la clase 1 ($< 0,009 \text{ m}^2$) con 92 %, seguida de la clase 2 (0,010-0,018 m^2) con 8 %.

Para Selva Alegre (Figura 4D) hubo una mayor representación de clases de área basal en comparación con los otros sitios, en la cual se obtuvo cuatro clases, la clase 1 ($< 0,009 \text{ m}^2$) y 2 (0,010-0,018 m^2) fueron las más representativa con 30,77 %, y la clase menos representada fue la 5 (0,036-0,044 m^2) con 11,54%.

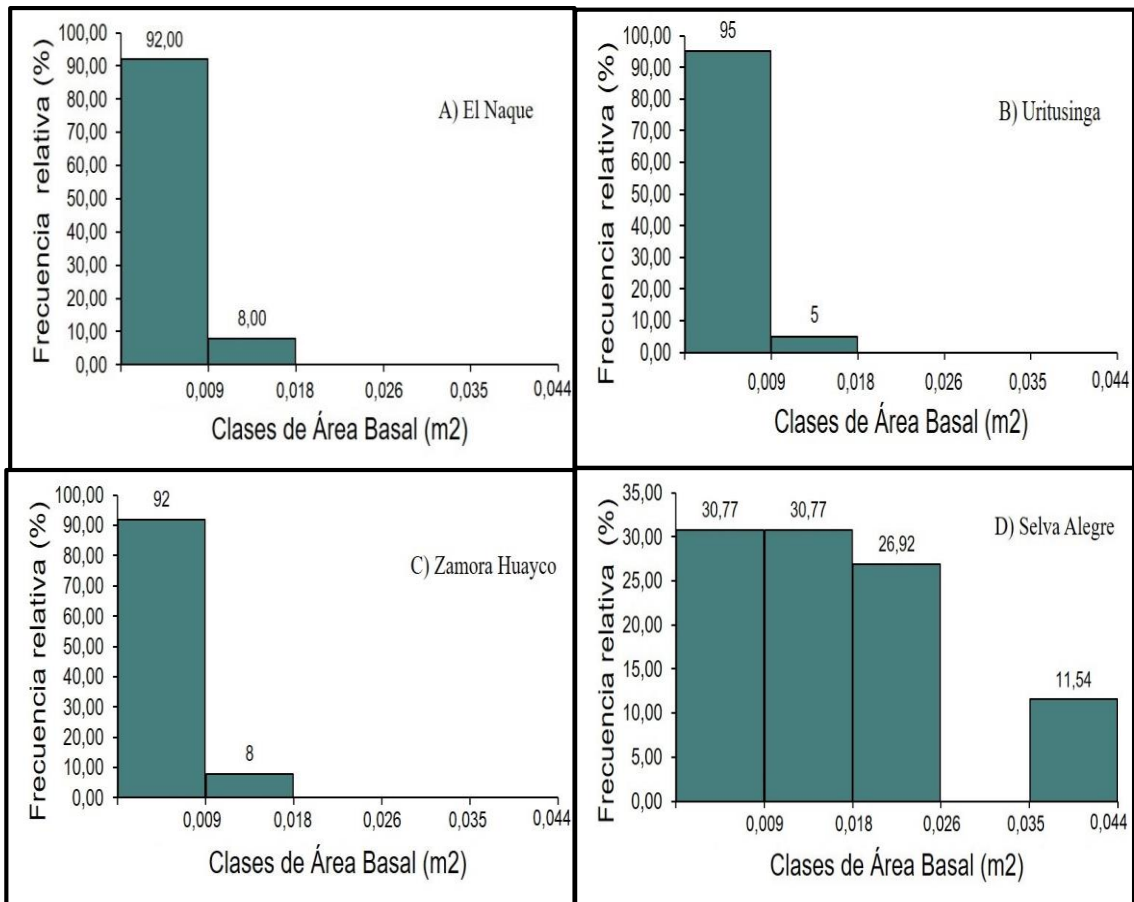


Figura 4. Histograma de clases del área basal (G) de los árboles de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja, en el año 2018: (A) El Naque; (B) Uritusinga; (C) Zamora Huayco; (D) Selva Alegre.

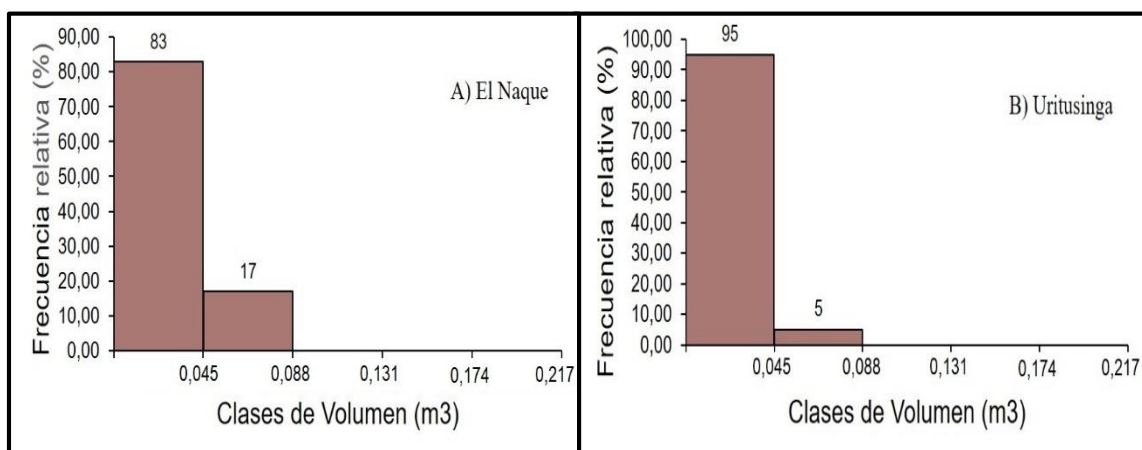
4.1.4. Volumen de los árboles (V)

En la Figura 5, se muestra la distribución de clases del Volumen encontradas en los cuatro sitios de estudio de *Cinchona officinalis* L. En el Naque (Figura 5A) se encontraron dos clases, siendo la más representativa la clase 1 ($< 0,045 \text{ m}^3$) con 83 %, seguida por la clase 2 ($0,046-0,088 \text{ m}^3$) con 17 %.

Uritusinga (Figura 5B) presentó la misma distribución de clases de volumen iguales a las de El Naque: la clase 1 ($< 0,045 \text{ m}^3$) con 95 %, y la clase 2 ($0,046-0,088 \text{ m}^3$) con 5%.

En Zamora Huayco (Figura 5C) se encontró solamente una clase, que fue la clase 1 ($< 0,045 \text{ m}^3$) con 100 %.

Para Selva Alegre (Figura 5D) se encontraron cinco clases, entre las cuales las clases 1 ($< 0,045 \text{ m}^3$) fue la más representativa con 35 %, y la menos representativa la clase 5 ($0,175- 0,217 \text{ m}^3$) con 15%



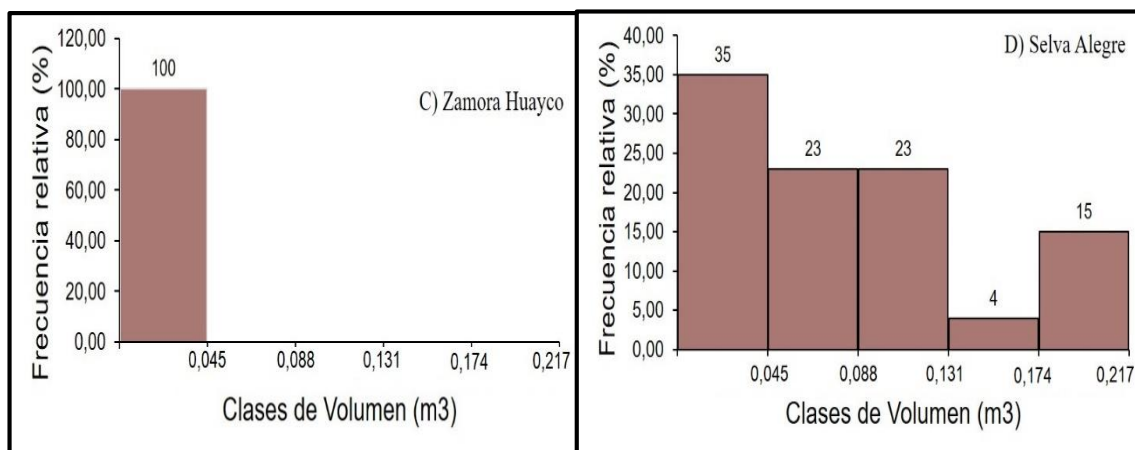


Figura 5. Histograma de las clases de volumen (V) de los árboles de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja, para el año 2018: (A) El Naque; (B) Uritusinga; (C) Zamora Huayco; (D) Selva Alegre.

4.2. Crecimiento de las variables dasométricas de *Cinchona officinalis* L., de los cuatro relictos boscosos en el período 2015-2018

4.2.1. Crecimiento periódico de las variables dasométricas de los árboles de *Cinchona officinalis* L.

En la tabla 3, se muestra los valores promedios del crecimiento periódico por clase diamétrica de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro sitios de estudio en el periodo 2015-2018. Los valores encontrados fueron determinandos en base al área de muestreo por cada sitio.

Tabla 3. Valores promedio y error estándar del crecimiento periódico por clase, de las variables dasométricas de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja, en el periodo 2015-2018.

Sitio	Área muestreada (m ²)	Clase diamétrica*	N° Ind.	DAP (cm)	HT (m)	G (m ²)	V (m ³)
El Naque	1900	1	5	0,54 ± 0,47	0,50 ± 0,07	0,0003 ± 0,0003	0,0016 ± 0,0012
		2	14	0,77 ± 0,42	0,46 ± 0,14	0,0008 ± 0,0004	0,0053 ± 0,0025
		3	5	0,71 ± 0,38	0,46 ± 0,09	0,0012 ± 0,0007	0,011 ± 0,0061
		4	---	---	---	---	---
		5	---	---	---	---	---
Uritusinga	1700	1	10	0,59 ± 0,33	0,49 ± 0,17	0,0003 ± 0,0003	0,0015 ± 0,0009
		2	11	0,69 ± 0,36	0,57 ± 0,17	0,0007 ± 0,0003	0,0041 ± 0,0026
		3	1	0,91 ± 0	0,7 ± 0	0,0015 ± 0	0,0130 ± 0
		4	---	---	---	---	---
		5	---	---	---	---	---
Zamora Huayco	10400	1	8	0,88 ± 0,38	0,71 ± 0,21	0,0005 ± 0,0003	0,0015 ± 0,0005
		2	14	1,09 ± 0,33	0,55 ± 0,17	0,0012 ± 0,0004	0,0049 ± 0,0021
		3	3	0,76 ± 0,51	0,73 ± 0,15	0,0013 ± 0,0007	0,0090 ± 0,0014
		4	---	---	---	---	---
		5	---	---	---	---	---
Selva Alegre	6800	1	---	---	---	---	---
		2	6	0,96 ± 0,16	0,40 ± 0,19	0,0007 ± 0,0002	0,0033 ± 0,0008
		3	10	1,01 ± 0,23	0,49 ± 0,36	0,0020 ± 0,0005	0,0132 ± 0,0044
		4	7	0,89 ± 0,24	0,36 ± 0,20	0,0022 ± 0,0005	0,0162 ± 0,0039
		5	3	0,63 ± 0,40	0,43 ± 0,06	0,0022 ± 0,0013	0,0223 ± 0,0060

*Clase diamétrica:
1= 0-5 cm DAP
; 2= 5,01-10 cm DAP
; 3= 10,0-15 cm DAP
; 4= 15,0-20 cm DAP
y 5= 20,0-25 cm

DAP

4.2.2. Crecimiento periódico por hectárea de las variables dasométricas de los árboles de *Cinchona officinalis* L., de los cuatro relictos boscosos en el período 2015-2018

Considerando que el área de muestreo no es la misma para todos los relictos boscosos, se relacionaron los valores encontrados por área de cada sitio, a una hectárea (tabla 4).

Tabla 4. Valores promedio y error estándar del crecimiento periódico por hectárea, por clases diamétricas de las variables dasométricas de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja, en el periodo 2015-2018.

Sitio	Clase diamétrica*	Nº Ind.	DAP (cm/ha)	G (m ² /ha)	V (m ³ /ha)
El Naque	1	5	2,85 ± 2,46	0,0018 ± 0,0015	0,0083 ± 0,0100
	2	14	4,05 ± 2,19	0,0044 ± 0,0022	0,0279 ± 0,0130
	3	5	3,76 ± 2,00	0,0064 ± 0,0036	0,0579 ± 0,0322
	4	---	---	---	---
	5	---	---	---	---
Uritusinga	1	10	3,48 ± 1,93	0,0020 ± 0,0012	0,0089 ± 0,0100
	2	11	4,05 ± 2,11	0,0039 ± 0,0020	0,0243 ± 0,0154
	3	1	5,35 ± 0	0,0088 ± 0	0,0767 ± 0
	4	---	---	---	---
	5	---	---	---	---
Zamora Huayco	1	8	0,85 ± 0,36	0,0005 ± 0,0022	0,0015 ± 0,0005
	2	14	1,05 ± 0,32	0,0012 ± 0,0004	0,0047 ± 0,0020
	3	3	0,73 ± 0,49	0,0013 ± 0,0007	0,0087 ± 0,0013
	4	---	---	---	---
	5	---	---	---	---
Selva Alegre	1	---	---	---	---
	2	6	1,41 ± 0,23	0,0014 ± 0,0003	0,0048 ± 0,0012
	3	10	1,49 ± 0,34	0,0029 ± 0,0007	0,0195 ± 0,0065
	4	7	1,3 ± 0,36	0,0033 ± 0,0008	0,0238 ± 0,0056
	5	3	0,92 ± 0,59	0,0032 ± 0,0019	0,0327 ± 0,0068

*Clase diamétrica: 1= 0-5 cm DAP; 2= 5,01-10 cm DAP; 3= 10,01-15 cm DAP; 4= 15,01-20 cm DAP; y 5= 20,01-25 cm DAP

4.2.2.1. Crecimiento periódico por hectárea del DAP

En la Figura 6, se muestra los promedios del crecimiento periódico del DAP por hectárea distribuidos por clase, en la cual se puede observar que en cuanto a la clase 1 y 2 que comprende a la regeneración natural, Uritusinga presenta el mayor crecimiento en la clase 1 con 3,48 cm/ha, y en la clase 2, junto a El Naque con 4,05 cm/ha; mientras que, Zamora Huayco mostró el menor valor en estas clases, en la clase 1 con 0,85 cm/ha, y en la clase 2 con 1,05 cm/ha.

En cuanto a las clases que comprenden los fustales, en la clase 3 el mayor incremento se encontró en el sitio de Uritusinga con un valor de 5,35 cm/ha; y el menor valor se presentó en El Naque con 0,73 cm/ha. Con respecto a la clase 4 y 5, Selva Alegre, fue el único sitio que presentó crecimiento periódico del DAP, en la clase 4 con 1,30 cm/ha, y en la clase 5 con 0,92 cm/ha.

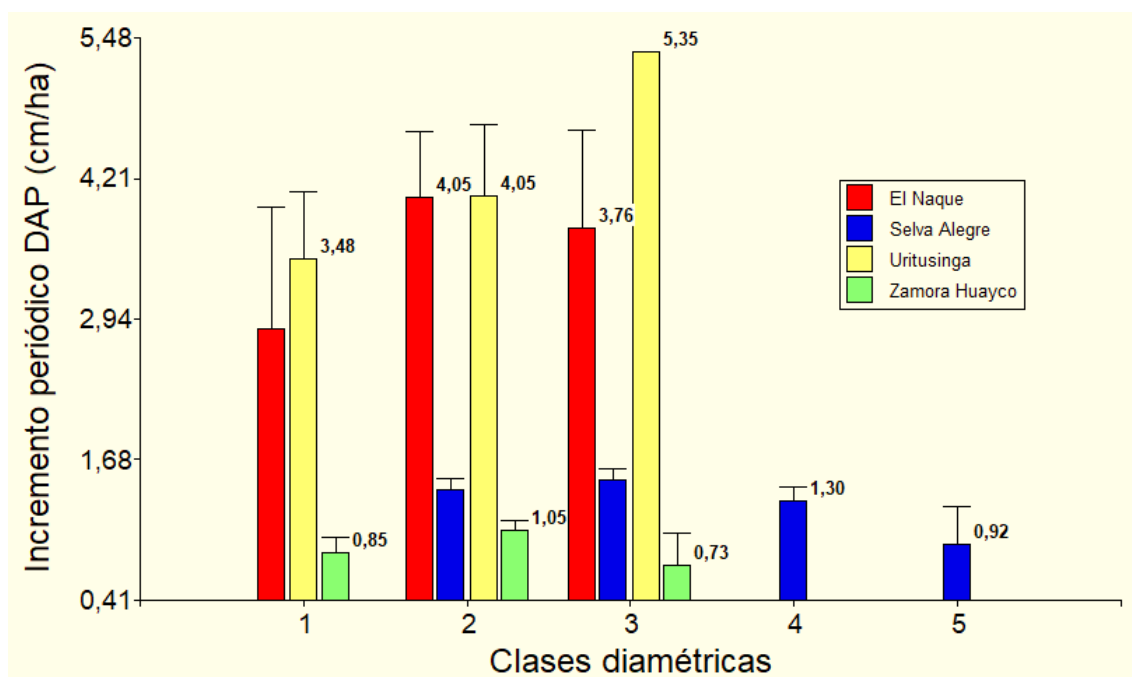


Figura 6. Valores promedios del crecimiento periódico por hectárea del DAP, distribuidos por clase diamétrica de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja durante el periodo 2015-2018.

4.2.2.2. Crecimiento periódico por hectárea del área basal

La Figura 7, muestra los valores promedios del crecimiento periódico por hectárea del área basal, distribuidos por clases diamétricas en los cuatro relictos boscoso, en la cual la clase 1 y 2, que representa a la regeneración natural, el mayor crecimiento de la clase 1 se encontró en Uritusinga con 0,0020 m²/ha, y el menor crecimiento en Zamora Huayco con 0,0005 m²/ha. En la clase 2 el mayor crecimiento se evidenció en El Naque con 0,0044 m²/ha, y el menor crecimiento en esta variable en Zamora Huayco con 0,0012 m²/ha. En la clase 3 el mayor crecimiento se evidenció en Uritusinga con 0,0088 m²/ha, y el menor crecimiento en Zamora Huayco con 0,0013 m²/ha. En la clase 4 y 5, Selva Alegre fue el único sitio que presentó crecimiento en esta variable, en la clase 4 con 0,0032 m²/ha, y en la clase 5 con 0,0031 m²/ha.

En el caso de los fustales, el mayor crecimiento en la clase 3 fue en Uritusinga con 0,0088 m²/ha, y el menor crecimiento en Zamora Huayco con 0,0013 m²/ha. En la clase 4 y 5, Selva Alegre fue el único sitio que presentó crecimiento en esta variable, en la clase 4 con 0,0032 m²/ha, y en la clase 5 con 0,0031 m²/ha.

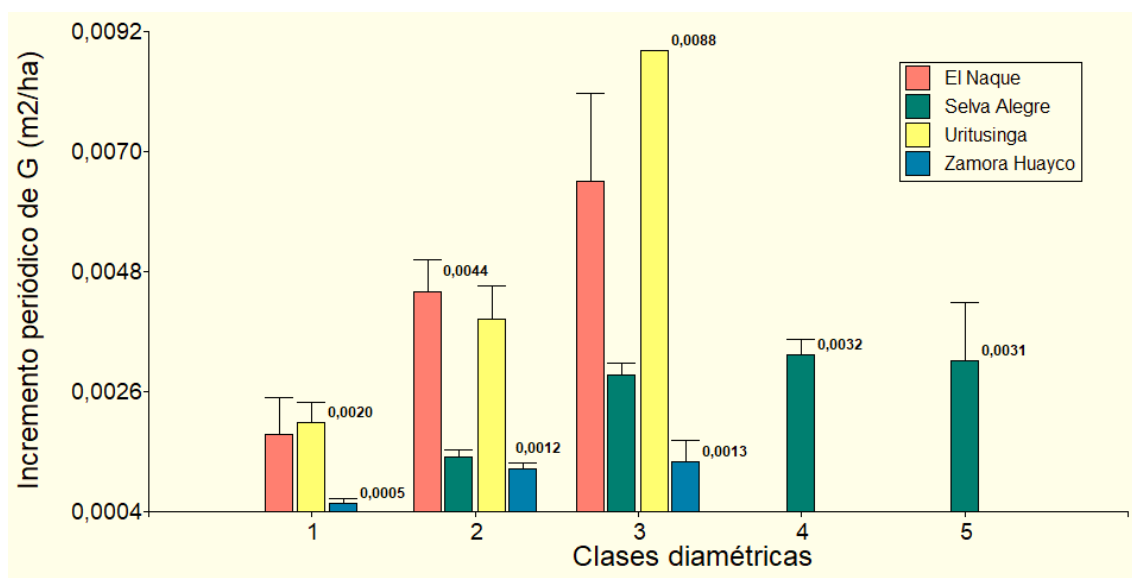


Figura 7. Valores promedios del crecimiento periódico por hectárea del área basal, distribuidos por clase diamétrica de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja durante el periodo 2015-2018.

4.2.2.3. Crecimiento periódico por hectárea del volumen

En la figura 8, se muestran los valores promedios por clase diamétrica del crecimiento periódico por hectárea del volumen, en la cual se evidenció que en las clases 1 y 2 correspondiente a la regeneración natural, el mayor crecimiento se dio en Uritusinga en la clase 1 con 0,0089 m³/ha, y en la clase 2 en El Naque con 0,0279 m³/ha; mientras que el menor crecimiento se dio en Zamora Huayco, en la clase 1 con 0,0015 m³/ha, y en la clase 2 con 0,0047 m³/ha.

Con respecto a las clases 3, 4 y 5, que comprenden a los fustales, se encontró que en la clase 3 el mayor crecimiento se presentó en Uritusinga con 0,0765 m³/ha, y el menor crecimiento en Zamora Huayco con 0,0087 m³/ha. En cuanto a las clases 4 y 5, Selva Alegre fue el único relicto con crecimiento en esta variable, en la clase 4 con 0,0238 m³/ha, y en la clase 5 con 0,0327 m³/ha.

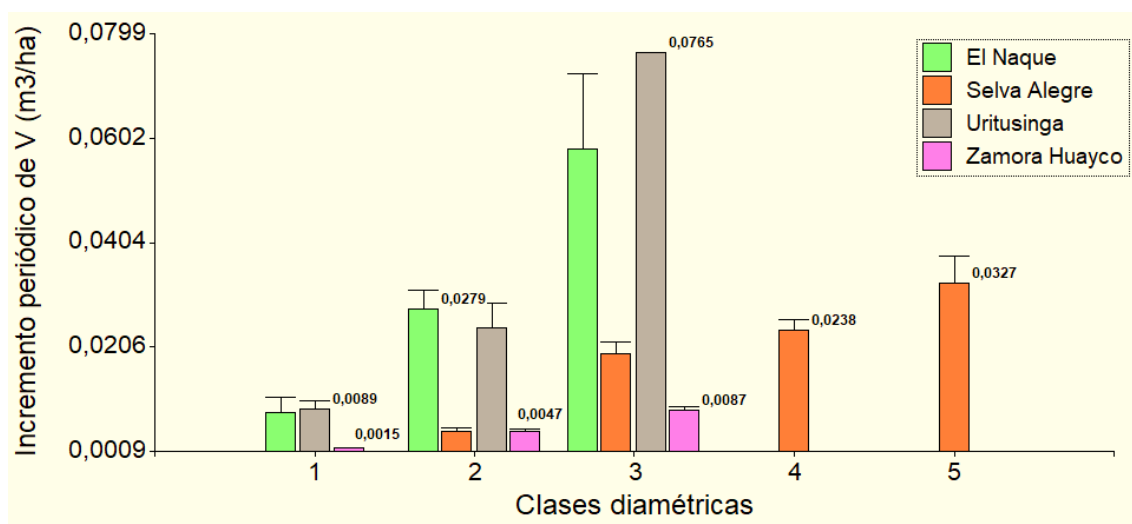


Figura 8. Valores promedios del crecimiento periódico por hectárea del volumen, distribuidos por clase diamétrica de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja durante el periodo 2015-2018.

4.2.3. Incremento periódico anual (IPA) de las variables dasométricas de los árboles de *Cinchona officinalis* L., de los cuatro relictos boscosos en el período 2015-2018

La tabla 5 muestra los valores promedios de incremento periódico anual de la altura total e incremento periódico anual por hectárea, encontrados por clase en cada sitio de estudio de *Cinchona officinalis* L. Los valores presentados toman como referencia los valores del crecimiento periódico por hectárea en el caso de DAP, G y V, y en el caso de la altura los valores del crecimiento periódico de tal variable.

Tabla 5. Valores promedio y error estándar del incremento periódico anual de la altura total e incremento periódico anual por hectárea y por año, para cada clase diamétrica de las variables dasométricas de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja, en el periodo 2015-2018.

Sitio	Clase diamétrica *	Nº Ind.	HT (m/año)	DAP (cm/ha/año)	G (m ² /ha/año)	V (m ³ /ha/año)
El Naque	1	5	0,17 ± 0,02	0,95 ± 0,82	0,0005 ± 0,0005	0,0028 ± 0,0021
	2	14	0,15 ± 0,06	1,34 ± 0,73	0,0015 ± 0,0007	0,0093 ± 0,0029
	3	5	0,15 ± 0,03	1,25 ± 0,67	0,0021 ± 0,0012	0,0193 ± 0,0108
	4	---	---	---	---	---
	5	---	---	---	---	---
Uritusinga	1	10	0,16 ± 0,06	1,16 ± 0,64	0,0007 ± 0,0004	0,0030 ± 0,0018
	2	11	0,19 ± 0,06	1,35 ± 0,70	0,0013 ± 0,0017	0,0081 ± 0,0051
	3	1	0,23 ± 0	1,78 ± 0	0,0029 ± 0	0,0256 ± 0
	4	---	---	---	---	---
	5	---	---	---	---	---
Zamora Huayco	1	8	0,24 ± 0,07	0,28 ± 0,12	0,0002 ± 0,00008	0,0005 ± 0,0002
	2	14	0,18 ± 0,06	0,35 ± 0,11	0,0004 ± 0,0001	0,0016 ± 0,0007
	3	3	0,24 ± 0,05	0,24 ± 0,16	0,0004 ± 0,0002	0,0029 ± 0,0005
	4	---	---	---	---	---
	5	---	---	---	---	---
Selva Alegre	1	---	---	---	---	---
	2	6	0,13 ± 0,06	0,47 ± 0,08	0,0005 ± 0,0001	0,0016 ± 0,0004
	3	10	0,16 ± 0,12	0,50 ± 0,11	0,0010 ± 0,0002	0,0065 ± 0,0022
	4	7	0,12 ± 0,07	0,43 ± 0,12	0,0011 ± 0,0003	0,0079 ± 0,0019
	5	3	0,14 ± 0,02	0,31 ± 0,20	0,0010 ± 0,0004	0,0109 ± 0,0030

*Clase diamétrica: 1= 0-5 cm DAP; 2= 5,01-10 cm DAP; 3= 10,01-15 cm DAP; 4= 15,01-20 cm DAP; y 5= 20,01-25 cm DAP

4.2.3.1. Incremento periódico anual de la altura total

En la figura 9 se muestra los valores promedios distribuidos por clase diamétrica del incremento periódico anual de la altura, en la que se evidenció que en la clase 1 Uritusinga presento el mayor IPA del DAP con 0,24 m/año, y el menor crecimiento en Uritusinga con 0,16 m/año; mientras que para la clase 2 el mayor IPA se presentó en Uritusinga con 0,19 m/año, y el menor IPA en Selva Alegre con 0,13 m/año.

En las clases correspondientes a los fustales, la clase 3 presentó el mayor valor de IPA en Zamora Huayco con 0,24 m/año, y el menor incremento en El Naque con 0,13 m/año. En el caso de Selva Alegre, fue el único sitio que presentó individuos en la clase 4 y 5, en la clase 4 con 0,12 m/año, y en la clase 5 con 0,14 m/año.

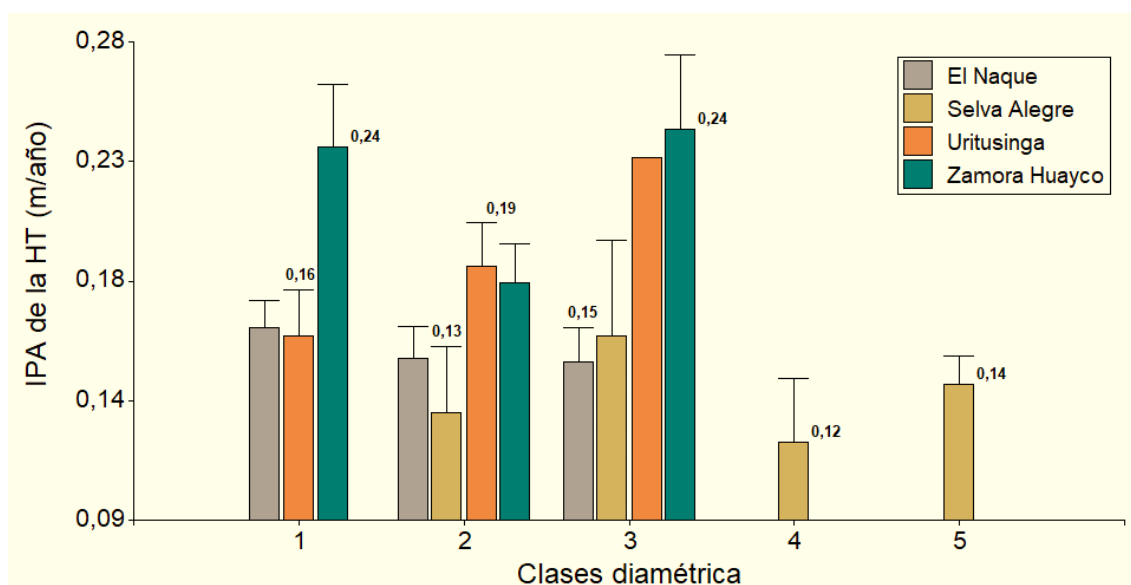


Figura 9. Valores promedios del incremento periódico anual de la altura total, distribuidos por clase diamétrica de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja durante el periodo 2015-2018.

4.2.3.2. Incremento periódico anual del DAP

La figura 10, muestra los promedios por clase diamétrica del incremento periódico anual del DAP en los cuatro sitios de estudio, en la cual se evidenció que para la regeneración natural, en clase 1 y 2, el mayor crecimiento se registró en Uritusinga en la clase

1 con 1,16 cm/ha/año, y en Uritusinga y El Naque en la clase 2 con 1,35 cm/ha/año; mientras que el menor crecimiento se presentó en Zamora Huayco, en la clase 1 con 0,28 cm/ha/año, y en la clase 2 con 0,35 cm/ha/año.

El registro de fustales de la especie, se presentaron en la clase 3 con el mayor IPA en Uritusinga con 1,78 cm/ha/año, y el menor incremento en Zamora Huayco con 0,24 cm/ha/año. En la clase 4 y 5, Selva Alegre fue el único relicto que presentó crecimiento, en la clase 4 con 0,43 cm/ha/año, y en la clase 5 con 0,31 cm/ha/año.

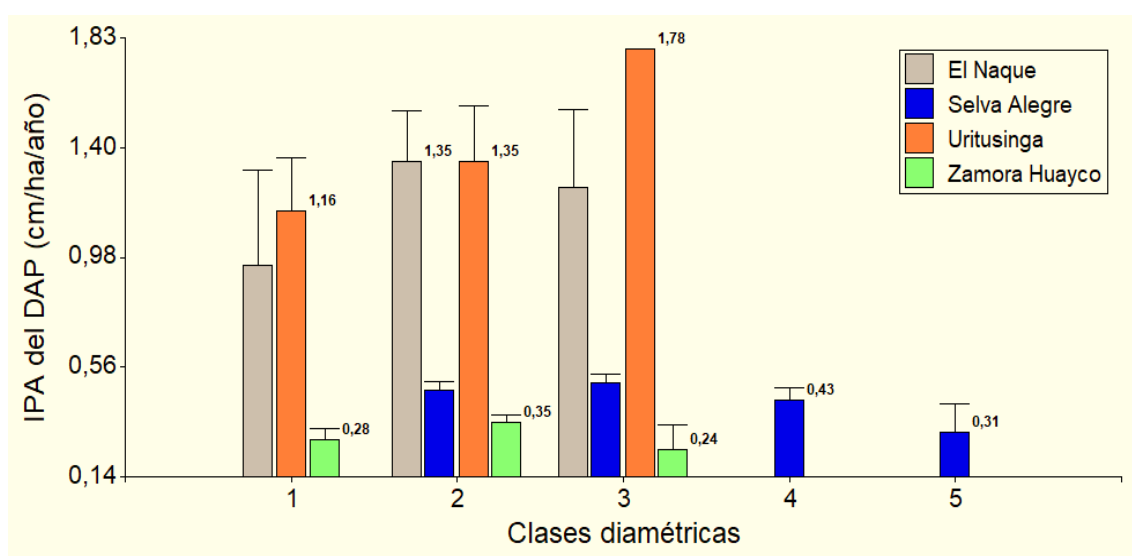


Figura 10. Valores promedios del incremento periódico anual del DAP, distribuidos por clase diamétrica de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja durante el periodo 2015-2018.

4.2.3.3. Incremento periódico anual del área basal.

En la figura 11 se muestran los promedios del incremento periódico anual, distribuidos por clases diamétricas, en la cual se pudo evidencia que en las clases 1 y 2 que constituyen la regeneración natural de la especie, el mayor IPA del área basal estuvo representado en la clase 1 en 0,0007 m²/ha/año, y en la clase 2 en El Naque con 0,0015 m²/ha/año; sin embargo, la clase 1 y 2 obtuvo el menor IPA en Zamora Huayco, en la clase 1 con 0,0002 m²/ha/año, y en la clase 2 con 0,00004 m²/ha/año.

En cuanto a las clase 3, 4 y 5 que comprenden los fustales, Uritusinga obtuvo el mayor IPA en la clase 3 con 0,0029 m²/ha/año, y Zamora Huayco el menor crecimiento con 0,0004 m²/ha/año. Con respecto al IPA de las clases 4 y 5, lo presentó Selva Alegre, en la clase 4 con 0,0011 m²/ha/año, y en la clase 5 con 0,0010 m²/ha/año

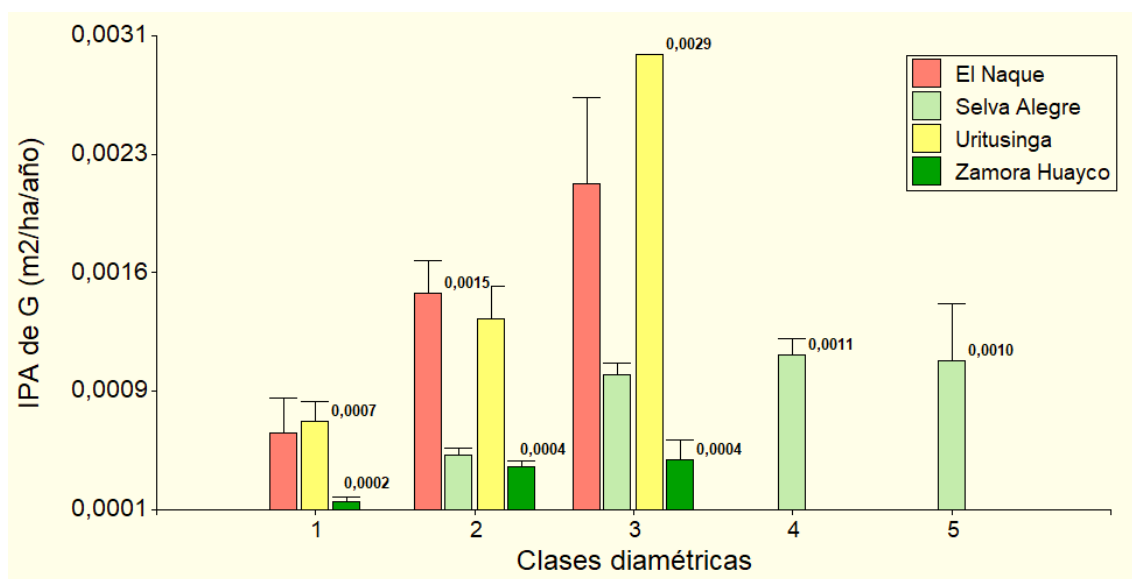


Figura 11. Valores promedios del incremento periódico anual del área basal, distribuidos por clase diamétrica de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja durante el periodo 2015-2018.

4.2.3.4. Incremento periódico anual del volumen.

En la figura 12, se muestran los valores promedios del IPA del volumen por clase diamétrica, en donde se evidenció que en la clase 1 y 2 referente a la regeneración natural, la clase 1 presentó el mayor crecimiento en Uritusinga con 0,0005 m³/ha/año y en la clase 2 El Naque con 0,0093 m³/ha/año, mientras que el menor crecimiento en la clase 1 se obtuvo en Selva Alegre con 0,0030 m³/ha/año, y en la clase 2 en Selva Alegre y Zamora Huayco con 0,0016 m³/ha/año.

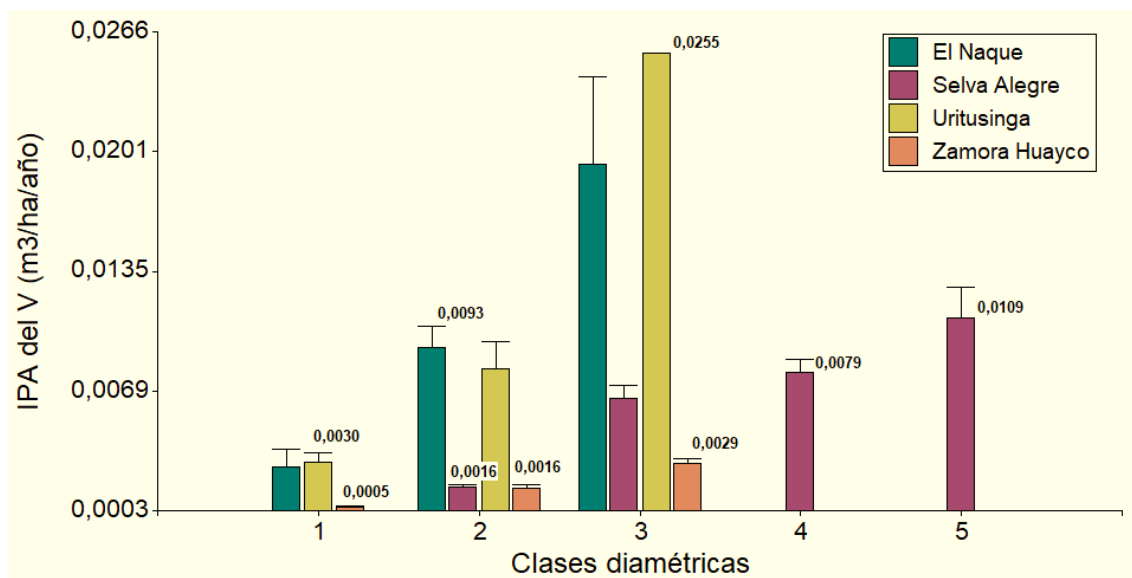


Figura 12. Valores promedio del incremento periódico anual del volumen, distribuidos por clase diamétrica de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja durante el periodo 2015-2018.

4.3. Difusión de Resultados

Se realizó la socialización de resultados al Equipo Técnico del Proyecto *Cinchona* del Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Universidad Nacional del Loja (Figura 13) y a los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Forestal, mediante la exposición de un poster durante la semana del estudiante desarrollada del 11 al 15 de enero del 2019, en el Hall de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, de la Universidad Nacional de Loja (Anexo 4).

Así mismo, se realizó un tríptico de la tesis realizada, con la finalidad de difundir la información a aquellos actores involucrados con el sector forestal (Anexo 5). Además, se realizó un folleto técnico (Anexo 6) y un artículo científico con el ánimo de difundir de manera rápida y precisa los resultados obtenidos de la presente investigación.

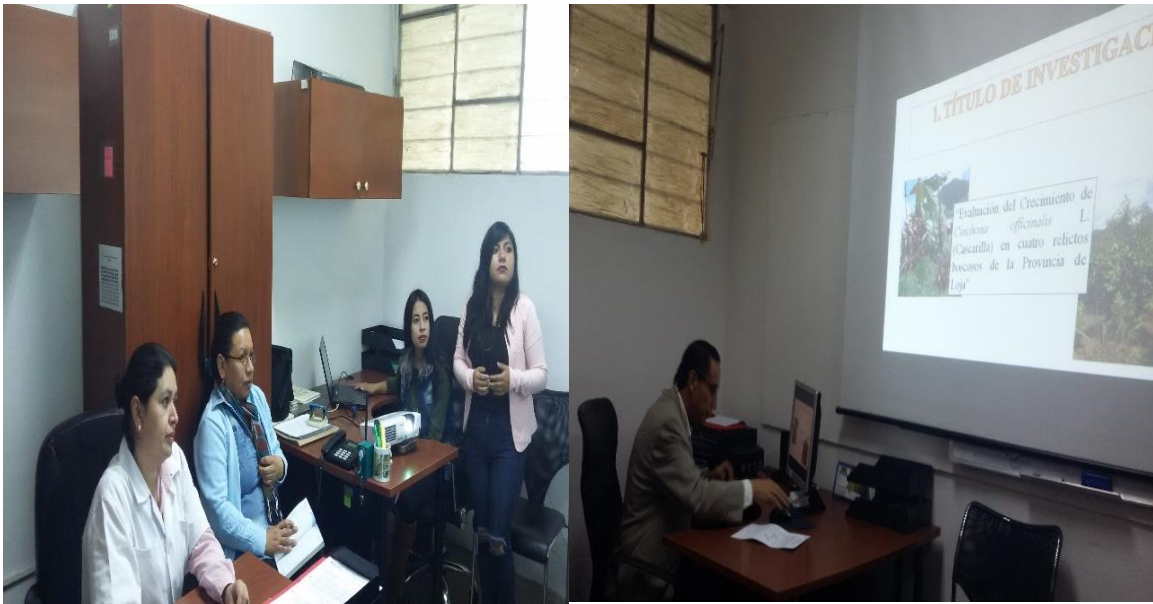


Figura 13. Difusión de resultados de tesis al Equipo Técnico del Laboratorio de Micropropagación Vegetal, de la UNL.

5. DISCUSIÓN

5.1. Crecimiento de las variables dasométricas de los árboles de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos durante el año 2018.

En base al análisis de distribución de frecuencias de las variables dasométricas de *Cinchona officinalis* L. realizada para cada relicto boscoso de la provincia de Loja en el año 2018, se pudo determinar que Selva Alegre es el sitio que presenta una mayor distribución de individuos en todas las variables dasométricas. Es así que, en el DAP, los individuos de *Cinchona officinalis* L., abarcaron las cuatro últimas clases diamétricas (5,01-25 cm) con una oscilación de frecuencias entre 11,54 % a 23,08 %, lo que demuestra que en este sitio existen individuos adultos, en comparación a los que presenta Uritusinga, en donde se encuentran los individuos más jóvenes, puesto que éste presentó el mayor porcentaje con individuos en primera clase diamétrica (< 5 cm) con 45,45 %. Los valores encontrados de DAP en la investigación, resultaron ser inferiores a los mencionados por Guerrero y López (1993) quienes mencionan que los árboles de *Cinchona officinalis* L., pueden llegar a tener un diámetro entre 30 y 110 cm.

En cuanto a la altura, la especie presentó el mayor número de individuos dentro de la clase 1 (2,4-4,2 m) con 64 % en Zamora Huayco, y en la clase 2 (4,3-6) con 63,64 % en Uritusinga; sin embargo, Selva Alegre además de presentar individuos en las mismas clases de altura que presentaron los otros sitios, fue el único sitio que presentó individuos dentro de la clase 5 con valores que oscilaron entre 9,6 a 11,5 m, que corresponde al 7,70 %; siendo así, que este sitio presentó individuos considerados dentro del rango de crecimiento establecidos por Guerrero y López (1993), quienes señalan que la cascayilla puede alcanzar una altura de 10 a 24 m.

Con respecto al área basal, la mayor presencia de árboles en los sitios El Naque y Zamora Huayco, en la clase 1, con valores menores a 0,009 m², que representan el 92%;

sin embargo, Selva Alegre, fue el único sitio que presentó individuos en las cuatro clases de área basal, específicamente en las clases 1, 2 y 3 ($<0,009- 0,026 \text{ m}^2$) y la clase 5 ($0,036- 0,044 \text{ m}^2$), cuyos valores oscilaron entre 11,54 % que pertenece a la clase 5; y, el 30,77 % que corresponde a la clase 1 ($<0,009 \text{ m}^2$) y 2 ($0,010-0,018 \text{ m}^2$), respectivamente.

En cuanto al volumen, Zamora Huayco obtuvo la mayor representación de individuos jóvenes, con el 100 % en la clase 1 ($<0,045 \text{ m}^3$), aunque, Selva Alegre fue el único relicto boscoso que presentó individuos en las cinco clases del volumen, comprendidas desde $<0,045 \text{ m}^3$ hasta $0,217 \text{ m}^3$, en donde su menor valor se encontró en la clase 4 ($0,132-0,174 \text{ m}^3$) con el 4 %, y su mayor valor en la clase 1 ($<0,0045 \text{ m}^3$), que corresponde al 35 %.

Además, se observó que en El Naque, Uritusinga y Zamora Huayco no se reportaron árboles dentro de las clases 4 y 5 de las variables dasométricas, hecho que puede aludir a que se ha talado la población adulta. En cuanto a Selva Alegre, se evidenció que en todas las variables dasométricas, fue el único relicto boscoso con individuos en las clases 4 y 5, pero no en la clase 1, por lo que se puede decir que en este sitio la especie se encuentra en riesgo a la desaparición, debido a que su regeneración natural es escasa.

5.2. Crecimiento periódico por hectárea de las variables dasométricas de los árboles de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos, durante el periodo 2015-2018.

En cuanto al crecimiento periódico por hectárea de las variables dasométricas que presentó la especie durante los tres años (2015-2018), el mayor incremento del DAP en los individuos de regeneración natural se registró en El Naque y Uritusinga en la clase 2 con 4,05 cm/ha y en fustales en el sitio de Uritusinga en la clase 3, abarcando un DAP

de 5,35 cm/ha. Estos valores no concuerdan con los reportados por Padilla (2017), quien en su estudio realizado sobre la fenología y análisis de las características del suelo de *Cinchona officinalis* L., en los mismos relictos boscosos en la Provincia de Loja, donde se realizó la presente investigación, manifiesta que el mayor crecimiento del DAP en el periodo 2005-2016, se presentó en Zamora Huayco con un DAP de 0,36 cm.

Con respecto al incremento periódico por hectárea del área basal y volumen, el mayor incremento en las clases establecidas para la regeneración natural de la especie, se presentó en la clase 2 de El Naque en área basal con 0,0044 m²/ha y en volumen con 0,0088 m²/ha; y para las clases diamétricas de los fustales se evidenciaron en Uritusinga en la clase 3 con 0,0279 m³/ha en área basal y 0,0767 m³/ha en volumen. Los valores encontrados en área basal y volumen no concuerdan con lo reportados por Padilla (2017), que el mayor crecimiento en estas variables, se encontró en Selva Alegre, con un área basal de 0,00048 m² y un volumen de 0,0027 m³.

Teniendo en cuenta que los valores en fustales reportados en Uritusinga hacen referencia a un árbol, se consideró que el mejor crecimiento periódico se presentó en el Naque.

5.3. Incremento periódico anual (IPA) de las variables dasométricas de los árboles de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos durante el periodo 2015-2018.

Con respecto al incremento periódico anual (IPA) de las variables dasométricas de los cuatro relictos boscosos de *Cinchona officinalis* L., se evidenció que el sitio Uritusinga presentó el mayor IPA del DAP, en regeneración natural en la clase 2 con 1,35 cm/ha/año, y en fustales en la clase 3 con 1,78 cm/ha/año;

Con relación al IPA de la altura total, el mayor incremento se presentó en Zamora Huayco, en la clase 1 de regeneración natural, y en la clase 3 de fustales con 0,24 m/año.

En cuanto al incremento periódico anual del área basal y del volumen, El Naque obtuvo el mayor crecimiento en árboles de regeneración natural, en área basal con 0,0015 m²/ha/año en la clase 2, y en volumen con 0,0029 m³/ha/año en la clase 3; y en el caso de los árboles fustales, Uritusinga presentó el mayor IPA del área basal con 0,0093 m²/ha/año en la clase 2, y en volumen con 0,0256 m³/ha/año en la clase 3.

Analizando el incremento periódico anual en fustales en DAP, área basal y volumen presentado en Uritusinga, se consideró que el mejor IPA en estas variables fue el presentado en El Naque, puesto que, el valor encontrado en Uritusinga solamente hace referencia al crecimiento de un árbol, hecho que conlleva a establecer que la especie en este sitio es vulnerable a la desaparición.

Estos datos son los primeros en ser reportados para la especie, por lo que no se ha podido hacer comparaciones debido a la inexistencia de información de crecimiento de la especie en otros sitios.

6. CONCLUSIONES

- El histograma de frecuencias de las variables dasométricas, mostró que distribución de individuos con mayor DAP, altura total, área basal y volumen, se presentó en Selva Alegre.
- El mayor crecimiento periódico de la altura total de la especie en los cuatro relictos boscosos durante el periodo 2015-2018, se presentó para la regeneración natural en El Naque dentro de la clase 1, y para fustales en la clase 3 del sitio Zamora Huayco.
- El mayor crecimiento periódico por hectárea en regeneración natural, estuvo dada en la clase 2, en El Naque para el área basal y volumen, y conjuntamente a Uritusinga en el DAP; mientras que, para fustales, se presentó en la clase 3 del sitio El Naque.
- Zamora Huayco presentó el mayor incremento periódico anual expresados en m/año, en la clase 1 de regeneración natural, y en la clase 3 de fustales.
- Uritusinga presentó el mayor incremento periódico anual de la regeneración natural en DAP, área basal y volumen en la clase 2, y Zamora Huayco en la clase 1 de la altura total; y en cuanto a fustales, se presentó en la clase 3, en El Naque para el DAP, área basal y volumen, y para la altura en Zamora Huayco.

7. RECOMENDACIONES

- Implementar un huerto de *Cinchona officinalis* L., para evaluar el crecimiento de las diferentes variables dasométricas, en condiciones naturales controladas.
- Empezar programas y proyectos de reforestación en los sitios de estudio, con la finalidad de fomentar la conservación de la especie.
- Crear conciencia ambiental en las comunidades aledañas a los cuatro sitios de estudio, sobre la importancia de conservar estos relictos boscosos de *Cinchona officinalis* L., que aún quedan, puesto que esta constituye una especie simbólica de importancia cultural y ambiental para la provincia de Loja.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta -Solís, M. (1947). *Cinchonas del Ecuador*. Quito, Ecuador: Editorial del Ecuador.
- Aguirre, Z., et al. (2002). *Botánica Austroecuatoriana: estudios sobre los recursos naturales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora-Chinchipec*. Quito, Ecuador: Abya-Yala.
- Aguirre, Z., y Delgado, T. (2005). *Vegetación de los bosques secos de Cerro Negro Cazaderos, Occidente de la Provincia de Loja*. 9-24 p.
- Aldana, J. (2010). *Silviculturas*. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela Técnica Superior Forestal 9 p. Obtenido de <http://webdelprofesor.ula.ve/forestal/jcpetita/materias/silvicultura/TEMA%2003.pdf>
- Anderson, L. (1998). *A revisión of the genus Cinchona (Rubiaceae)*. *Memories of the New York Botanical Garden*, Vol. 80, pp. 1-75.
- Buitrón, X. (1999). *Ecuador: uso y comercio de plantas medicinales situación actual y aspectos importantes para su conservación*. Ecuador. Quito, Ecuador: TRAFFIC International
- Cancino, J. (2012). *Dendrometría Básica*. Disponible en http://repositorio.udec.cl/bitstream/handle/11594/407/Dendrometria_Basica.pdf?sequence=1. Consultado el 28 de noviembre del 2018.
- Cocios Vasques, G. (1996). *Correlación del crecimiento diamétrico de cinco especies forestales con la lluvia*. U.N.L., Facultad de Agronomía y Veterinaria. 20 – 50 p.

- Cuvi, N. (2009). Ciencia e imperialismo en América Latina: La misión de Chinchona y las estaciones agrícolas cooperativas (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma De Barcelona, Barcelona, España.
- Ferreira, J. (2004). *Artemisia annua* L.: The hope against Malaria and Cancer. USDA-ARS, AFSRC. Mountain State University, Beckley. 56–61pp.
- Finegan, B. (1997). Bases Ecológicas para el Manejo de Bosques Tropicales. Comunidades de bosques tropicales. CA TIE. Turrialba -Costa Rica.
- Garmendia, A. (2005). El árbol de la quina (*Cinchona* spp.), Distribución, caracterización de su hábitat y arquitectura. Loja, Ecuador: Editorial Universidad Técnica Particular de Loja.
- Hobhouse, H. (1987). *Seeds of change –Five Plants that Transformed Mankind*. Harper & Row, New York.
- Leffingwell, J. (2003). Chirality & Bioactivity.: Pharmacology. Volum 3 (1). Leffingwell & Associates. USA. 1–27pp.
- Lima, N. (2016). Procesos Biotecnológicos para la propagación in vitro de *Cinchona officinalis* L., a partir de diferentes fuentes de material vegetal. (tesis de grado). Universidad Nacional de Loja, Loja- Ecuador.
- Loján, L. (1977). Curso de Dasometria. Universidad Nacional de Loja. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Loja, Ecu. 4 – 32 p.
- Madsen, J.E., Mix, R., Balslev, H. (2002). *Flora of Puná Island: Plant resources on a Neotropical island..* Áarhus, Denmark; Áarhus University Press.

- Mahecha, G., et al. (2004). Vegetación del territorio: 450 especies de sus llanuras y montañas, Bogotá, Colombia 871.
- Martin, W., y Gándara, A. (1945). Alkaloid Content of Ecuadoran and Other American Cinchona Barks. Chicago Journal. Universidad de Chicago. Botanical Gazette, Volumen. 107, No. 2. 184-199pp.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), (2013). Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), (2015). Acuerdo N° 0125: Las normas para el manejo forestal sostenible de los bosques. Disponible en http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu162523.pdf?fbclid=IwAR0ibKcKU5AoXGVrH50R_CHn_mTM8y34bnXu-AJA_hOl_Y2HKWcAuOmVekU
- Padilla, T. (2017). Estudio fenológico y análisis de las características del suelo donde se desarrolla *Cinchona Officinalis* L. en cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja. Universidad nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- 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.
- Rodríguez, C. (2013). Estudio de Cascarilla para su Repoblación. Disponible en: <http://www.utpl.edu.ec/comunicacion/utpl-estudia-cascarilla-para-su-repoblación/>

- Sarmiento, F. (2000). Diccionario de ecología; paisajes, conservación y desarrollo sustentable para Latinoamérica. Quito. 226 p.
- Spurr, S. (1952). Forest inventory. New York: The Ronald Press Company.
- Tapia, J. (2013). Estudio de factibilidad para la producción orgánica y comercialización de Quina (*Cinchona officinalis*) en el cantón Loja. (Tesis de grado). Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.
- Ulloa, C., Jorgensen, P. (2000). Árboles y Arbustos de los Andes del Ecuador. 2da edición. Ed. Quito, Ecuador: AYALA.
- Ulloa, C. 2006. Aromas y sabores andinos. Botánica Económica de los Andes Centrales Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 319 p.
- Valencia, R., Pitman, N., León-Yáñez S., & Jorgensen, P. (2000). Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador. Herbario QCA. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Varea et al., (1997). Biodiversidad, Bioprospección y Bioseguridad. Quito, Ecuador: Abya-Yala.
- Yucta, M. (2016). Estructura y Composición Florística asociada al hábitat de crecimiento de *Cinchona officinalis* L. en la provincia de Loja. Universidad nacional de Loja, Loja, Ecuador.

9. ANEXOS

Anexo 1. Medición del DAP y altura total (HT) de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja.



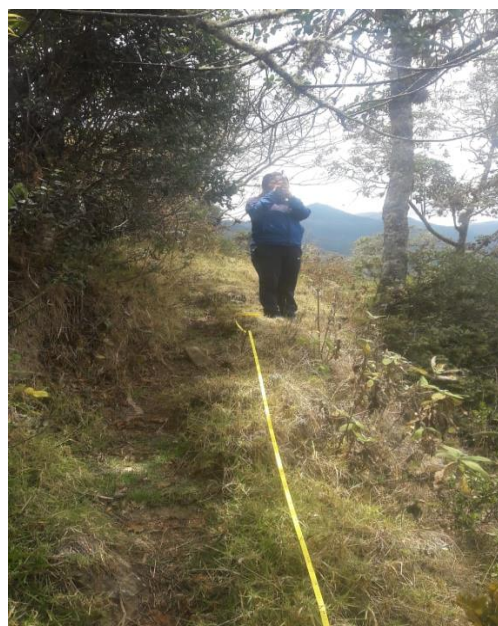
a) El Naque



b) Uritusinga



c) Zamora Huayco



d) Selva Alegre

Anexo 2. Datos recolectados en el campo del DAP y altura total (HT), y cálculo del área basal (G) y volumen (V) de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja., en el año 2018

		FECHA: 20-10-2018		Instrumentos de medida: Altura total (HT): Hipsómetro Haga. CAP: Cinta métrica												
				Medidas tomadas por: Egda. Johana Jumbo Cárdenaz												
Sector	Parcelas	Área de la parcela (m ²)	N° Árbol	Coordenadas		HT (m)	CAP* (cm)	DAP cm	DAP (m)	G (m ²)	V (m ³)	Estado Sanitario	Forma del Fuste (Torcido)	Diámetro de copa		
				Latitud	Longitud									1	2	Total
El Naque	1	1900	1	699673	9535436	2,70	11,70	3,72	0,03	0,001	0,001	4	3	2,20	1,80	2,00
			2	699674	9535434	4,70	14,70	4,68	0,04	0,001	0,003	4	1	2,50	1,30	1,90
			3	699670	9535428	7,00	15,20	4,84	0,05	0,002	0,008	1	4	3,65	1,96	2,81
			4	699671	9535427	8,00	24,40	7,77	0,06	0,003	0,016	2	4	3,00	1,74	2,37
			5	699667	9535422	8,80	21,00	6,68	0,06	0,003	0,018	2	4	6,00	3,00	4,50
			6	699664	9535416	7,40	31,10	9,90	0,10	0,007	0,035	2	4	3,00	3,80	3,40
			7	699666	9535415	7,20	25,60	8,15	0,08	0,005	0,023	2	3	4,00	4,67	4,34
			8	699655	9535423	8,50	34,28	10,91	0,10	0,008	0,046	2	3	7,80	5,93	6,87
			9	699662	9535424	9,00	31,50	10,03	0,10	0,007	0,046	2	4	5,00	2,50	3,75
			10	699667	9535426	3,70	15,82	5,04	0,04	0,001	0,003	2	4	2,50	2,75	2,63
			11	699668	9535426	5,50	23,60	7,51	0,07	0,004	0,013	2	4	2,00	2,43	2,22
			12	699663	9535435	7,20	32,52	10,35	0,10	0,008	0,039	2	4	5,00	3,00	4,00
			13	699664	9535432	3,00	14,40	4,58	0,04	0,001	0,003	2	3	2,00	2,65	2,33
			14	699658	9535433	7,30	28,20	8,98	0,09	0,006	0,031	4	3	3,50	3,45	3,48
			15	699648	9535417	9,10	25,50	8,12	0,08	0,005	0,030	2	4	4,36	3,56	3,96
			16	699650	9535413	7,50	25,70	8,18	0,08	0,005	0,023	2	3	3,47	4,88	4,18
			17	699638	9535415	6,80	30,20	9,61	0,09	0,007	0,030	3	4	6,32	2,75	4,54

Uritusinga			18	699639	9535413	8,00	37,80	12,03	0,11	0,010	0,054	2	4	4,23	4,78	4,51	
			19	699648	9535410	4,10	17,30	5,51	0,05	0,002	0,005	2	4	2,67	4,90	3,79	
			20	699651	9535403	7,20	37,40	11,90	0,11	0,010	0,053	2	3	5,20	5,67	5,44	
			21	699650	9535420	4,80	26,80	8,53	0,08	0,005	0,014	3	3	3,20	5,00	4,10	
			22	699651	9535420	4,70	15,30	4,87	0,05	0,002	0,005	3	3	1,35	1,64	1,50	
			23	699652	9535433	6,50	18,40	5,86	0,05	0,002	0,008	2	4	2,00	2,30	2,15	
			24	699652	9535412	8,50	28,30	9,01	0,08	0,005	0,029	2	4	5,60	3,00	4,30	
		1	400	1	692423	9547308	8,40	29,40	9,36	0,09	0,007	0,040	2	4	3,00	2,56	2,40
				2	692429	9547305	4,00	19,40	6,18	0,06	0,003	0,008	2	4	2,57	2,00	2,05
				3	692429	9547305	8,70	34,50	10,98	0,11	0,009	0,058	2	4	4,5	3,10	3,70
				4	692426	9547302	5,80	16,20	5,16	0,05	0,002	0,008	2	4	2,75	2,00	2,30
				5	692429	9547293	8,80	28,75	9,15	0,09	0,007	0,041	2	4	4,80	3,88	3,95
				6	692426	9547293	5,60	21,50	6,84	0,07	0,004	0,014	3	3	3,54	3,70	3,25
		2	10000	1	692389	9547348	4,50	15,30	4,87	0,05	0,002	0,006	2	4	1,00	1,50	1,20
				2	692389	9547348	3,60	15,86	5,05	0,05	0,002	0,005	2	3	3,00	2,45	2,40
				3	692393	9547341	5,80	15,63	4,98	0,05	0,002	0,008	2	3	4,00	2,15	2,83
				4	692294	9547340	5,40	27,50	8,75	0,09	0,006	0,023	2	4	3,50	3,00	2,90
				5	692402	9547330	5,00	19,80	6,30	0,06	0,003	0,011	3	4	1,50	1,35	1,05
				6	692408	9547327	6,70	20,50	6,53	0,07	0,003	0,016	2	4	2,00	2,68	2,20
				7	692386	9547345	4,40	11,46	3,65	0,04	0,001	0,003	2	4	3,00	2,60	2,43
				8	692392	9547324	5,50	21,80	6,94	0,07	0,004	0,015	3	3	2,76	3,20	2,60
		3	400	1	692352	9547373	4,70	12,90	4,11	0,04	0,001	0,004	3	4	2,50	2,47	2,20
				2	692352	9547373	3,50	11,35	3,61	0,04	0,001	0,003	3	4	1,50	1,8	1,35
				3	692355	9547376	4,70	15,80	5,03	0,05	0,002	0,007	2	3	2,65	2,30	2,45
4	692359			9547376	5,70	13,30	4,23	0,04	0,001	0,006	3	4	3,20	2,60	2,75		
5	692359			9547376	5,20	11,85	3,77	0,04	0,001	0,004	2	4	3,78	2,30	2,88		

			6	692359	9547370	4,70	10,30	3,28	0,03	0,001	0,003	2	4	2,60	2,00	2,28
			7	692359	9547370	4,90	14,80	4,71	0,05	0,002	0,006	3	4	3,00	3,75	2,95
			8	692368	9547370	3,70	10,76	3,43	0,03	0,001	0,002	2	4	2,80	2,50	2,60
Zamora Huayco	1	400	1	702477	9553411	3,00	15,20	4,84	0,05	0,002	0,004	2	4	2,7	1,8	2,25
			2	702471	9553424	5,00	38,90	12,38	0,12	0,012	0,042	2	4	2,5	3,4	2,95
			3	702471	9553424	4,50	40,10	12,76	0,13	0,013	0,040	2	4	1,5	2	1,75
			4	702468	9553427	3,90	25,50	8,12	0,08	0,005	0,014	2	4	2,3	1,4	1,85
			5	702157	9553428	3,70	12,40	3,95	0,04	0,001	0,003	2	4	2	2,4	2,2
			6	702462	9553424	3,00	10,20	3,25	0,03	0,001	0,002	2	4	1	1,5	1,25
			7	702462	9553421	3,20	12,30	3,92	0,04	0,001	0,003	2	4	1,2	1,7	1,45
			8	702462	9553418	3,00	14,30	4,55	0,05	0,002	0,003	2	4	2,6	1,7	2,15
			9	702468	9553415	3,50	20,60	6,56	0,07	0,003	0,008	2	3	2	1,5	1,75
			10	702471	9553418	2,40	25,20	8,02	0,08	0,005	0,008	2	4	1	1,22	1,11
			11	702468	9553421	3,60	33,40	10,63	0,11	0,009	0,022	3	4	2,4	1,5	1,95
			12	702423	9534989	4,50	22,70	7,23	0,07	0,004	0,013	3	3	1,8	3	2,4
	2	10000	1	702462	9553316	5,40	26,40	8,40	0,08	0,006	0,021	3	3	1,8	1,7	1,75
			2	702397	9553316	5,00	29,50	9,39	0,09	0,007	0,024	2	3	1,3	2	1,65
			3	702397	9553316	4,20	31,30	9,96	0,1	0,008	0,023	2	3	1,5	4,3	2,9
			4	702462	9553359	3,00	11,20	3,57	0,04	0,001	0,002	3	3	1,6	1,3	1,45
			5	702462	9553356	3,20	22,40	7,13	0,07	0,004	0,009	3	3	1,82	2,7	2,26
			6	702480	9553362	4,00	16,30	5,19	0,05	0,002	0,006	3	4	2	2,7	2,35
			7	702474	9553359	2,80	12,50	3,98	0,04	0,001	0,002	2	4	1,4	3	2,2
			8	702542	9553405	3,20	14,80	4,71	0,05	0,002	0,004	3	4	2,1	1,84	1,97
			9	702518	9553393	2,60	19,10	6,08	0,06	0,003	0,005	3	4	2	1,35	1,675
			10	702493	9553362	4,70	23,70	7,54	0,08	0,004	0,015	3	3	1,44	2,94	2,19
			11	702471	9553347	5,00	22,30	7,10	0,07	0,004	0,014	3	4	1,5	1,45	1,475

			12	702471	9553378	4,50	25,50	8,12	0,08	0,005	0,016	2	3	2	2,5	2,25	
			13	700246	9553421	4,40	24,00	7,64	0,08	0,005	0,014	3	3	1,5	2	1,75	
Selva Alegre	1	6400	1	681551	9607781	7,30	71,70	22,82	0,23	0,041	0,209	2	4	6,60	6,40	6,50	
			2	681551	9607767	7,00	67,20	21,39	0,21	0,036	0,176	2	4	6,00	5,70	5,85	
			3	681543	9607756	7,10	74,00	23,55	0,24	0,044	0,217	2	4	5,20	8,20	6,70	
			4	681539	9607763	7,20	40,10	12,76	0,13	0,013	0,067	2	4	3,22	3,00	3,11	
			5	681539	9607745	6,70	50,30	16,01	0,16	0,020	0,094	2	4	5,30	3,52	4,41	
			6	681544	9607737	6,50	53,10	16,90	0,17	0,022	0,102	2	4	5,22	6,40	5,81	
			7	681535	9607739	6,00	54,30	17,28	0,17	0,023	0,099	2	4	8,00	7,45	7,73	
			8	681535	9607739	10,30	55,20	17,57	0,18	0,024	0,175	2	4	7,85	7,40	7,63	
			9	681528	9607745	4,00	38,00	12,10	0,12	0,011	0,032	3	3	4,25	5,00	4,63	
			10	681528	9607747	3,50	26,30	8,37	0,08	0,006	0,013	3	2	4,34	2,63	3,49	
			11	681525	9607747	6,40	32,20	10,25	0,10	0,008	0,037	3	3	5,73	3,24	4,49	
			12	681535	9607767	6,60	44,20	14,07	0,14	0,016	0,072	2	4	5,65	4,72	5,19	
			13	681539	9607775	5,70	19,50	6,21	0,06	0,003	0,012	3	3	5,50	4,40	4,95	
			14	681540	9607775	4,00	21,20	6,75	0,07	0,004	0,010	2	4	3,32	0,00	1,66	
			15	681541	9607779	4,20	36,00	11,46	0,11	0,010	0,030	2	4	3,40	0,00	1,70	
			16	681535	9607779	11,50	45,40	14,45	0,14	0,016	0,132	2	4	5,23	5,22	5,23	
			17	681541	9607790	7,10	50,00	15,92	0,16	0,020	0,099	2	4	4,35	5,42	4,89	
			18	681545	9607807	3,00	16,20	5,16	0,05	0,002	0,004	2	4	2,26	2,64	2,45	
		2	400	1	681596	9607816	6,80	52,00	16,55	0,17	0,022	0,102	3	4	3,50	5,71	4,61
	2			681596	9607815	6,40	46,70	14,87	0,15	0,017	0,078	3	4	3,20	3,56	3,38	
3	681584			9607811	7,40	44,00	14,01	0,14	0,015	0,080	3	4	5,42	6,00	5,71		
4	681592			9607823	6,10	43,30	13,78	0,14	0,015	0,064	4	4	4,53	3,74	4,14		
5	681595			9607823	7,60	34,00	10,82	0,11	0,009	0,049	4	4	6,44	5,40	5,92		
6	681595			9607825	4,00	26,40	8,40	0,08	0,006	0,016	4	4	3,12	3,30	3,21		

			7	681595	9607826	3,80	19,00	6,05	0,06	0,003	0,007	4	4	2,16	2,53	2,35
			8	681598	9607828	7,25	47,60	15,15	0,15	0,018	0,092	1	1	5,82	4,72	5,27

Anexo 3. Datos de las variables dasométricas de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja, durante el periodo 2015- 2018.

Instrumentos de medida: Altura total (HT): Hipsómetro Haga. CAP: Cinta métrica															
Datos				17/06/2015				01/08/2016				20/10/2018			
Sector	Parcelas	Área de la parcela (m ²)	N° Ár-bol	HT (m)	DAP (m)	G (m ²)	V (m ³)	HT (m)	DAP (m)	G (m ²)	V (m ³)	HT (m)	DAP (m)	G (m ²)	V (m ³)
El Naque	1	1900	1	2,2	0,03	0,001	0,001	2,40	0,03	0,001	0,001	2,70	0,04	0,001	0,002
			2	4,1	0,03	0,001	0,003	4,50	0,04	0,001	0,003	4,70	0,05	0,002	0,006
			3	6,5	0,05	0,002	0,008	6,60	0,05	0,002	0,008	7,00	0,05	0,002	0,009
			4	7,5	0,06	0,003	0,016	7,70	0,06	0,003	0,016	8,00	0,08	0,005	0,027
			5	8,1	0,06	0,003	0,017	8,50	0,06	0,003	0,018	8,80	0,07	0,004	0,022
			6	6,8	0,09	0,007	0,034	7,00	0,10	0,007	0,035	7,40	0,10	0,008	0,040
			7	6,5	0,08	0,005	0,022	6,80	0,08	0,005	0,023	7,20	0,08	0,005	0,026
			8	8,0	0,10	0,008	0,044	8,20	0,10	0,008	0,046	8,50	0,11	0,009	0,056
			9	8,6	0,10	0,007	0,044	8,80	0,10	0,007	0,046	9,00	0,10	0,008	0,050
			10	3,3	0,04	0,001	0,003	3,40	0,04	0,001	0,003	3,70	0,05	0,002	0,005
			11	5,1	0,07	0,003	0,012	5,20	0,07	0,004	0,013	5,50	0,08	0,004	0,017
			12	6,6	0,10	0,008	0,037	6,80	0,10	0,008	0,039	7,20	0,10	0,008	0,042
			13	2,6	0,04	0,001	0,003	2,70	0,04	0,001	0,003	3,00	0,05	0,002	0,003
			14	6,9	0,09	0,006	0,030	7,10	0,09	0,006	0,031	7,30	0,09	0,006	0,032
			15	8,8	0,08	0,005	0,029	8,90	0,08	0,005	0,030	9,10	0,08	0,005	0,033
			16	7,0	0,07	0,004	0,021	7,20	0,08	0,005	0,023	7,50	0,08	0,005	0,028
			17	6,2	0,09	0,006	0,027	6,50	0,09	0,007	0,030	6,80	0,10	0,007	0,035

Uritusinga			18	7,6	0,11	0,010	0,052	7,70	0,11	0,010	0,054	8,00	0,12	0,011	0,064
			19	3,7	0,05	0,002	0,004	3,80	0,05	0,002	0,005	4,10	0,06	0,002	0,007
			20	6,8	0,11	0,009	0,043	7,90	0,11	0,010	0,053	7,20	0,12	0,011	0,064
			21	4,5	0,08	0,004	0,014	4,50	0,08	0,005	0,014	4,80	0,09	0,006	0,019
			22	4,2	0,05	0,002	0,005	4,50	0,05	0,002	0,005	4,70	0,05	0,002	0,006
			23	6,1	0,05	0,002	0,008	6,20	0,05	0,002	0,008	6,50	0,06	0,003	0,012
			24	8,2	0,08	0,005	0,029	8,20	0,08	0,005	0,029	8,50	0,09	0,006	0,038
	1	400	1	8	0,09	0,006	0,033	8,10	0,09	0,006	0,035	8,40	0,09	0,007	0,040
			2	3,3	0,05	0,002	0,005	3,70	0,06	0,003	0,007	4,00	0,06	0,003	0,008
			3	8,0	0,10	0,008	0,045	8,40	0,10	0,008	0,048	8,70	0,11	0,009	0,058
			4	5,5	0,04	0,001	0,006	5,60	0,04	0,001	0,006	5,80	0,05	0,002	0,008
			5	8,0	0,08	0,005	0,030	8,40	0,08	0,005	0,032	8,80	0,09	0,007	0,041
			6	5,0	0,06	0,003	0,009	5,30	0,06	0,003	0,010	5,60	0,07	0,004	0,014
	2	10000	1	4,0	0,05	0,002	0,005	4,20	0,05	0,002	0,005	4,50	0,05	0,002	0,006
			2	3,0	0,05	0,002	0,003	3,30	0,05	0,002	0,004	3,60	0,05	0,002	0,005
			3	5,0	0,04	0,001	0,005	5,40	0,04	0,001	0,005	5,80	0,05	0,002	0,008
			4	5,0	0,09	0,006	0,020	5,10	0,09	0,006	0,021	5,40	0,09	0,006	0,023
			5	4,5	0,06	0,003	0,009	4,60	0,06	0,003	0,010	5,00	0,06	0,003	0,011
			6	6,0	0,06	0,003	0,012	6,30	0,06	0,003	0,013	6,70	0,07	0,003	0,016
			7	4,0	0,04	0,001	0,003	4,00	0,04	0,001	0,003	4,40	0,04	0,001	0,003
			8	5,0	0,06	0,003	0,011	5,00	0,06	0,003	0,011	5,50	0,07	0,004	0,015
	3	400	1	4,5	0,04	0,001	0,003	4,50	0,04	0,001	0,003	4,70	0,04	0,001	0,004
			2	3,1	0,03	0,001	0,001	3,30	0,03	0,001	0,001	3,50	0,04	0,001	0,003
			3	3,9	0,04	0,001	0,003	4,50	0,04	0,001	0,004	4,70	0,05	0,002	0,007
4			5,0	0,03	0,001	0,003	5,60	0,03	0,001	0,003	5,70	0,04	0,001	0,006	
5			4,7	0,03	0,001	0,002	5,00	0,03	0,001	0,002	5,20	0,04	0,001	0,004	


			6	4,3	0,03	0,001	0,002	4,50	0,03	0,001	0,002	4,70	0,03	0,001	0,003
			7	4,5	0,04	0,001	0,004	4,60	0,04	0,001	0,005	4,90	0,05	0,002	0,006
			8	3,1	0,03	0,001	0,001	3,40	0,03	0,001	0,001	3,70	0,03	0,001	0,002
Zamora Huayco	1	400	1	2,4	0,04	0,00	0,002	2,69	0,04	0,001	0,003	3,00	0,05	0,002	0,004
			2	4,1	0,12	0,01	0,032	4,20	0,12	0,011	0,033	5,00	0,12	0,012	0,042
			3	3,8	0,12	0,01	0,032	4,00	0,13	0,012	0,035	4,50	0,13	0,013	0,040
			4	3,4	0,08	0,00	0,011	3,60	0,08	0,005	0,012	3,90	0,08	0,005	0,014
			5	2,7	0,04	0,00	0,002	3,00	0,04	0,001	0,002	3,70	0,04	0,001	0,003
			6	2,3	0,03	0,00	0,001	2,50	0,03	0,001	0,001	3,00	0,03	0,001	0,002
			7	2,6	0,03	0,00	0,001	2,80	0,03	0,001	0,002	3,20	0,04	0,001	0,003
			8	2,0	0,03	0,00	0,001	2,40	0,03	0,001	0,002	3,00	0,05	0,002	0,003
			9	3,1	0,06	0,00	0,005	3,30	0,06	0,002	0,006	3,50	0,07	0,003	0,008
			10	1,8	0,07	0,00	0,005	2,00	0,07	0,004	0,005	2,40	0,08	0,005	0,008
			11	3,0	0,09	0,01	0,014	3,10	0,09	0,007	0,015	3,60	0,11	0,009	0,022
			12	4,0	0,06	0,00	0,008	4,20	0,06	0,003	0,009	4,50	0,07	0,004	0,013
	2	10000	1	4,8	0,07	0,00	0,015	4,90	0,08	0,004	0,015	5,40	0,08	0,006	0,021
			2	4,0	0,08	0,01	0,015	4,20	0,08	0,006	0,016	5,00	0,09	0,007	0,024
			3	3,6	0,08	0,01	0,014	3,80	0,09	0,006	0,015	4,20	0,10	0,008	0,023
			4	2,2	0,03	0,00	0,001	2,50	0,03	0,001	0,001	3,00	0,04	0,001	0,002
			5	2,8	0,06	0,00	0,006	2,90	0,06	0,003	0,006	3,20	0,07	0,004	0,009
			6	3,3	0,04	0,00	0,003	3,50	0,04	0,001	0,003	4,00	0,05	0,002	0,006
			7	2,2	0,03	0,00	0,001	2,40	0,03	0,001	0,001	2,80	0,04	0,001	0,002
			8	2,8	0,03	0,00	0,002	2,90	0,03	0,001	0,002	3,20	0,05	0,002	0,004
			9	2,2	0,05	0,00	0,003	2,30	0,05	0,002	0,003	2,60	0,06	0,003	0,005
			10	4,1	0,07	0,00	0,010	4,30	0,07	0,003	0,010	4,70	0,08	0,004	0,015
			11	4,7	0,06	0,00	0,008	4,80	0,06	0,002	0,008	5,00	0,07	0,004	0,014

			12	4,0	0,07	0,00	0,011	4,20	0,07	0,004	0,012	4,50	0,08	0,005	0,016
			13	3,8	0,07	0,00	0,010	4,00	0,07	0,004	0,010	4,40	0,08	0,005	0,014
Selva Alegre	1	6400	1	6,9	0,23	0,04	0,194	7,00	0,23	0,040	0,197	7,30	0,23	0,04	0,21
			2	6,6	0,20	0,03	0,151	6,70	0,21	0,034	0,158	7,00	0,21	0,04	0,18
			3	6,6	0,23	0,04	0,191	6,70	0,23	0,042	0,196	7,10	0,24	0,04	0,22
			4	5,7	0,12	0,01	0,046	7,00	0,12	0,012	0,058	7,20	0,13	0,01	0,07
			5	6,4	0,15	0,02	0,082	6,42	0,15	0,018	0,083	6,70	0,16	0,02	0,09
			6	6,1	0,16	0,02	0,088	6,10	0,16	0,021	0,090	6,50	0,17	0,02	0,10
			7	5,7	0,17	0,02	0,086	5,75	0,17	0,022	0,087	6,00	0,17	0,02	0,10
			8	9,8	0,17	0,02	0,153	9,90	0,17	0,023	0,156	10,30	0,18	0,02	0,17
			9	3,6	0,11	0,01	0,025	3,65	0,11	0,010	0,025	4,00	0,12	0,01	0,03
			10	3,3	0,07	0,00	0,010	3,35	0,08	0,005	0,011	3,50	0,08	0,01	0,01
			11	6,0	0,09	0,01	0,027	6,00	0,09	0,007	0,028	6,40	0,10	0,01	0,04
			12	6,2	0,13	0,01	0,061	6,20	0,14	0,014	0,062	6,60	0,14	0,02	0,07
			13	5,2	0,05	0,00	0,008	5,25	0,06	0,003	0,009	5,70	0,06	0,00	0,01
			14	3,6	0,06	0,00	0,006	3,70	0,06	0,003	0,007	4,00	0,07	0,00	0,01
			15	3,8	0,10	0,01	0,022	3,85	0,11	0,009	0,023	4,20	0,11	0,01	0,03
			16	11,2	0,14	0,01	0,115	11,25	0,14	0,015	0,119	11,50	0,14	0,02	0,13
			17	6,4	0,15	0,02	0,079	6,45	0,15	0,018	0,081	7,10	0,16	0,02	0,10
			18	2,3	0,04	0,00	0,002	2,35	0,05	0,002	0,003	3,00	0,05	0,00	0,00
	2	400	1	6,5	0,15	0,02	0,083	6,53	0,16	0,019	0,087	6,80	0,17	0,02	0,10
2			6,0	0,14	0,01	0,062	6,00	0,14	0,015	0,065	6,40	0,15	0,02	0,08	
3			7,0	0,13	0,01	0,062	7,05	0,14	0,014	0,071	7,40	0,14	0,02	0,08	
4			5,7	0,13	0,01	0,051	5,70	0,13	0,013	0,052	6,10	0,14	0,01	0,06	
5			7,3	0,10	0,01	0,038	7,35	0,10	0,008	0,039	7,60	0,11	0,01	0,05	
6			3,6	0,08	0,00	0,012	3,60	0,08	0,005	0,012	4,00	0,08	0,01	0,02	

			7	3,6	0,05	0,00	0,005	3,60	0,06	0,002	0,006	3,80	0,06	0,00	0,01
			8	7,2	0,14	0,02	0,078	7,25	0,14	0,016	0,082	7,25	0,15	0,02	0,09

Fuente: Proyecto Cinchona UNL 2016-2017 y Johana Jumbo

Anexo 4. Presentación del Poster sobre el tema de tesis, en la semana del Estudiante de la Carrera de Ingeniería Forestal, desarrollada del 11 al 15 de enero del 2019, en el Hall de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, de la Universidad Nacional de Loja.

"Evaluación del crecimiento de *Cinchona officinalis* L., en cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja, en el periodo 2015-2018"

Autores: ¹Johana Alexandra Jumbo Cárdenas, ²Victor Hugo Eras Guzmán, Mg. Sc., ³José Antonio Merano Jerrano, Ph. D., ⁴Magaly Yaguana Arceola, ⁵Ruth Poma Angamarca.

1. Introducción

Ecuador es considerado como un país megadiverso, debido a su riqueza ambiental y ecológica, condiciones únicas y especiales que sirven para el desarrollo de las diversas especies que posee. En la Región Sur del Ecuador y en la Provincia de Loja, existe una gran variedad de especies vegetales, que desde la época colonial se caracterizaron por su uso medicinal, en particular es el caso de *Cinchona officinalis* L., la cual fue explotada para extraer el alcaloide quinina durante los siglos XVIII-XIX, por lo que se considera importante rescatar el uso potencial de esta especie mediante estudios a mediano y largo plazo. Bajo esta perspectiva, y con el ánimo de aportar a la conservación y restauración de *Cinchona officinalis* L., se realizó la presente investigación, con el fin de contribuir a la generación de información básica sobre la dinámica de crecimiento de *Cinchona officinalis* L., a través de la evaluación del DAP y Área basal en cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja.

2. Metodología

La investigación se realizó en cuatro relictos boscosos de *Cinchona officinalis* L., en la provincia de Loja: El Nague y Zamora Huayco y Selva Alegre ubicado en el cantón Saraguro; los mismos que fueron identificados con anterioridad dentro del proyecto de investigación marco: "Identificación y descripción del estado actual de *Cinchona officinalis* L., en la provincia de Loja y generación de protocolos para la propagación in vivo e in vitro", que se viene desarrollando en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la UNL.



Figura 1. Mapa de ubicación de los sitios de estudio.

2.1. Medición del DAP y la HT de los árboles en los cuatro relictos boscosos.

Para determinar el DAP de los árboles de *Cinchona officinalis* L. en los parcelas de los cuatro relictos boscosos, se utilizó la cinta métrica, y en el caso de la altura se utilizó el plomómetro de hoga. Para la toma de datos se utilizó una hoja de campo con la descripción de especies morfológicas, forma de fuste, diámetro de copa, altura total, características a la altura del pecho (DAP) y estado fisiológico del árbol.

2.2. Cálculo del área basal (ab) y del volumen (v)

Con los datos obtenidos a partir de la medición de campo se procedió al cálculo del área basal y del volumen, por medio de las siguientes fórmulas:

Área basal: $G = 0.7854 \times DAP^2$

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

Para el cálculo del volumen se utilizó un factor de forma (f) de 0.70 correspondiente a la especie *Cinchona officinalis* L.

2.3. Análisis y procesamiento estadísticos de los datos

A partir de los datos obtenidos de la especie, se calculó los valores promedio de cada sitio y luego fueron analizados estadísticamente mediante pruebas de comparación múltiple, con el fin de evaluar las diferencias significativas del crecimiento entre los cuatro sitios considerados para el estudio. Para este análisis se utilizó un nivel de significancia de alpha 0.05.

Los análisis se realizaron mediante el uso del software Info Stat.

3. Resultados

3.1. Determinación de las Variables de las variables de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos.

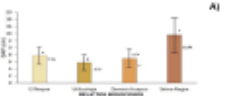
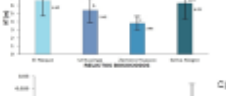
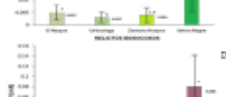





Figura 2. A, B, C y D: Valores promedio (desviación estándar) por las variables descriptivas de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja, en el año 2018, entre diferentes sitios diferentes significativos entre los valores promedio de los grupos (Tukey-Kramer p<0.05).

4. Conclusiones

- Los valores promedio de las variables descriptivas de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro sitios de estudio, presentaron diferencias significativas.
- En el sitio Selva Alegre, se presentó una gran diferencia de los valores de cada una de las variables descriptivas, en comparación con los otros tres sitios de estudio.

5. Referencias Bibliográficas

Acosta Solís, M. (1947). *Cinchonas del Ecuador*. Quito, Ecuador: Editorial del Ecuador.

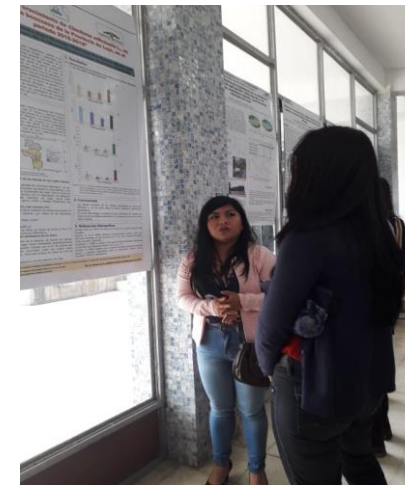
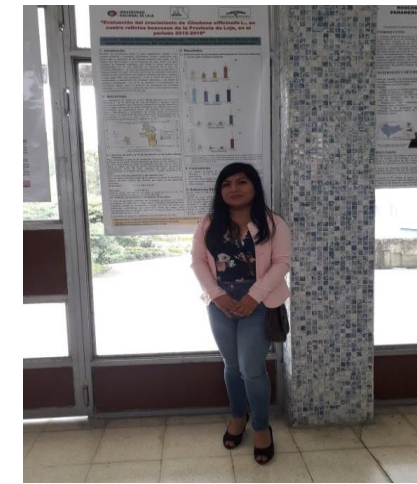
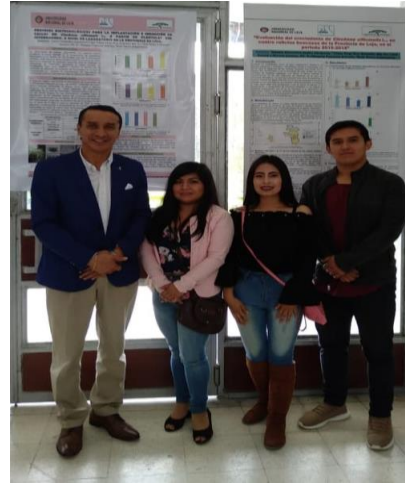
Aguiar, Z. et al. (2012). *Botánica Agropecuaria: estudios sobre los recursos naturales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora-Chinipe*. Quito, Ecuador: Abya-Yala.

Anderson, L. (1986). A revision of the genus *Cinchona* (Rubiaceae). *Memories of the New York Botanical Garden*, Vol. 82, pp. 1-75.

Bulson, X. (1999). *Cinchoro: uso y comercio de plantas medicinales: situación actual y aspectos importantes para su conservación*. Ecuador, Quito, Ecuador: TRAPPIC Internacional.

Tercera Feria Científica de la Universidad Nacional de Loja, 11 de enero del 2019, 10:00 am.

"En las travesías de la sabiduría está la plenitud de la vida"



1. INTRODUCCIÓN

Ecuador es considerado como un país megadiverso, debido a su riqueza ambiental y ecológica, condiciones únicas y esenciales que sirven para el desarrollo de las diversas especies que posee. En la Región Sur del Ecuador y en la Provincia de Loja, existe una gran variedad de especies vegetales, que desde la época colonial se caracterizaron por su uso medicinal; en particular es el caso de *Cinchona officinalis* L., la cual fue explotada para curar el paludismo o malaria durante los siglos XVII-XIX, por lo que se considera importante rescatar el uso potencial de esta especie mediante estudios a mediano y largo plazo.

Bajo esta perspectiva, y con el ánimo de aportar a la conservación y restauración de *Cinchona officinalis* L., se realizó la presente investigación, con el fin de contribuir a la generación de información básica sobre la dinámica de crecimiento de *Cinchona officinalis* L., a través de la evaluación del DAP y Altura total en cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja.

1.1. OBJETIVOS

General

Contribuir a la generación de información básica sobre la dinámica de crecimiento de *Cinchona officinalis* L., a través de la evaluación del DAP y la altura total, en cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja.

Específicos

- Determinar las variables dasométricas: Diámetro a la altura del pecho (DAP), Altura total (HT), área basal (G) y volumen (V), de la especie *Cinchona officinalis* L., en cuatro relictos de la Provincia de Loja.
- Evaluar el crecimiento de *Cinchona officinalis* L., a través de la medición del DAP, HT, G y V, en cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja, en el periodo 2015-2018.
- Difundir los resultados de la investigación a los actores sociales interesados, para su conocimiento e información.

2. METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del área de estudio.

La investigación se realizó en cuatro relictos boscosos de *Cinchona officinalis* L., en la provincia de Loja: El Naque y Zamora Huayco ubicados en el cantón Loja, Uritusinga ubicado en el cantón Catamayo y Selva Alegre ubicado en el cantón Saraguro; los mismos que fueron identificados con anterioridad dentro del proyecto de investigación marco: "Identificación y descripción del estado actual de *Cinchona officinalis* L., en la provincia de Loja y generación de protocolos para la propagación *in vivo* e *in vitro*", que se viene desarrollando en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la UNL.

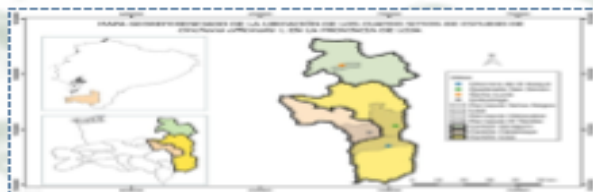


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.

Fuente: Archivo del proyecto Cinchona-UNL-2015-2018

2.2 Medición del DAP y la HT de los árboles en los cuatro relictos boscosos.

Para determinar el DAP de los árboles de *Cinchona officinalis* L. en las parcelas de los cuatro relictos boscosos, se utilizó la cinta métrica; y, en el caso de la altura se utilizó el hipsómetro de haga. Para la toma de datos se utilizó una hoja de campo con la descripción de aspectos morfológicos: forma de fuste, diámetro de copa, altura total, circunferencia a la altura del pecho (CAP) y estado fitosanitario del árbol.

2.3. Cálculo del área basal (m²) y del volumen (m³)

Con los datos obtenidos a partir de la medición de campo se procedió al cálculo del área basal y del volumen, por medio de las siguientes formulas:

Área basal: $G = 0,7854 \times \pi \times \text{DAP}^2$

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

Para el cálculo del volumen se utilizó un factor de forma (f) de 0.70 correspondiente a la especie *Cinchona officinalis* L.

2.4. Cálculo de los diferentes tipos de crecimiento

Se calculó los tipos de crecimiento de la especie, en función de: D_{t,30m}, HT, G y V, considerando la base de datos de las evaluaciones realizadas en los años 2015 y 2016, y las que se realizó en el 2018; además, se utilizó las formulas planteadas por Quezada *et al.*, (2012).

2.4.1. Crecimiento o incremento periódico

Para el cálculo de este tipo de crecimiento se utilizó las formulas planteadas por Quezada *et al* (2012), para lo cual se consideró las evaluaciones del periodo 2015-2018 para cada variable en cada sitio de estudio.

Crecimiento P. en diámetro (cm)

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

Crecimiento P. en altura (m)

$$Cr.P.H = Hf - Hi$$

Crecimiento P. en área basal (m²)

$$Cr.P.G = Gf - Gi$$

Crecimiento P. en volumen (m³)

$$Cr.P.V = Vf - Vi$$

2.4.2. Crecimiento o incremento periódico anual

Para el cálculo del IPA se utilizó las formulas planteadas por Quezada *et al* (2012), considerando las evaluaciones de los años 2015, 2016, y 2018, para cada variable en cada relicto boscoso.

IPA del DAP (cm/año)

$$IPA(D) = \frac{Df - Di}{t}$$

IPA de la HT (m/año)

$$IPA(h) = \frac{Hf - Hi}{t}$$

IPA del G (m²/año)

$$IPA(G) = \frac{Gf - Gi}{t}$$

IPA del V (m³/año)

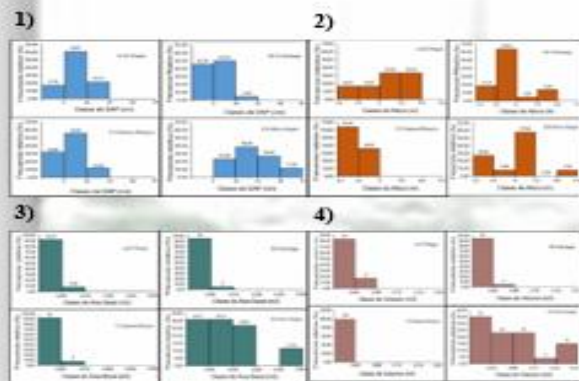
$$I.m.a.V = \frac{V}{t}$$

2.4.3. Crecimiento o incremento periódico anual, por hectárea y por año.

Para determinar el IPA/ha/año para cada variable dasométrica (DAP, HT, G, V), se procedió a relacionar el IPA de cada variable, con la superficie de la parcela expresada en m², para cada sitio.

3. RESULTADOS

3.1. Determinación de las Variables dasométricas de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos



Figuras 1, 2, 3, 4. Histograma de clases por variable dasométrica de los árboles de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja, en el año 2018: (A) El Naque; (B) Uritusinga; (C) Zamora Huayco; (D) Selva Alegre.

3.2. Crecimiento o incremento de las variables dasométricas en el periodo 2015-2018

Tabla 1. Valores promedio del crecimiento o incremento de las variables dasométricas, por relicto boscoso

	Crecimiento o incremento			
	DAP	HT	G	V
	(cm)	(m)	(m ²)	(m ³)
El Naque	0,710	0,538	0,0008	0,006
Uritusinga	0,655	0,541	0,0006	0,003
Zamora H.	0,984	0,626	0,0010	0,004
Selva A.	0,923	0,433	0,0018	0,013

3.3. Crecimiento o incremento periódico anual de las variables dasométricas en el periodo 2015-2018

Tabla 2. Valores promedio del incremento periódico anual por relicto boscoso.

	Incremento periódico anual			
	DAP	HT	G	V
	(cm/año)	(m/año)	(m ² /año)	(m ³ /año)
El Naque	0,177	0,134	0,00020	0,0014
Uritusinga	0,164	0,135	0,00014	0,0008
Zamora H.	0,246	0,157	0,00025	0,0011
Selva A.	0,231	0,108	0,00045	0,0032

3.4. Crecimiento o incremento periódico anual, por hectárea y por año en el periodo 2015-2018

Tabla 3. Valores promedio del incremento periódico anual por hectárea y por año, en cada relicto boscoso.

	Incremento periódico anual/ha/año			
	DAP	HT	G	V
	cm/ha/año	m/ha/año	m ² /ha/año	m ³ /ha/año
El Naque	0,934	0,707	0,0011	0,0075
Uritusinga	0,455	0,376	0,0004	0,0023
Zamora	0,473	0,301	0,0005	0,0021
Selva A.	0,679	0,318	0,0013	0,0094

4. CONCLUSIONES

- La distribución de frecuencias de las variables dasométricas, mostró que Selva Alegre, es el único relicto que presenta individuos adultos de *Cinchona officinalis* L., con mayor DAP, altura total, área basal y volumen, en relación a los otros sitios, quienes poseen individuos más jóvenes
- El Incremento periódico anual por hectárea y por año de las variables dasométricas presentó su mayor crecimiento en El Naque con un DAP de 0,934 cm/ha/año y una altura total de 0,707 m/ha/año, y Selva Alegre con un área basal con 0,0013 m²/ha/año y un volumen de 0,0094 m³/ha/año



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL
Laboratorio de Micropropagación Vegetal

Título:

“Evaluación del crecimiento de *Cinchona officinalis* L., en cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja, en el periodo: 2015-2018”

RESPONSABLE: Edga Johana A. Jumbo Cardenas

DIRECTOR: Ing. For. Víctor Hugo Eras Guzmán Mg.Sc.



Loja – Ecuador

2019

Anexo 6. Folleto técnico, para difusión de resultados de la investigación.



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE LOJA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL
LABORATORIO DE MICROPROPAGACIÓN VEGETAL

“Evaluación del Crecimiento de *Cinchona officinalis* L., en cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja, durante el periodo 2015-2018”



Responsables:

Johana Alexandra Jumbo Cardenas
Victor Hugo Eras Guamán

Loja – Ecuador
2019

Índice

Contenido	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	4
2. METODOLOGÍA	4
1.2. Metodología para determinar las variables dasométricas (DAP, HT, G Y V) de <i>Cinchona officinalis</i> L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja.....	5
2.2.1. Medición del DAP y la HT de los árboles en los cuatro relictos boscosos.....	5
2.2.2. Cálculo del área basal (m ²) y del volumen (m ³).....	5
2.3. Metodología para el cálculo de los diferentes tipos de crecimiento en las parcelas de los cuatro relictos boscosos.....	6
2.3.1. Determinación del crecimiento o incremento de las variables dasométricas de los árboles de <i>Cinchona officinalis</i> L., de los cuatro relictos boscosos en el período 2015-2018.....	6
2.3.2. Determinación de crecimiento o incremento periódico por hectárea de las variables dasométricas de <i>Cinchona officinalis</i> L., de los cuatro relictos boscosos en el período 2015-2018.....	8
3. RESULTADOS	8
3.1. Determinación de las Variables dasométricas de <i>Cinchona officinalis</i> L., en los cuatro relictos boscosos.....	8
3.1.1. Diámetro a la altura del pecho de los árboles (DAP).....	8
3.1.2. Altura total de los árboles (HT).....	9
3.1.3. Área basal de los árboles (G).....	10
3.1.4. Volumen de los árboles (V).....	11
3.2. Crecimiento de las variables de <i>Cinchona officinalis</i> L., de los cuatro relictos boscosos en el período 2015-2018.....	12
3.2.1. Crecimiento periódico por hectárea de las variables dasométricas de los árboles de <i>Cinchona officinalis</i> L., de los cuatro relictos boscosos en el período 2015-2018.....	12
3.2.1.1. Crecimiento periódico por hectárea del DAP.....	12
3.2.1.2. Crecimiento periódico por hectárea del área basal.....	12
3.2.1.3. Crecimiento periódico por hectárea del volumen.....	13

3.2.2.	Incremento periódico anual (IPA) de las variables dasométricas de los árboles de <i>Cinchona officinalis</i> L., de los cuatro relictos boscosos en el período 2015-2018.....	14
3.2.2.1.	Incremento periódico anual de la altura total.....	14
3.2.2.2.	Incremento periódico anual del DAP.....	14
3.2.2.3.	Incremento periódico anual del área basal.....	15
3.2.2.4.	Incremento periódico anual del volumen.....	16
4.	CONCLUSIONES	16
5.	BIBLIOGRAFÍA	17

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador es considerado como un país megadiverso, debido a su riqueza ambiental y ecológica, condiciones únicas y esenciales que sirven para el desarrollo de las diversas especies que posee (Varea et al., 1997). En la Región Sur del Ecuador y en la Provincia de Loja, existe una gran variedad de especies vegetales, que desde la época colonial se caracterizaron por su uso medicinal; en particular es el caso de *Cinchona officinalis* L., la cual fue explotada para curar el paludismo o malaria durante los siglos XVII-XIX, por lo que se considera importante rescatar el uso potencial de esta especie mediante estudios a mediano y largo plazo (Cuvi, 2009).

Bajo esta perspectiva, y con el ánimo de aportar a la conservación y restauración de *Cinchona officinalis* L., se realizó la presente investigación, con el fin de contribuir a la generación de información básica sobre la dinámica de crecimiento de *Cinchona officinalis* L., a través de la evaluación del DAP y Altura total en cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja.

2. METODOLOGÍA

2.1. Área de Estudio

La presente investigación se realizó en cuatro relictos boscosos de *Cinchona officinalis* L., en la provincia de Loja: El Naque y Zamora Huayco ubicados en el cantón Loja; Uritusinga ubicado en el cantón Catamayo; y, Selva Alegre ubicado en el cantón Saraguro (Figura 1); los mismos que fueron identificados con anterioridad dentro del proyecto macro: “Identificación y descripción del estado actual de *Cinchona officinalis* L., en la provincia de Loja y generación de protocolos para la propagación *in vivo* e *in vitro*”.

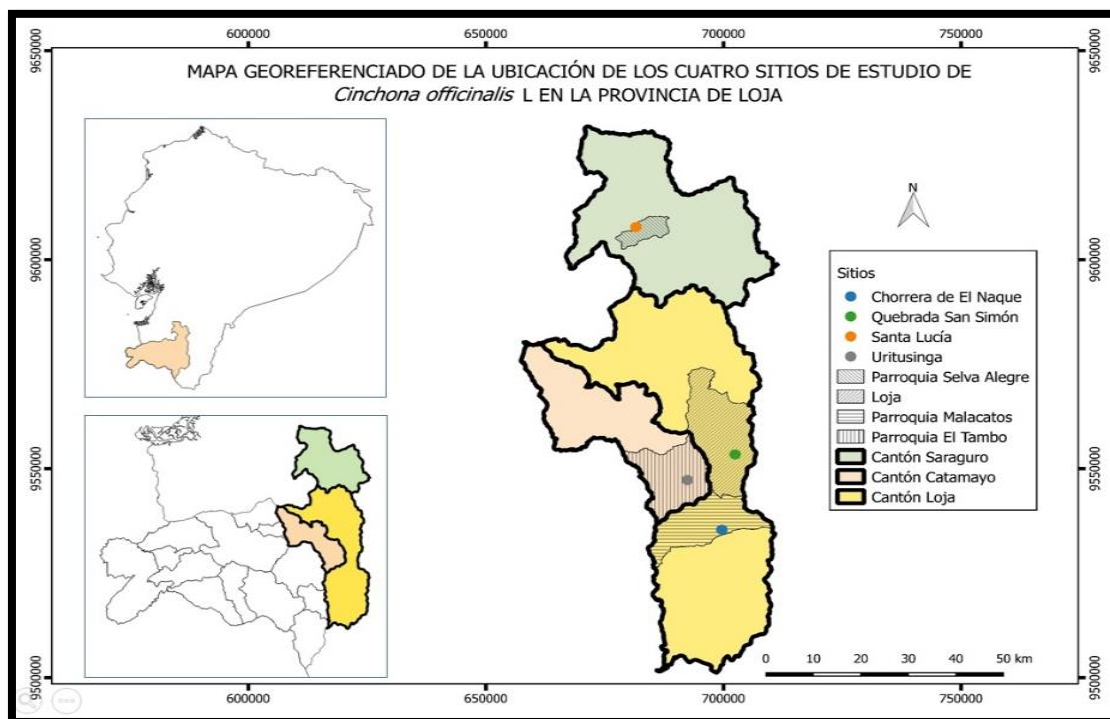


Figura 1. Mapa georreferenciado de la ubicación de los cuatro sitios de estudio de *Cinchona officinalis* L., en la provincia de Loja.

Fuente: Archivo del proyecto *Cinchona*-UNL-2015-2018

2.2. Metodología para determinar las variables dasométricas (DAP, HT, G Y V) de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja

2.2.1. Medición del DAP y la HT de los árboles en los cuatro relictos boscosos.

Para medir el DAP de los árboles de *Cinchona officinalis* L. en las parcelas de los cuatro relictos boscosos, que previamente fueron identificadas dentro del marco del proyecto en el cual se desarrolló esta investigación, considerando como base la información obtenida por Yucta (2016) y Padilla (2017) (Tabla 1); se utilizó la cinta métrica, la misma que permitió obtener valores del CAP, para su posterior conversión a DAP dividiéndolo para el valor de π (3,1416); para el caso de la medición de la altura total, se utilizó el hipsómetro de haga, cuyos datos fueron recopilados en la hoja de campo que se indica en la Tabla 2.

Tabla 1. Datos de campo de los árboles de *Cinchona officinalis* L. identificados en el campo, en los cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja.

Sitio	Número de parcela	Número total de árboles por parcela			Número total de árboles por sitio	Área de las parcelas por sitio (m ²)			Área total muestreada por sitio (m ²)
		P1	P2	P3		P1	P2	P3	
El Naque	1	24	---	---	24	1.900	---	---	1 900
Uritusinga	3	6	8	8	22	400	900	400	1 700
Zamora H.	2	12	13	---	25	400	10.000	---	10 400
Selva A.	2	18	8	---	26	6.400	400	---	6 800
TOTAL	8				97				

Tabla 2. Hoja de campo para la recolección de datos de los individuos de *Cinchona officinalis* L. en los cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja.

FECHA:			Instrumentos de medida: Hipsómetro Haga / cinta métrica										
			HT: Hipsómetro de haga (m)// CAP: cinta métrica (cm)										
			Medidas tomadas por:										
Sitio	Parcela	N° Árbol	Coordenadas			HT	CAP* (cm)	DAP cm	Estado Sanitario	Forma del Fuste (Torcido)	Diámetro de la copa		
			Latitud	Longitud	Altitud						1	2	Total

Estado Sanitario: 1. Excelente; 2. Muy Bueno; 3. Regular; 4. Malo

Forma del fuste: 1. Normal; 2. Muy Torcido 3. Torcido; 4. Poco Torcido

2.2.2. Cálculo del área basal (m²) y del volumen (m³)

Con los datos obtenidos a partir de la medición de campo, se procedió a calcular el área basal en m² y el volumen en m³, por medio de las siguientes fórmulas dadas por Cancino, (2012):

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

$$G= \text{Área basal}$$

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

$$V= \text{Volumen}$$

Para el cálculo del volumen se utilizó un factor de forma (f) de 0,70 correspondiente a la especie *Cinchona officinalis* L (MAE, 2015).

2.2.3. Histograma de frecuencias

Para realizar los histogramas de frecuencia para cada variable, primeramente, se determinaron los valores mínimos y máximos, los mismos que ayudaron a definir el rango por cada clase en cada uno de los sitios. En base a la definición de este rango se determinó el número de clases a trabajar para cada variable (DAP, HT, G, V), y posteriormente en intervalo de cada una de ellas. Se establecieron cinco clases para cada una de las variables dasométricas, considerando que las dos primeras clases pertenecen a regeneración natural de la especie y las clases 3, 4 y 5 a fustales.

2.3. Metodología para el cálculo de los diferentes tipos de crecimiento en las parcelas de los cuatro relictos boscosos.

2.3.1. Determinación del crecimiento de las variables dasométricas de los árboles de *Cinchona officinalis* L., de los cuatro relictos boscosos en el período 2015-2018

Se calculó los tipos de crecimiento de la especie, en función de: DAP, altura total, área basal y volumen. El cálculo de cada tipo de crecimiento, se lo realizó mediante el uso del software InfoStat, para lo cual se utilizó la base de datos de las evaluaciones realizadas en los años 2015 y 2016, y las que se realizó en el 2018; además, se utilizó las formulas planteadas por Quezada et al., (2012).

Los valores de cada tipo de crecimiento fueron categorizados en 5 clases diamétricas, siendo la clase uno y dos consideradas como regeneración natural de la especie, y las clases tres, cuatro y cinco como fustales.

Tabla 3. Fórmulas dasométricas empleadas para el cálculo de crecimiento de las parcelas de los cuatro relictos boscosos de *Cinchona officinalis* L.

<p>Crecimiento periódico en DAP</p> <p><i>Cr.P. $D_{1,30 m} = D_{1,30 f} - D_{1,30 i}$</i></p> <p>Dónde:</p> <p>Cr.P. D1,30 m = Crecimiento periódico en diámetro</p> <p>D1,30f = Diámetro a la altura del pecho al final del periodo</p>	<p>Incremento periódico anual del diámetro (DAP)</p> <p><i>IPa (D) = $\frac{Df - Di}{t}$</i></p> <p>Dónde:</p> <p>IPa (D) = Incremento periódico anual del diámetro</p> <p>Df = Diámetro al final del periodo</p>
---	---

<p>$D_{1,30i}$ = Diámetro a la altura del pecho al inicio del periodo</p>	<p>D_i = Diámetro al inicio del periodo</p> <p>t = Tiempo (período tres años)</p>
<p>Crecimiento periódico de la altura total</p> <p>Cr.P. $H = H_f - H_i$</p> <p>Dónde:</p> <p>Cr.P. H = Crecimiento periódico en altura</p> <p>H_f = Altura total al final del periodo</p> <p>H_i = Altura total al inicio del periodo</p>	<p>Incremento periódico anual de la altura total</p> <p>$IPa(h) = \frac{H_f - H_i}{t}$</p> <p>Dónde:</p> <p>IPa (h) = Incremento periódico anual de la altura</p> <p>H_f = Altura al final del periodo</p> <p>H_i = Altura al inicio del periodo</p> <p>t = Tiempo (período tres años)</p>
<p>Crecimiento periódico en área basal</p> <p>Cr.P. $G = G_f - G_i$</p> <p>Dónde:</p> <p>Cr.P. G = Crecimiento periódico en área basal</p> <p>G_f = área basal final</p> <p>G_i = área basal inicial</p>	<p>Incremento periódico anual del área basal</p> <p>$IPa(G) = \frac{G_f - G_i}{t}$</p> <p>Dónde:</p> <p>IPa (G) = Incremento periódico anual del área basal</p> <p>G_f = Área basal al final del periodo</p> <p>G_i = Área basal al inicio del periodo</p> <p>t = Tiempo (período tres años)</p>
<p>Crecimiento periódico en volumen</p> <p>Cr.P. $V = V_f - V_i$</p> <p>Dónde:</p> <p>Cr.P. V = Crecimiento periódico en volumen</p> <p>H_f = Volumen al final del periodo</p> <p>H_i = Volumen al inicio del periodo</p>	<p>Incremento periódico anual del volumen</p> <p>$IPa(V) = \frac{V_f - V_i}{t}$</p> <p>Dónde:</p> <p>IPa (V) = Incremento periódico anual del volumen</p> <p>V_f = Volumen al final del periodo</p> <p>t = Tiempo (período tres años)</p>

2.3.2. Determinación de crecimiento periódico por hectárea de las variables dasométricas de *Cinchona officinalis* L., de los cuatro relictos boscosos en el período 2015-2018

Para calcular este crecimiento se consideraron los valores obtenidos a partir del crecimiento o incremento periódico por clase diamétrica de los cuatro sitios de estudio, los cuales fueron proyectados a una hectárea. Se procedió a relacionar el crecimiento periódico de cada variable (DAP, G y V) por clase diamétrica con el área muestreada de cada sitio expresada en m², y luego con una regla de tres simple, se relacionó a una hectárea.

3. RESULTADOS

3.1. Determinación de las Variables dasométricas de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos.

Las clases encontradas en los relictos boscosos hacen referencia a la regeneración natural, la clase 1 y 2, y a fustales las clases 3, 4 y 5.

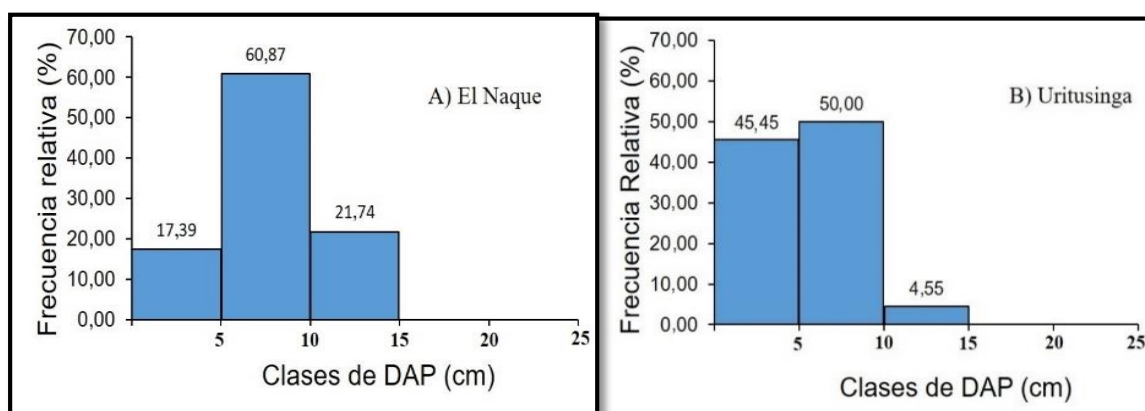
3.1.1. Diámetro a la altura del pecho de los árboles (DAP)

En la Figura 2, se muestran las clases diamétricas encontradas en los cuatro sitios de estudio en el año 2018. En el Naque (Figura 2A), la especie tiene individuos en tres clases diamétricas, con la clase 2 (5,1-10 cm) como la más abundante (60,87 %), y la menos abundante, la clase 1 (<5 cm) con 17,39 %.

En Uritusinga (Figura 2B) también se encontró solo las tres primeras clases diamétricas, siendo las dos primeras las más numerosas: la clase 2 (5,1-10 cm) con 50 % y la clase 1 (<5 cm) con 45,45 %; mientras que, la clase 3 (10,1-15 cm) solo apareció con un 4,55 %.

En Zamora Huayco (Figura 2C), la distribución diamétrica fue similar a la encontrada en Uritusinga. La clase 2 (5,1-10 cm) con 56 %, y la clase 3 (10,1-15 cm) con 12 %.

Para Selva Alegre (Figura 2D), hubo una mayor representación de clases diamétricas, encontrándose cuatro clases, entre las cuales se e destacan, la clase 3 (10,1-15 cm) fue la más representada con 38,46 %, y la clase diamétrica 5 (20,1-25 cm) con 11,54% con menor representación de individuos.



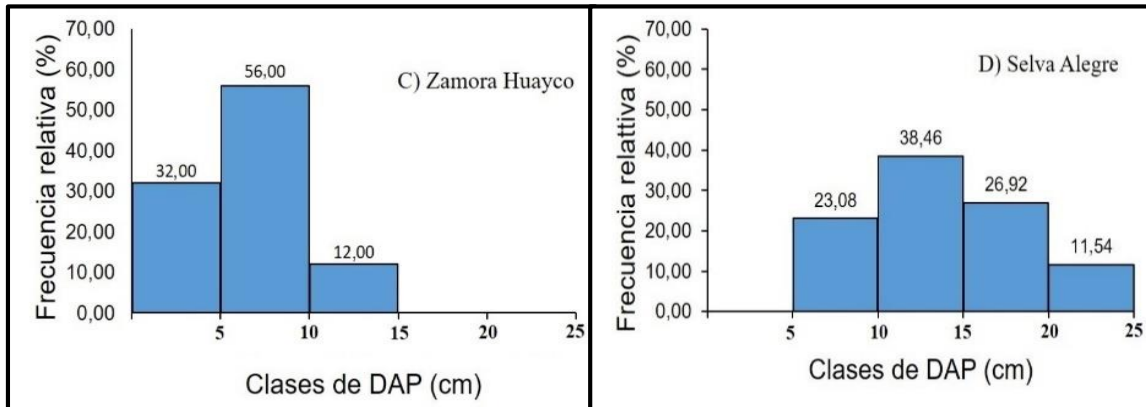


Figura 2. Histograma de clases del DAP de los árboles de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja para el año 2018: (A) El Naque; (B) Uritusinga; (C) Zamora Huayco; (D) Selva Alegre.

3.1.2. Altura total de los árboles (HT)

En la Figura 3, se muestran las clases de altura total encontradas en los cuatro sitios de estudio de *Cinchona officinalis* L., En el Naque (Figura 3A) la especie estuvo representada por cuatro clases, las clases 3 (6-7,8 m) y 4 (7,8-9,6 m) fueron las más abundantes con 33,33 %, seguida de las clases 1 (2,2-4,2 m) y 2 (4,2-6 m) con 16,67 %.

En Uritusinga (Figura 3B) se encontró igualmente cuatro clases, la más representada fue la clase 2 (4,2-6 m) con 63,64 %, y como última la clase 3 (6-7,8) con 4,55 %.

En Zamora Huayco (Figura 3C) se encontró dos clases, la más representativa fue la clase 1 (2,2-4,2 m) con 64 %, seguida de la clase 2 (4,2-6 m) con 36 %.

Para Selva Alegre (Figura 3D) se encontró cuatro clases, entre las cuales la clase 3 (10,1-15 m) fue la más representativa con 57,69 %, y las clases menos representadas fueron la 2 (4,2-6 m) y 5 (9,6-11,5 m) con el mismo valor en ambos sitios con 7,7 %.

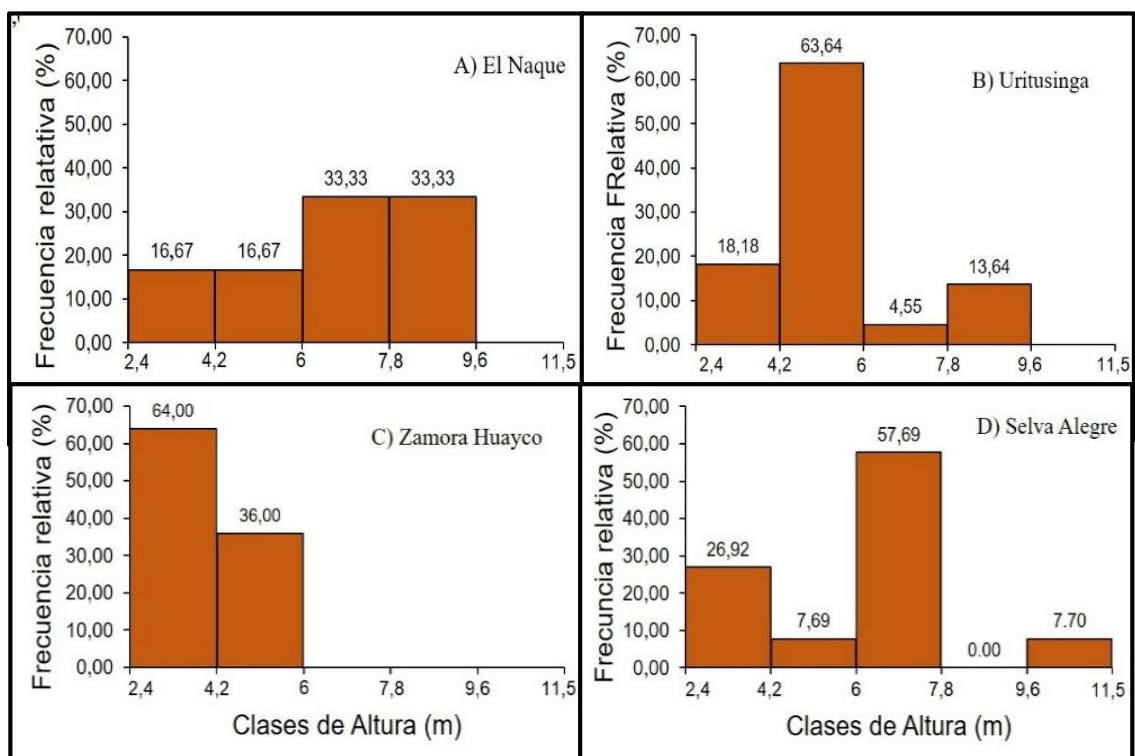


Figura 3. Histograma de clases de altura total (HT) de los árboles de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja, para el año 2018: (A) El Naque; (B) Uritusinga; (C) Zamora Huayco; (D) Selva Alegre.

3.1.3. Área basal de los árboles (G)

En la Figura 4, se muestra la distribución de clases del área basal de *Cinchona officinalis* L. encontradas en los cuatro sitios de estudio. En el Naque (Figura 4A) se encontraron dos clases, la más representativa fue la clase 1 ($< 0,009 \text{ m}^2$) con 92 %, seguida de la clase 2 (0,010-0,018 m^2) con 8 %.

En Uritusinga (Figura 4B) se encontraron también las dos primeras clases, la más representativa fue la clase 1 ($< 0,009 \text{ m}^2$) con 95 %, seguida de la clase 2 (0,010-0,018 m^2) con 5 %.

Zamora Huayco (Figura 4C) tuvo una distribución de clases similar a la de Uritusinga, en donde la clase más representativa fué la clase 1 ($< 0,009 \text{ m}^2$) con 92 %, seguida de la clase 2 (0,010-0,018 m^2) con 8 %.

Para Selva Alegre (Figura 4D) hubo una mayor representación de clases de área basal en comparación con los otros sitios, en la cual se obtuvo cuatro clases, la clase 1 ($< 0,009 \text{ m}^2$) y 2 (0,010-0,018 m^2) fueron las más representativa con 30,77 %, y la clase menos representada fue la 5 (0,036-0,044 m^2) con 11,54%.

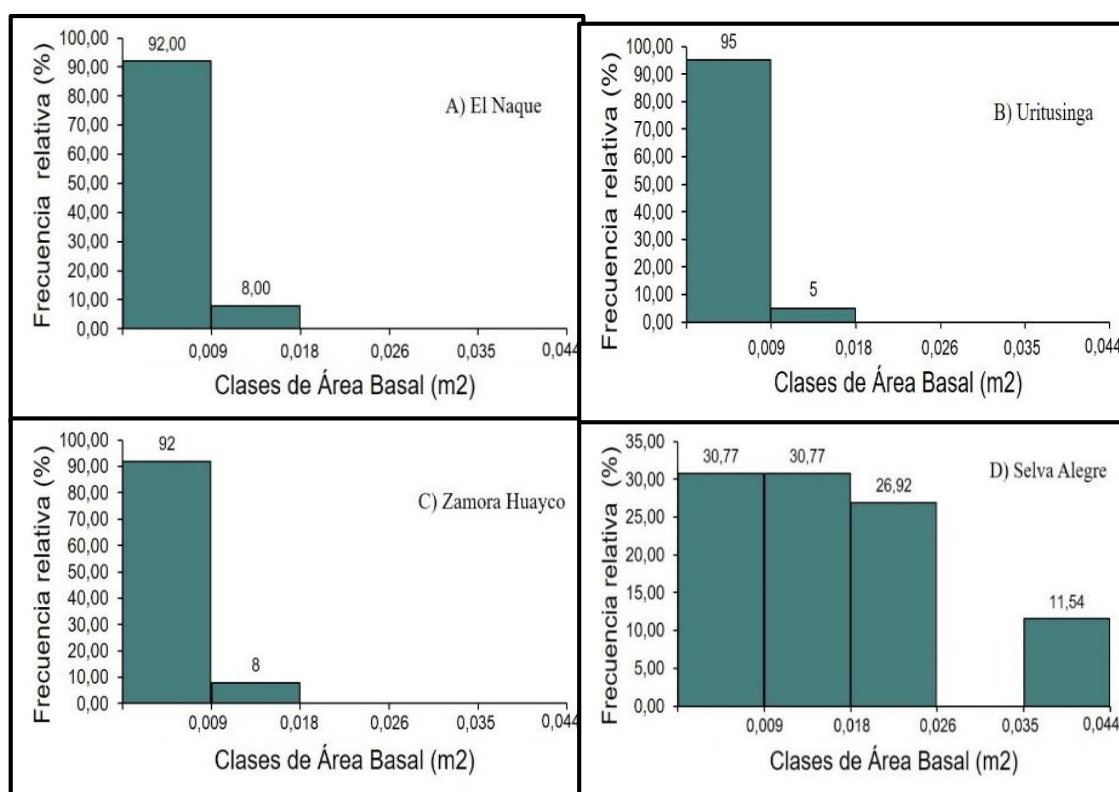


Figura 4. Histograma de clases del área basal (G) de los árboles de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la Provincia de Loja, en el año 2018: (A) El Naque; (B) Uritusinga; (C) Zamora Huayco; (D) Selva Alegre.

3.1.4. Volumen de los árboles (V)

En la Figura 5, se muestra la distribución de clases del Volumen encontradas en los cuatro sitios de estudio de *Cinchona officinalis* L. En el Naque (Figura 5A) se encontró dos clases, siendo la más representativa la clase 1 ($< 0,045$ m³) con 83 %, seguida por la clase 2 (0,046-0,088 m³) con 17 %.

Uritusinga (Figura 5B) presentó la misma distribución de clases de volumen iguales a las de El Naque: la clase 1 ($< 0,045$ m³) con 95 %, y la clase 2 (0,046-0,088 m³) con 5%.

En Zamora Huayco (Figura 5C) se encontró solamente una clase, que fue la clase 1 ($< 0,045$ m³) con 100 %.

Para Selva Alegre (Figura 5D) se encontraron cinco clases, entre las cuales las clases 1 ($< 0,045$ m³) fue la más representativa con 35 %, y la menos representativa la clase 5 (0,175- 0,217 m³) con 15%.

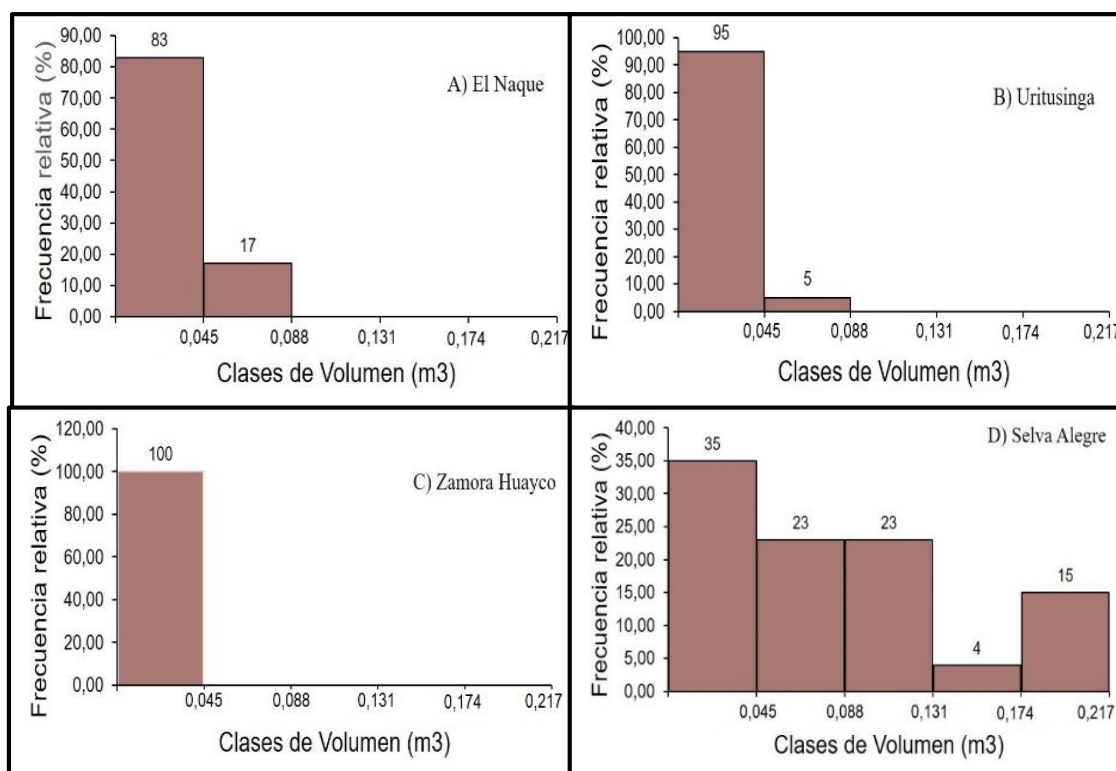


Figura 5. Histograma de las clases de volumen (V) de los árboles de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la Provincia e Loja, para el año 2018: (A) El Naque; (B) Uritusinga; (C) Zamora Huayco; (D) Selva Alegre.

3.2. Crecimiento de las variables de *Cinchona officinalis* L., de los cuatro relictos boscosos en el período 2015-2018

3.2.1. Crecimiento periódico por hectárea de las variables dasométricas de los árboles de *Cinchona officinalis* L., de los cuatro relictos boscosos en el período 2015-2018

3.2.1.1. Crecimiento periódico por hectárea del DAP

En la Figura 6, se muestra los promedios del crecimiento o incremento periódico del DAP por hectárea distribuidos por clase, en la cual se puede observar que en cuanto a la clase 1 y 2 que comprende a la regeneración natural, Uritusinga presenta el mayor incremento en la clase 1 con 3,48 cm/ha, y en la clase 2, junto a El Naque con 4,05 cm/ha; mientras que, Zamora Huayco mostró el menor valor en estas clases, en la clase 1 con 0,85 cm/ha, y en la clase 2 con 1,05 cm/ha.

En cuanto a las clases que comprenden los fustales, en la clase 3 el mayor incremento se encontró en el sitio de Uritusinga con un valor de 5,35 cm/ha; y el menor valor se presentó en El Naque con 0,73 cm/ha. Con respecto a la clase 4 y 5, Selva Alegre, fue el único sitio que presentó incremento periódico del DAP, en la clase 4 con 1,30 cm/ha, y en la clase 5 con 0,92 cm/ha.

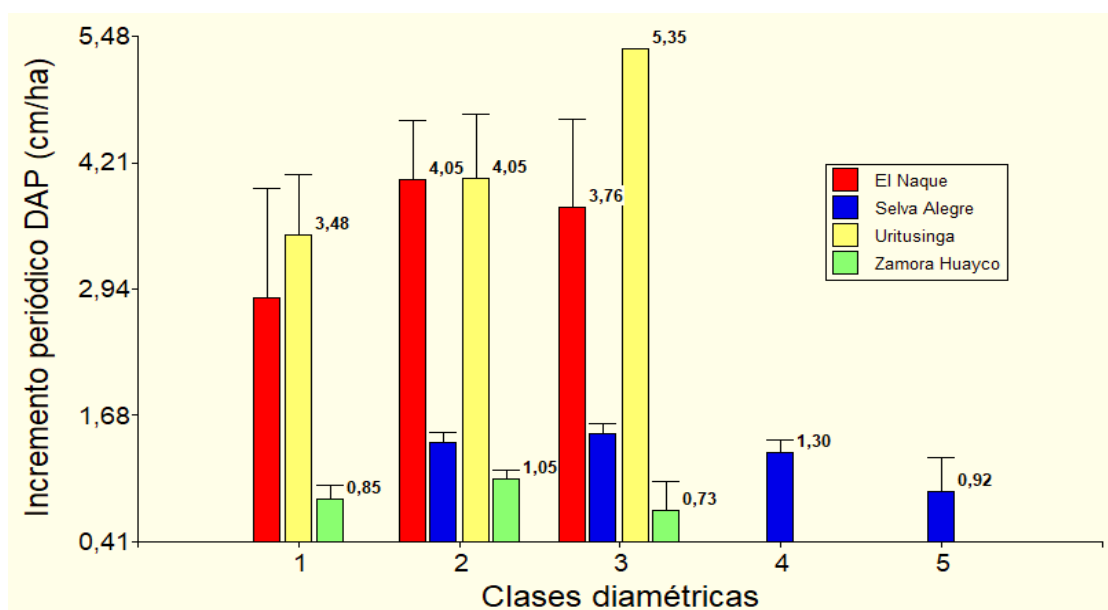


Figura 6. Valores promedios del crecimiento o incremento periódico por hectárea del DAP, distribuidos por clase diamétrica de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja durante el periodo 2015-2018.

3.2.1.2. Crecimiento periódico por hectárea del área basal

La Figura 7, muestra los valores promedios del crecimiento periódico por hectárea del área basal, distribuidos por clases diamétricas en los cuatro relictos boscoso, en la cual la clase 1 y 2, que representa a la regeneración natural, el mayor crecimiento de la clase 1 se encontró en Uritusinga con 0,0020 m²/ha, y el menor crecimiento en Zamora Huayco con 0,0005 m²/ha. En la clase 2 el mayor crecimiento se evidenció en El Naque con 0,0044 m²/ha, y el menor crecimiento en esta variable en Zamora Huayco con 0,0012 m²/ha.

En el caso de los fustales, el mayor crecimiento en la clase 3 fue en Uritusinga con 0,0088 m²/ha, y el menor crecimiento en Zamora Huayco con 0,0013 m²/ha. En la clase 4 y 5, Selva Alegre fue el único sitio que presentó crecimiento en esta variable, en la clase 4 con 0,0032 m²/ha, y en la clase 5 con 0,0031 m²/ha.

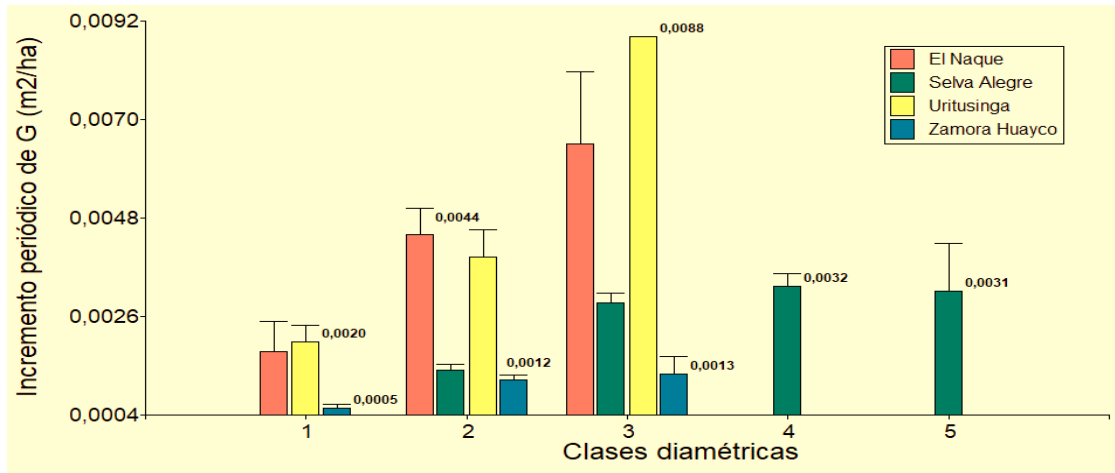


Figura 7. Valores promedios del crecimiento o incremento periódico por hectárea del área basal, distribuidos por clase diamétrica de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja durante el periodo 2015-2018.

3.2.1.3. Crecimiento periódico por hectárea del volumen

En la figura 8, se muestran los valores promedios por clase diamétrica del crecimiento periódico por hectárea del volumen, en la cual se evidenció que en las clases 1 y 2 correspondiente a la regeneración natural, el mayor crecimiento se dio en Uritusinga en la clase 1 con 0,0089 m³/ha, y en la clase 2 en El Naque con 0,0279 m³/ha; mientras que el menor crecimiento se dio en Zamora Huayco, en la clase 1 con 0,0015 m³/ha, y en la clase 2 con 0,0047 m³/ha.

Con respecto a las clases 3, 4 y 5, que comprenden a los fustales, se encontró que en la clase 3 el mayor crecimiento se presentó en Uritusinga con 0,0765 m³/ha, y el menor crecimiento en Zamora Huayco con 0,0087 m³/ha. En cuanto a las clases 4 y 5, Selva Alegre fue el único relictos con crecimiento en esta variable, en la clase 4 con 0,0238 m³/ha, y en la clase 5 con 0,0327 m³/ha.

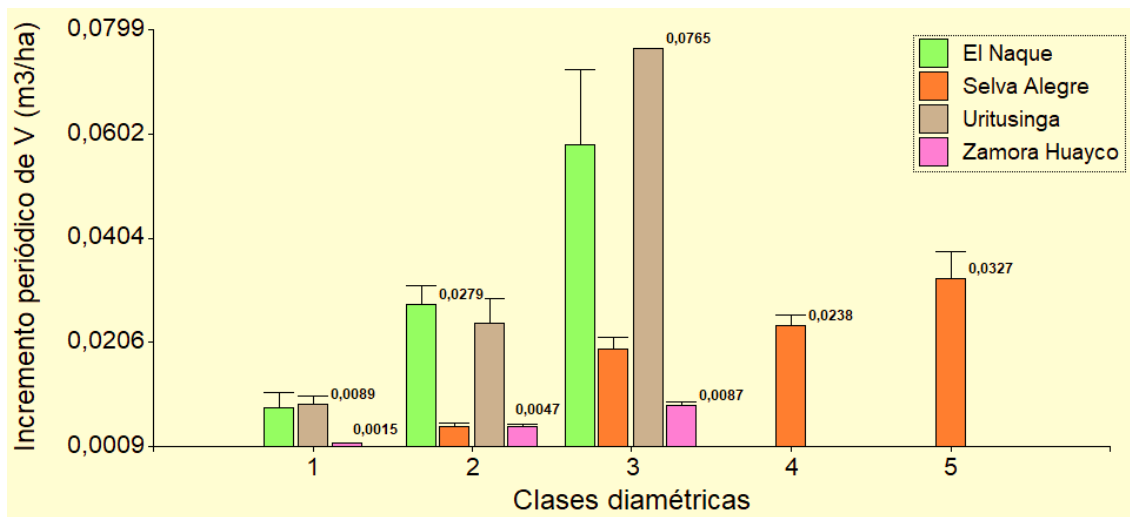


Figura 8. Valores promedios del crecimiento o incremento periódico por hectárea del volumen, distribuidos por clase diamétrica de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja durante el periodo 2015-2018.

3.2.2. Incremento periódico anual (IPA) de las variables dasométricas de los árboles de *Cinchona officinalis* L., de los cuatro relictos boscosos en el período 2015-2018

3.2.2.1. Incremento periódico anual de la altura total

En la figura 9 se muestra los valores promedio distribuidos por clase diamétrica del incremento periódico anual de la altura, en la que se evidenció que en la clase 1 Uritusinga presentó el mayor IPA del DAP con 0,24 m/año, y el menor crecimiento en Uritusinga con 0,16 m/año; mientras que para la clase 2 el mayor IPA se presentó en Uritusinga con 0,19 m/año, y el menor IPA en Selva Alegre con 0,13 m/año.

En las clases correspondientes a los fustales, la clase 3 presentó el mayor valor de IPA en Zamora Huayco con 0,24 m/año, y el menor incremento en El Naque con 0,13 m/año. En el caso de Selva Alegre, fue el único sitio que presentó individuos en la clase 4 y 5, en la clase 4 con 0,12 m/año, y en la clase 5 con 0,14 m/año.

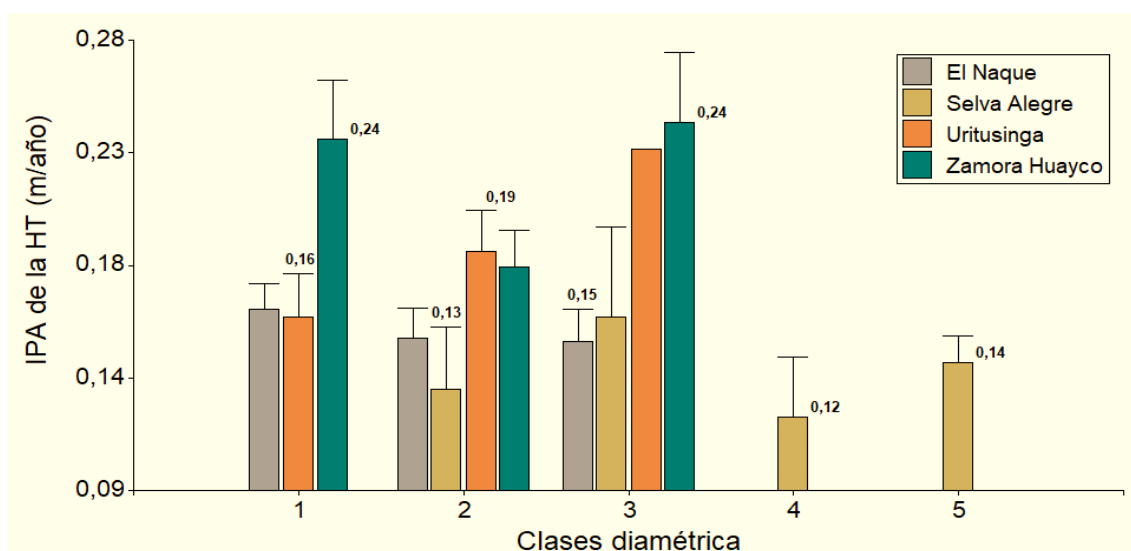


Figura 9. Valores promedios del incremento periódico anual de la altura total, distribuidos por clase diamétrica de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja durante el periodo 2015-2018.

3.2.2.2. Incremento periódico anual del DAP

La figura 10, muestra los promedios por clase diamétrica del crecimiento o incremento periódico anual del DAP en los cuatro sitios de estudio, en la cual se evidenció que para la regeneración natural, en clase 1 y 2, el mayor crecimiento se registró en Uritusinga en la clase 1 con 1,16 cm/ha/año, y en Uritusinga y El Naque en la clase 2 con 1,35 cm/ha/año; mientras que el menor crecimiento se presentó en Zamora Huayco, en la clase 1 con 0,28 cm/ha/año, y en la clase 2 con 0,35 cm/ha/año.

El registro de fustales de la especie, se presentaron en la clase 3 con el mayor IPA en Uritusinga con 1,78 cm/ha/año, y el menor incremento en Zamora Huayco con 0,24

cm/ha/año. En la clase 4 y 5, Selva Alegre fue el único relicto que presentó crecimiento, en la clase 4 con 0,43 cm/ha/año, y en la clase 5 con 0,31 cm/ha/año.

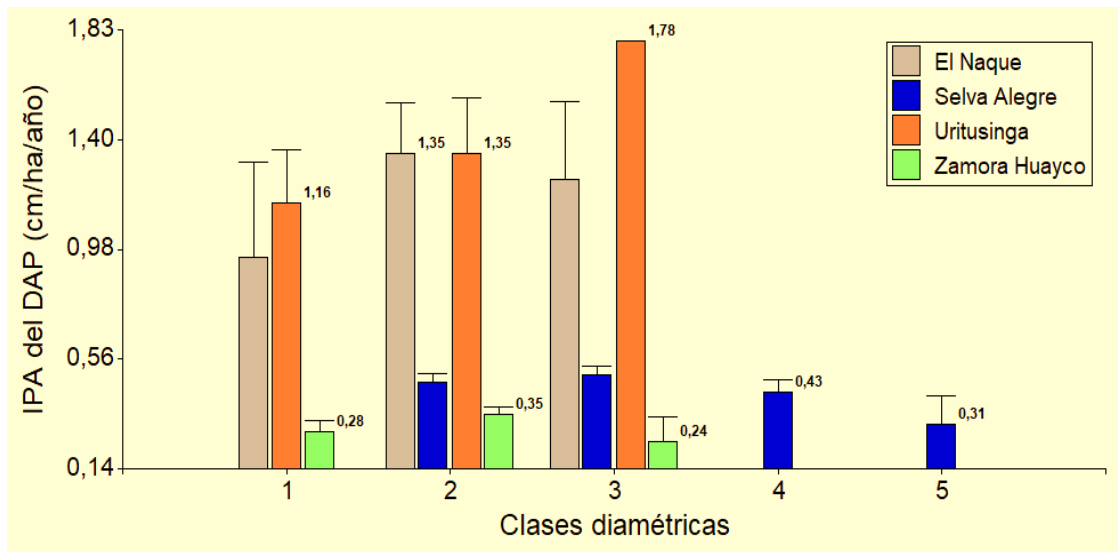


Figura 10. Valores promedios del crecimiento o incremento periódico anual del DAP, distribuidos por clase diamétrica de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja durante el periodo 2015-2018.

3.2.2.3. Incremento periódico anual del área basal.

En la figura 11 se muestran los promedios del incremento periódico anual, distribuidos por clases diamétricas, en la cual se pudo evidencia que en las clases 1 y 2 que constituyen la regeneración natural de la especie, el mayor IPA del área basal estuvo representado en la clase 1 en 0,0007 m²/ha/año, y en la clase 2 en El Naque con 0,0015 m²/ha/año; sin embargo la clase 1 y 2 obtuvo el menor IPA en Zamora Huayco, en la clase 1 con 0,0002 m²/ha/año, y en la clase 2 con 0,00004 m²/ha/año.

En cuanto a la clase 3, 4 y 5 que comprenden los fustales, Uritusinga obtuvo el mayor IPA en la clase 3 con 0,0029 m²/ha/año, y Zamora Huayco el menor crecimiento con 0,0004 m²/ha/año. Con respecto al IPA de las clases 4 y 5, lo presentó Selva Alegre, en la clase 4 con 0,0011 m²/ha/año, y en la clase 5 con 0,0010 m²/ha/año.

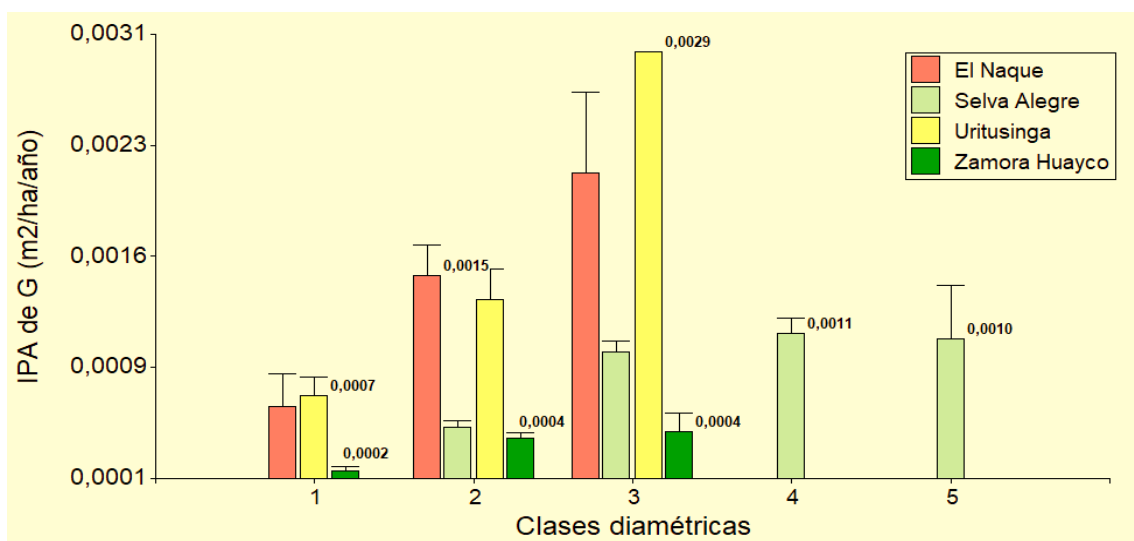


Figura 11. Valores promedios del crecimiento o incremento periódico anual del área basal, distribuidos por clase diamétrica de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja durante el periodo 2015-2018.

3.2.2.4. Incremento periódico anual del volumen.

En la figura 11, se muestran los valores promedios del IPA del volumen por clase diamétrica, en donde se evidenció que en la clase 1 y 2 referente a la regeneración natural, la clase 1 presentó el mayor crecimiento en Uritusinga con 0,0005 m³/ha/año y en la clase 2 El Naque con 0,0093 m³/ha/año, mientras que el menor crecimiento en la clase 1 se obtuvo en Selva Alegre con 0,0030 m³/ha/año, y en la clase 2 en Selva Alegre y Zamora Huayco con 0,0016 m³/ha/año.

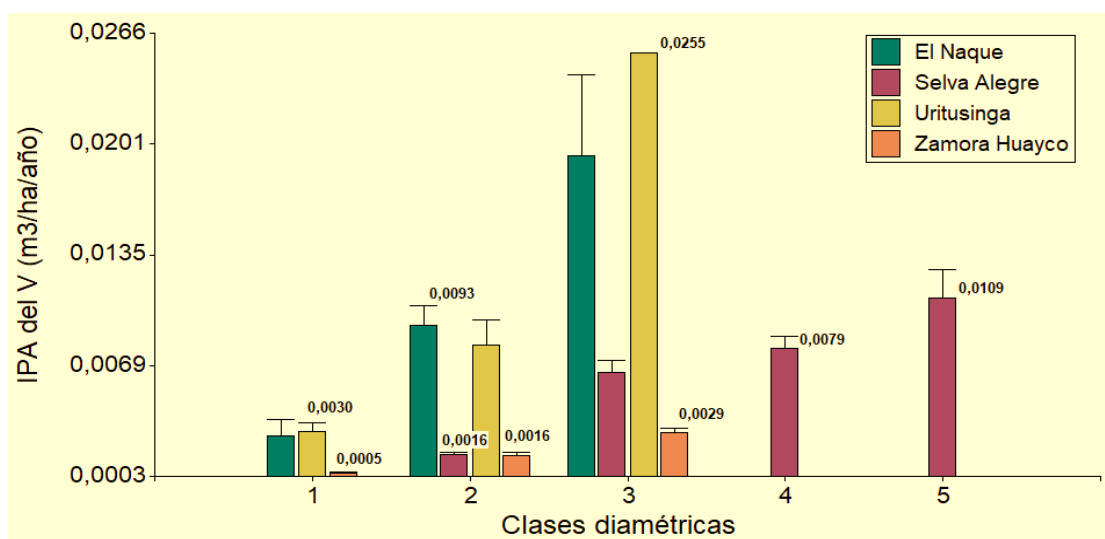


Figura 12. Valores promedios del crecimiento o incremento periódico anual del volumen, distribuidos por clase diamétrica de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja durante el periodo 2015-2018.

4. CONCLUSIONES

- El histograma de frecuencias de las variables dasométricas, mostró que distribución de individuos con mayor DAP, altura total, área basal y volumen, se presentó en Selva Alegre.
- El mayor crecimiento periódico de la altura total de la especie en los cuatro relictos boscosos durante el periodo 2015-2018, se presentó para la regeneración natural en El Naque dentro de la clase 1, y para fustales en la clase 3 del sitio Zamora Huayco.
- El mayor crecimiento periódico por hectárea en regeneración natural, estuvo dada en la clase 2, en El Naque para el área basal y volumen, y conjuntamente a Uritusinga en el DAP; mientras que, para fustales, se presentó en la clase 3 del sitio El Naque.
- Zamora Huayco presentó el mayor incremento periódico anual expresados en m/año, en la clase 1 de regeneración natural, y en la clase 3 de fustales.
- Uritusinga presentó el mayor incremento periódico anual de la regeneración natural en DAP, área basal y volumen en la clase 2, y Zamora Huayco en la clase 1 de la altura total; y en cuanto a fustales, se presentó en la clase 3, en El Naque para el DAP, área basal y volumen, y para la altura en Zamora Huayco.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Cuvi, N. (2009). Ciencia e imperialismo en América Latina: La misión de Chinchona y las estaciones agrícolas cooperativas (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma De Barcelona, Barcelona, España.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). (2015). Acuerdo N° 0125: Las normas para el manejo forestal sostenible de los bosques. Disponible en http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu162523.pdf?fbclid=IwAR0ibKcKU5AoXGVrH50R_CHn_mTM8y34bnXu-AJA_hOl_Y2HKWcAuOmVekU
- Padilla, T. (2017). Estudio fenológico y análisis de las características del suelo donde se desarrolla *Cinchona Officinalis* L. en cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja. Universidad nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- 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.
- Varea et al., (1997). Biodiversidad, Bioprospección y Bioseguridad. Quito, Ecuador: Abya-Yala.
- Yuca, M. (2016). Estructura y Composición Florística asociada al hábitat de crecimiento de *Cinchona officinalis* L. en la provincia de Loja. Universidad nacional de Loja, Loja, Ecuador.