



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

“ESTUDIO FENOLÓGICO Y ANÁLISIS DE LAS
CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DONDE SE
DESARROLLA *Cinchona officinalis* L. EN CUATRO
RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA”

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

AUTOR:

Truman Stalin Padilla Rosales

DIRECTOR:

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

LOJA – ECUADOR

2017

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

Ing. Víctor Hugo Eras Guamán, Mg. Sc.

CERTIFICA:

En calidad de director de la tesis titulada **“ESTUDIO FENOLÓGICO Y ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DONDE SE DESARROLLA *Cinchona officinalis* L. EN CUATRO RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA”** de autoría del señor egresado de la Carrera de Ingeniería Forestal **Truman Stalin Padilla Rosales**, ha sido dirigida, revisada y aprobada en su integridad; por tal razón autorizo su presentación y publicación.

Loja, octubre de 2017

Atentamente,



Ing. Víctor Hugo Eras Guamán Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

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

Dr. Nikolay Aguirre Mendoza Ph. D.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL CALIFICADOR DE LA TESIS

CERTIFICA:

Que en calidad de Presidente del Tribunal de Calificación de la Tesis titulada “**ESTUDIO FENOLÓGICO Y ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DONDE SE DESARROLLA *Cinchona officinalis* L. EN CUATRO RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA**” de autoría del señor egresado de la Carrera de Ingeniería Forestal Truman Stalin Padilla Rosales, 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 la sustentación pública.

Loja, octubre de 2017

Atentamente,



Dr. Nikolay Aguirre Mendoza Ph. D.

PRESIDENTE



Ing. Wilson Quizpe Coronel M. Sc.

VOCAL



Dra. Katherine Pucha Cofrep M. Sc.

VOCAL

AUTORIA

Yo, Truman Stalin Padilla Rosales declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Autor: Truman Stalin Padilla Rosales

Firma:



Cédula: 1106067471

Fecha: octubre de 2017

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

Yo, Truman Stalin Padilla Rosales, declaro ser autor, de la tesis titulada “ESTUDIO FENOLÓGICO Y ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DONDE SE DESARROLLA *Cinchona officinalis* L. EN CUATRO RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA”, como requisito para optar al grado de: Ingeniero Forestal, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el 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 11 días del mes de octubre del dos mil diecisiete, firma el autor.

Firma:



Autor: Truman Stalin Padilla Rosales

Número de cédula: 1106067471

Dirección: Parroquia Quinara

Correo electrónico: padirosa1993@gmail.com

Teléfono: 000000

Celular: 0939331788

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Víctor Hugo Eras Guamán M. Sc.

Tribunal de grado: Dr. Nikolay Aguirre Mendoza Ph. D.

Ing. Wilson Quizphe Coronel M. Sc.

Dra. Katherine Pucha Cofrep M. Sc.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mis sinceros agradecimientos a todos quienes hicieron posible la culminación de la presente investigación:

A la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, a través de la Carrera de Ingeniería Forestal y a sus docentes por haber contribuido con los conocimientos teóricos-técnicos para mi formación profesional.

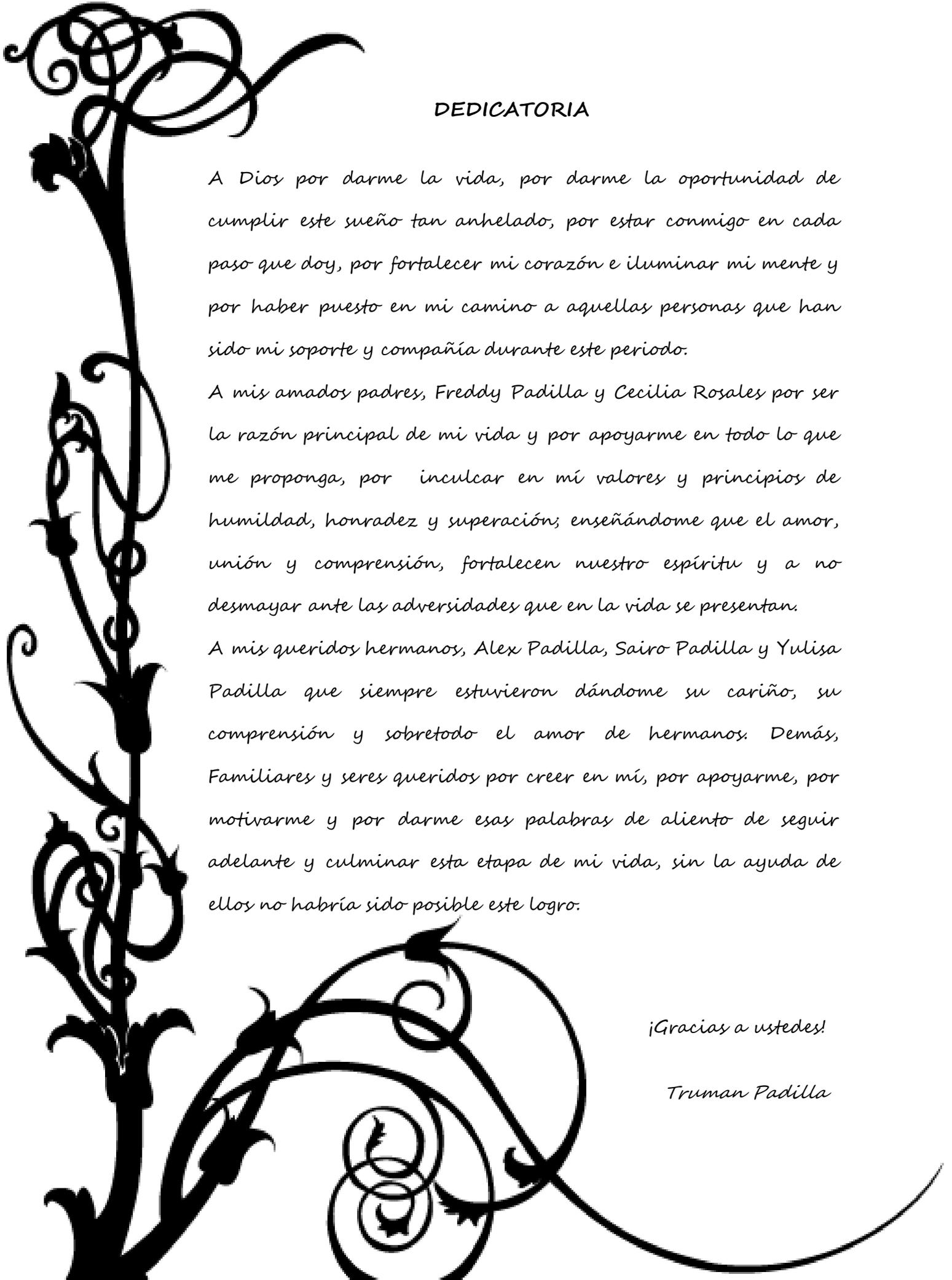
Al ing. Víctor Hugo Eras, Director de mi tesis, por el tiempo y dedicación para que se pueda concluir con éxito la presente investigación.

De igual forma a la Ing. Julia Minchala, Ing. Magaly Yaguana, Ing. José Moreno e Ing. Mauricio Sinche, por su apoyo desinteresado, por la dedicación de su tiempo, por haber compartido conmigo sus conocimientos y sobre todo su amistad, siempre les estaré muy agradecido.

Así mismo, al Dr. Nikolay Aguirre Mendoza, al Ing. Wilson Quizphe Coronel y a la Dra. Katherine Pucha Cofrep, por haber aceptado muy gustosos ser miembros de mi tribunal de grado y por las importantes sugerencias dadas a la presente.

Y finalmente, a mis compañeros y amigos de la Universidad, que durante cinco años de carrera supieron brindarme su apoyo, y paciencia y con quienes tuve y tengo la dicha de compartir momentos inolvidables de aprendizaje y diversión.

A todos Gracias.....



DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, por darme la oportunidad de cumplir este sueño tan anhelado, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante este periodo.

A mis amados padres, Freddy Padilla y Cecilia Rosales por ser la razón principal de mi vida y por apoyarme en todo lo que me proponga, por inculcar en mí valores y principios de humildad, honradez y superación; enseñándome que el amor, unión y comprensión, fortalecen nuestro espíritu y a no desmayar ante las adversidades que en la vida se presentan.

A mis queridos hermanos, Alex Padilla, Sairo Padilla y Yulisa Padilla que siempre estuvieron dándome su cariño, su comprensión y sobretodo el amor de hermanos. Demás, Familiares y seres queridos por creer en mí, por apoyarme, por motivarme y por darme esas palabras de aliento de seguir adelante y culminar esta etapa de mi vida, sin la ayuda de ellos no habría sido posible este logro.

¡Gracias a ustedes!

Truman Padilla

ÍNDICE GENERAL

Contenidos	Página
CARÁTULA	I
CERTIFICACIÓN	II
APROVACIÒN.....	III
AUTORÍA.....	IV
CARTA DE AUTORIZACIÒN.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
DEDICATORIA	VII
INDICE GENERAL.....	VIII
RESUMEN.....	XVI
1. INTRODUCCIÒN.....	1
2. REVISIÒN DE LITERATURA	4
2.1. Fenología.....	4
2.1.1. DefinicIÒn.....	4
2.1.2. Importancia de la fenología.....	4
2.1.3. Fenómenos fenológicos.....	4
2.1.4. Acontecimientos fenológicos y Elementos de tiempo.....	5
2.1.5. Principales causas de los Fenómenos periódicos de los vegetales	5
2.1.6. Influencia de algunos factores del clima en las fases fenológicas.....	6
2.1.7. La observaciÒn fenológica.....	7
2.2. Suelo.....	7
2.2.1. DefinicIÒn.....	7
2.2.2. Importancia de suelo	8
2.2.3. Propiedades del suelo	8
2.2.4. Nutrientes del suelo	10
2.3. Crecimiento de los árboles	10
2.3.1. Tipos de crecimiento	11
2.4. DescripciÒn de la especie (<i>Cinchona officinalis</i> L.).....	14
2.4.1. ClasificaciÒn botánica	14

2.4.2.	Descripción botánica	15
2.4.3.	Reproducción.....	15
2.4.4.	Usos.....	15
2.4.5.	Tipos de suelo donde se desarrolla.....	16
3.	METODOLOGÍA	17
3.1.	Ubicación del área de estudio.....	17
3.2.	Metodología para el estudio de fenología de la especie <i>Cinchona officinalis</i> L.	18
3.2.1.	Determinación de periodos fenológicos	18
3.2.2.	Recolección de datos climatológicos.....	19
3.2.3.	Elaboración del calendario fenológico	19
3.2.4.	Relación entre fases fenológicas y factores climáticos	20
3.3.	Metodología para analizar las características del suelo donde se desarrolla <i>Cinchona officinalis</i> L., y la influencia en el crecimiento de la especie.....	21
3.3.1.	Características y análisis físico-químico del suelo.....	21
3.3.2.	Crecimiento en DAP y altura total de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	22
3.3.3.	Incremento en Área basal relacionado con el aporte de macro-micronutriente del suelo donde se desarrolla de <i>Cinchona officinalis</i> L.	24
3.3.4.	Incremento en Volumen relacionado con el aporte macro-micronutriente del suelo donde se desarrolla de <i>Cinchona officinalis</i> L.	25
3.4.	Difusión de resultados.....	26
4.	RESULTADOS	27
4.1.	Fenología de <i>Cinchona officinalis</i> L.	27
4.1.1.	Fenofases de <i>Cinchona officinalis</i> L.	27
4.1.3.	Relación entre las fases fenológicas de la especie en estudio y los factores climáticos de la zona	38
4.1.4.	Dendofenogramas de <i>Cinchona officinalis</i> L.	40
4.2.	Características del suelo en el crecimiento <i>Cinchona officinalis</i> L.....	44
4.2.1.	Análisis mecánico del suelo de los cuatro sectores donde se desarrolla la especie.....	45
4.2.2.	pH.....	45
4.2.3.	Materia orgánica.....	46

4.2.4.	Macro y micronutrientes	47
4.2.5.	DAP de <i>Cinchona officinalis</i> L.	48
4.2.6.	Altura de <i>Cinchona officinalis</i> L.	51
4.2.7.	Área basal de <i>Cinchona officinalis</i> L.	55
4.2.8.	Volumen de <i>Cinchona officinalis</i> L.	56
4.2.9.	Relación entre área basal por cada sector con los nutrientes del suelo donde se desarrolla <i>Cinchona officinalis</i> L.	57
4.2.10.	Relación entre volumen por cada sector con los nutrientes del suelo donde se desarrolla <i>Cinchona officinalis</i> L.	58
4.3.	Resultados obtenidos	58
5.	DISCUSIÓN.....	59
5.1.	Estudio de la fenología de la especie <i>Cinchona officinalis</i> L.....	59
5.1.1.	Fenofases y Dendofenogramas.....	59
5.2.	Estudio de las características del suelo y la influencia en el crecimiento de <i>Cinchona officinalis</i> L.	62
5.2.1.	Características del suelo	62
5.2.2.	Crecimiento de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	64
5.2.3.	Relación del crecimiento en área basal y volumen con las características del suelo donde se desarrolla <i>Cinchona officinalis</i> L.	65
6.	CONCLUSIONES.....	67
7.	RECOMENDACIONES	68
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	69
9.	ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Escala de interpretación de los eventos fenológicos.....	18
Cuadro 2. Hoja de campo para el registro de los periodos fenológicos de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	19
Cuadro 3. Calendario fenológico de la especie <i>Cinchona officinalis</i> L.	19
Cuadro 4. Hoja de campo para registro de datos morfológicos de suelo.	22
Cuadro 5. Datos de campo de los árboles de <i>Cinchona officinalis</i> L., identificados en los relictos boscosos de la provincia de Loja.	27
Cuadro 6. Porcentajes de ocurrencia de los fenómenos fenológicos, sector Selva Alegre.	28
Cuadro 7. Porcentajes de ocurrencia de los fenómenos fenológicos, sector El Naque.	29
Cuadro 8. Porcentajes de ocurrencia de los fenómenos fenológicos, sector San Simón.....	31
Cuadro 9. Porcentajes de ocurrencia de los fenómenos fenológicos, sector Uritusinga.	32
Cuadro 10. Datos de precipitación y temperatura “Estación Meteorológica Saraguro”	38
Cuadro 11. Datos de precipitación y temperatura “Estación Meteorológica La Argelia”	39
Cuadro 12. Datos de precipitación y temperatura “Estación Meteorológica Malacatos”	40
Cuadro 13. Incremento promedio de las variables dasométricas de los árboles de los cuatro sectores de estudio, en el periodo 2015-2016.	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Atributos botánicos de la especie <i>Cinchona officinalis</i> : A) árbol con follaje, B) frutos y C) inflorescencia.....	14
Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio.....	17
Figura 3. División de la copa del árbol en cuatro cuadrantes en base a la pendiente.....	18
Figura 4. Esquema de presentación del calendario fenológico.....	20
Figura 5. Esquema de la presentación del dendofenograma.....	21
Figura 6. Crecimiento en DAP, de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	23
Figura 7. Crecimiento en Altura, de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	24
Figura 8. Concentración del macro-micronutriente en relación con el crecimiento en área basal de <i>Cinchona officinalis</i> L., en los cuatro sectores de estudio.....	25
Figura 9. Concentración del macro-micronutriente en relación con el crecimiento en volumen de <i>Cinchona officinalis</i> L., en los cuatro sectores de estudio.....	26
Figura 10. Porcentajes de ocurrencia de fenómenos fenológicos sector Selva Alegre.....	29
Figura 11. Porcentajes de ocurrencia de fenómenos fenológicos sector El Naque.....	30
Figura 12. Porcentajes de ocurrencia de fenómenos fenológicos sector San Simón.....	32
Figura 13. Porcentajes de ocurrencia de fenómenos fenológicos sector Uritusinga.....	33
Figura 14. Calendario fenológico de la especie <i>Cinchona officinalis</i> L., sector Selva Alegre...	34
Figura 15. Calendario fenológico de la especie <i>Cinchona officinalis</i> L., sector El Naque.....	35
Figura 16. Calendario fenológico de la especie <i>Cinchona officinalis</i> L. sector San Simón.....	36
Figura 17. Calendario fenológico de la especie <i>Cinchona officinalis</i> L., sector Uritusinga.....	37
Figura 18. Dendofenograma de la especie <i>Cinchona officinalis</i> L., sector Selva Alegre.....	41
Figura 19. Dendofenograma de la especie <i>Cinchona officinalis</i> L., sector El Naque.....	42
Figura 20. Dendofenograma de la especie <i>Cinchona officinalis</i> L., sector San Simón.....	43
Figura 21. Dendofenograma de la especie <i>Cinchona officinalis</i> L., sector Uritusinga.....	44
Figura 22. Análisis TFSA de los suelos.....	45

Figura 23. Análisis de pH de los suelos.....	46
Figura 24. Contenido de materia orgánica de los suelos.....	47
Figura 25. Aporte de minerales al suelo.....	48
Figura 26. Diámetro promedio por individuo de <i>Cinchona officinalis</i> L., sector Selva Alegre..	49
Figura 27. Diámetro promedio por individuo de <i>Cinchona officinalis</i> L., sector El Naque.....	50
Figura 28. Diámetro promedio por individuo de <i>Cinchona officinalis</i> L., sector San Simón.....	50
Figura 29. Diámetro promedio por individuo de <i>Cinchona officinalis</i> L., sector Uritusinga.....	51
Figura 30. Altura promedio por individuo de <i>Cinchona officinalis</i> L., sector Selva Alegre.....	52
Figura 31. Altura promedio por individuo de <i>Cinchona officinalis</i> L., sector El Naque.....	52
Figura 32. Altura promedio por individuo de <i>Cinchona officinalis</i> L., sector San Simón.....	53
Figura 33. Altura promedio por individuo de <i>Cinchona officinalis</i> L., sector Uritusinga.....	54
Figura 34. Incremento del diámetro periodo 2015-2016 de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	54
Figura 35. Incremento de altura periodo 2015-2016 de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	55
Figura 36. Área basal promedio de los árboles por sector.....	55
Figura 37. Volumen promedio de los árboles por sector.....	56
Figura 38. Área basal de los árboles por cada sector, relacionada con los nutrientes del suelo..	57
Figura 39. Volumen de árboles por cada sector, relacionado con los nutrientes del suelo.....	58

ÍNDICE DE ANEXOS

Contenido	Página
Anexo 1. Toma de datos fenológicos de <i>Cinchona officinalis</i> L.	73
Anexo 2. Toma de datos dasométricos (altura y DAP) de <i>Cinchona officinalis</i> L.	73
Anexo 3. Materiales utilizados para la obtención de muestras de suelo.	74
Anexo 4. Toma de datos morfológicos de suelo.	74
Anexo 5. Realización de las calicatas y toma de muestras de suelo de cada uno de los horizontes.....	75
Anexo 6. Datos dasométricos de sector Selva Alegre.....	76
Anexo 7. Datos dasométricos del sector El Naque.	77
Anexo 8. Datos dasométricos del sector San Simón.	78
Anexo 9. Datos dasométricos del sector Uritusinga.....	79
Anexo 10. Datos dasométricos de las tres lecturas realizadas en campo sector Selva Alegre periodo 2015-2016.....	80
Anexo 11. Datos dasométricos de las tres lecturas realizadas en campo sector El Naque periodo 2015-2016.	81
Anexo 12. Datos dasométricos de las tres lecturas realizadas en campo sector San Simón periodo 2015-2016.....	82
Anexo 13. Datos dasométricos de las tres lecturas realizadas en campo sector Uritusinga periodo 2015-2016.....	83
Anexo 14. Análisis físico-químico de los suelos.	84
Anexo 15. Interpretación de resultados del análisis físico-químico de los suelos.....	85
Anexo 16. Tríptico divulgativo de la tesis realizada.....	86
Anexo 17. Socialización de resultados obtenidos en el trabajo de investigación.....	89
Anexo 18. Artículo Científico del trabajo de investigación.....	90

**“ESTUDIO FENOLÓGICO Y ANÁLISIS DE LAS
CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DONDE SE
DESARROLLA *Cinchona officinalis* L. EN CUATRO
RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA”**

RESUMEN

El Ecuador es uno de los 17 países megadiversos del mundo, debido a sus ecosistemas, especies, recursos genéticos, tradiciones y costumbres de su gente. Uno de los ecosistemas importantes son los bosques montanos tropicales, representan uno de los hábitats más diversos del mundo. Especialmente, los Andes orientales y occidentales son uno de los «puntos calientes» de biodiversidad (Myers *et al.*, 2000).

Al mismo tiempo, los bosques montanos representan un ecosistema muy frágil por sus fuertes pendientes que los hacen vulnerables a una erosión extremadamente acelerada en condiciones de intensas lluvias. El incremento de la población y el incremento de la necesidad por recursos (leña, recursos minerales, pastizales, agricultura) han venido disminuyendo la extensión del bosque montano continuamente.

Bajo esta perspectiva, y con el ánimo de aportar a la restauración de los ecosistemas de bosque montano, se realizó la presente investigación: **“Estudio fenológico y análisis de las características del suelo donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L., en cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja”**, la misma que se desarrolló en la comunidad de Selva Alegre cantón Saraguro, Uritusinga cantón Catamayo, El Naque y San Simón cantón Loja, cumpliendo con los siguientes objetivos: a) determinar los periodos fenológicos (floración y fructificación) de *Cinchona officinalis* L., en cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja y analizar la relación que existe entre las fases fenológicas y los factores climáticos de la zona, b) analizar las características del suelo de los relictos boscosos donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja; y, c) difundir los resultados de la investigación a los actores sociales interesados, para su conocimiento y aplicación.

Para el estudio de la fenología, se evaluaron (floración y fructificación) 97 árboles de *Cinchona officinalis* L., 26 árboles en Selva Alegre, 24 árboles en El Naque, 25 árboles en San Simón y 22 árboles en Uritusinga; , con información secundaria proporcionada por el Proyecto de investigación **“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”** con la evaluación que se realizó posteriormente se realizó los calendarios fenológicos y dendofenogramas para cada sector de estudio.

Así mismo, respecto a la relación del crecimiento de la especie, con las características del suelo, se realizó un análisis físico-químico del suelo, para ello se realizaron calicatas

en cada sector de estudio y se tomaron muestras de suelo, que posteriormente fueron llevadas al laboratorio de la Universidad Nacional de Loja para sus análisis. El análisis de suelo consistió en determinar la textura de suelo, el pH del mismo, porcentaje de Materia orgánica que contiene, además, determinar los macro y micronutrientes que lo componen, adicionalmente se determinó la conductividad eléctrica y la capacidad de intercambio catiónico. Para conocer el crecimiento de la especie, se realizó la toma de datos dasométricos como el DAP y la altura por un periodo de dos años, realizando tres mediciones (inicio, medio y final). Con esta base de datos se calculó también el área basal y volumen, determinado así la dinámica de crecimiento de la especie.

Como resultados se obtuvo que: La floración de *Cinchona officinalis* L., comprende periodos permanentes durante todo el año, dándose lugar en todos los meses por lo general no superando el 50% de intensidad del fenómeno. La fructificación del mismo modo se la pudo observar durante todos los meses del año, cabe adicionar que no se notaron periodos marcados de ocurrencia de los fenómenos, ya que durante las visitas se encontraban frutos maduros y otros en etapa inicial de formación al igual que las flores. De la misma forma, la relación existente entre los eventos fenológicos y los factores ambientales como la precipitación no fue muy evidente, así mismo con la temperatura, ya que se observó que se mantenía constante este fenómeno climático.

En cuanto a los resultados del análisis físico-químico del suelo, una característica importante de estos suelos es que son muy ricos en Hierro (Fe), además de contener una textura con partículas de arena (Franco arenosos), se determinó que el pH de los suelos es ácido. En cuanto a Materia orgánica, los cuatro sectores la contenían, pero únicamente el sector San Simón contenía o eran más ricos en MO. Concerniente al crecimiento de *Cinchona officinalis* L., en DAP el sector que presenta mayor crecimiento en esta variable es San Simón con un 0,36 cm de DAP promedio por individuo, seguido por el sector Selva Alegre, Uritusinga y por último EL Naque. En cuanto a altura, es el sector Uritusinga donde el crecimiento es mayor con un 0,28 m promedio por individuo, seguido por los tres sectores restantes. Con estos datos se determinó el área basal y volumen promedio por individuo y como resultado el sector con mayor crecimiento fue Selva Alegre en las dos variables. Realizando una comparación con el análisis de suelo este sector Selva Alegre, los suelos de este sector contiene mayores concentraciones de potasio, en conclusión este nutriente contribuye en el crecimiento de la especie.

ABSTRACT

Ecuador is one of the 17 megadiverse countries of the world, because of their ecosystems, species, genetic resources, traditions and customs of its people. An important ecosystem is the montane tropical forests, which represent one of the most diverse ecosystems in the world. In particular, the eastern and western Andes is one "hot-spot" of biodiversity (Myers *et al.*, 2000).

At the same time, montane forests represent a very fragile ecosystem because of its steep slopes that make them vulnerable for their extremely rapid erosion in conditions of heavy rains. The increase of the population and the increase in the need for resources (firewood, mineral resources, pastures, and agriculture) have been decreasing the extension of montane forest continuously.

In this perspective, and with the aim of contributing to the restoration of montane forest ecosystems, this research was carried out: "Phenological study and analysis of soil characteristics where *Cinchona officinalis* L., is growing, in four forest relics in the province of Loja". This research was carried out in the community of Selva Alegre canton Saraguro, Uritusinga canton Catamayo and El Naque and San Simón canton Loja, fulfilling the following objectives: a) to determine the phenological periods (flowering and fructification) of *Cinchona officinalis* L., in the province of Loja and to analyze the relationship between the phenological phases and climatic factors of the area, b) to analyze the soil characteristics of the forest relics where *Cinchona officinalis* L. is growing, in the four forest relics of the province of Loja; And, c) to disseminate the results of this research to the social actors, for their knowledge and application.

For the study of phenology, 97 trees of *Cinchona officinalis* L., 26 trees in Selva Alegre, 24 trees in El Naque, 25 trees in San Simón and 22 trees in Uritusinga were evaluated (flowering and fruiting); , With secondary information provided by the research project "Identification and description of the current status of *Cinchona officinalis* L. in the province of Loja and generation of protocols for in vivo and in vitro propagation" and the evaluation that was carried out subsequently Phenological calendars and dendrophenograms for each study area. Similarly, in relation of the species the characteristics of the soil, a physical-chemical analysis of the soil was carried out. For

this aim, potholes were carried out in each study site and soil samples were taken, and they were taken to the laboratory of the National University of Loja for their analysis. The soil analysis consisted in determining the soil texture, the pH of the soil, the percentage of organic matter, as well as determining the macro and micronutrients that compose it. Additionally the electrical conductivity and the cation exchange capacity were determined. Likewise, in order to know the growth of the species, we performed the measurements of the DAP and height for a period of two years, during which time three measurements were taken at the beginning, middle and end. With this database, the basal area and volume were calculated, and with this data the growth dynamic was determined.

These results were obtained: The flowering of *Cinchona officinalis* L., includes permanent periods throughout the year, occurring in all months, and usually not exceeding 50% intensity of the phenomenon. The fruiting in the same way was observed during all the months of the year, it is possible to be added that there were no marked periods of occurrence of the phenomena, since during the visits were mature fruits and others in initial stage of formation as the flowers. In the same way, the relationship between phenological events and environmental factors such as precipitation was not very evident, as well as temperature, since it was observed that this climatic phenomenon was kept constant.

Results of the physical-chemical analysis of the soil, an important characteristic of these soils is that they are rich in Iron (Fe), besides contain a texture with sand particles (Franco sandy). It was determined that the pH of the soil is acidic. Related to the organic matter, the four sites contained it, but only the San Simon sector was richer in OM. Concerning the growth of *Cinchona officinalis* L., in DAP the sector with the highest growth in this variable was San Simón with 0.36 cm of average DAP per individual, followed by the Selva Alegre sector, Uritusinga and finally The Naque. In terms of height, in the Uritusinga sector the growth was high with an average of 0.28 m per individual, followed by the other three sectors. With this data the basal area and average volume per individual were determined and as a result the sector with the highest growth was Selva Alegre in this two variables. Compared with the soil analysis of the Selva Alegre site, the soils of this sector contained higher concentrations of potassium, in conclusion this nutrient contributes to the growth of the species.

1. INTRODUCCIÓN

El árbol de quina (*Cinchona officinalis*), nativo de la provincia de Loja – Ecuador, no ha sido utilizado para su producción comercial. Las plantaciones más recientes datan del siglo XIX, cuando la quinina era extraída como única cura para combatir la malaria en todo el mundo. En 1997, el taller de Etnobotánica y Botánica Económica, calificó a la *Cinchona* como una planta potencialmente amenazada a nivel nacional, debido a la sobreexplotación para su comercio (Buitron, 1999). Debido a esto, la especie fue considerada como una de las plantas que ha transformado la historia de la humanidad por su éxito en la lucha contra la malaria.

Todas estas acciones que sumadas al incremento demográfico y la ampliación de la frontera agrícola, han resultado en la reducción de las poblaciones de cascarilla y una baja regeneración natural (Anda, 2002).

La ampliación de la frontera agrícola es también uno de los grandes problemas para que muchas especies desaparezcan; y además, degradan los suelos cuando se aplican malas prácticas agrícolas, ya que este es uno de los recursos naturales más importantes y posiblemente el menos conocido en el Ecuador. El término suelo deriva de la palabra latina “Solum” que significa piso; por lo que se define al suelo como la capa superficial de la tierra que sirve de sustento para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Ramón & Reyes, 2005).

En la provincia de Loja, según el INEC de 1990, aproximadamente el 50 % de la población tenían como principales actividades económicas a la agricultura la ganadería; situación que, en la actualidad, no se ha modificado sustancialmente. Por lo que dependen directamente de las condiciones del suelo para llevar a cabo sus actividades agropecuarias/productivas (Philo, 1994).

Frente a esta problemática, el gobierno actual a través del Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) está ejecutando el Plan Nacional de Restauración Forestal con fines de protección y conservación, cuya meta es reforestar 500 000 has (en el periodo 2014 – 2017) utilizando especies nativas de uso no maderable y de interés para las comunidades. El MAE, en conjunto con esfuerzos complementarios de otras instituciones gubernamentales como los GADs (provinciales y juntas parroquiales)

serán la base para fortalecer los procesos de conservación del recurso forestal, la protección de recurso hídrico, el suelo, etc (MAE, 2014).

Es por ello, que la reforestación con especies nativas constituye una herramienta promisoría para la restauración de ecosistemas degradados en la región sur del Ecuador; sin embargo, hace falta un mejor conocimiento de la ecología, silvicultura y la biología reproductiva de las especies forestales; por ello el mejoramiento de los conocimientos en técnicas de propagación constituye un aspecto fundamental en el proceso de restauración (Aguirre *et al*, 2007).

Bajo esta perspectiva, y con el ánimo de aportar a la conservación y restauración de *Cinchona officinalis*, se realizó la presente investigación: **“Estudio fenológico y análisis de las características del suelo donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L., en cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja”**; la misma que consistió en realizar un estudio de la fenología y características del suelo donde crece la especie en la provincia de Loja, el estudio de la fenología consistió en evaluar la floración y fructificación de esta especie por un periodo de dos años. Por otro lado, el estudio de las características del suelo donde se desarrolla esta especie se realizó mediante un análisis de las características físico-químicas del suelo donde crece la especie. Además, como referencia para determinar la relación de las características del suelo con el crecimiento de la especie, se realizaron mediciones en campo de DAP y altura de los individuos de *Cinchona officinalis* L.

Finalmente, la investigación se realizó en cuatro sectores de la provincia de Loja; Selva Alegre ubicado en el cantón Saraguro, Uritusinga perteneciente al cantón Catamayo y El Naque y San Simón que se encuentran en el cantón Loja; durante el período comprendido entre marzo 2015 hasta noviembre del 2016, en el marco del Proyecto de investigación: **“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”**, el mismo que se viene ejecutando en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Universidad Nacional de Loja.

Los objetivos propuestos para realizar la presente investigación fueron los siguientes:

Objetivo General

Contribuir al conocimiento de la fenología y las características del suelo, donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L., en la provincia de Loja, con la finalidad de contribuir a la conservación de la especie.

Objetivos Específicos

- 1 Determinar los periodos fenológicos (floración y fructificación) de *Cinchona officinalis* L., en la provincia de Loja y analizar la relación que existe entre las fases fenológicas y los factores climáticos de la zona.
- 2 Analizar las características del suelo de los relictos boscosos donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja.
- 3 Difundir los resultados de la investigación a los actores sociales interesados, para su conocimiento y aplicación.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Fenología

2.1.1. Definición

La fenología es el estudio de los cambios visibles que se producen en un vegetal, en el transcurso de un ciclo o periodo, que abarcan la floración, foliación, fructificación, colorido otoñal del follaje y su caída con la consecuente exhibición del tronco y sus ramas (Vazquez, 2011).

Las investigaciones fenológicas se centran en la observación de los cambios en la morfología externa de la planta, con aparición, transformación o desaparición relativa de determinados órganos o distintos acontecimientos, que se denominan fenómenos fenológicos (Castillo, 2001).

2.1.2. Importancia de la fenología

El conocimiento fenológico contribuye al entendimiento de los patrones reproductivos y vegetativos de las plantas, contribuye a la solución de algunos problemas forestales, ya que sienta bases para comprender la biología de las especies, la dinámica de las comunidades, las interacciones planta-animal. Este conocimiento proporciona información sobre la disponibilidad de recursos a lo largo del año y permite determinar las estrategias de recolecta de frutos, lo que puede favorecer la calidad y cantidad de semillas para la producción de nuevas plántulas (Mantovani *et al*, 2003).

Por otro lado los procesos fenológicos hoy en día han tomado una gran importancia debido al proceso de calentamiento global, es por eso que la fenología reproductiva ha mostrado sensibilidad a los indicadores del clima, de tal manera que se han observado variaciones en los periodos reproductivos de las especies, ya sea atrasando o adelantando la producción de semillas (Márquez *et al*, 2010).

2.1.3. Fenómenos fenológicos

2.1.3.1. Defoliación

Es el desprendimiento natural de las hojas, principalmente de los árboles y arbustos, debido a los cambios bruscos en el ambiente o provocados por plagas e insectos (Font Quer, 1953).

2.1.3.2. Fructificación

Este fenómeno comprende la aparición inicial del fruto y su retención hasta la madurez, el fruto es fértil cuando produce semillas viables. La fructificación es influida por varios factores externos como: los nutrientes; podas, injertos, aspersiones hormonales, la localidad, la estación, la edad, el vigor de las plantas y, diferentes factores abióticos y su relación en las diferentes fases (Fuller & Marino, 1969).

2.1.3.3. Floración

Es el desarrollo de las flores, desde el momento de la antesis de las más precoces hasta la marchitez de las más tardías, de un individuo vegetal o de una especie, considerada en una determinada localidad (Font Quer, 1953).

2.1.4. Acontecimientos fenológicos y Elementos de tiempo

2.1.4.1. Fenofase

La aparición, transformación o desaparición rápida de los órganos de la planta se llama fase. Dado que entre la sucesión de fenómenos meteorológicos y la sucesión de las fases de las especies vegetales debe existir una exacta coincidencia de condiciones climáticas, se dice que las plantas en fenología desempeñan un papel análogo al de los aparatos registradores en meteorología (De la Fina & Ravelo, 1985).

2.1.4.2. Subperíodo

Es el tiempo transcurrido entre fase y fase, donde las condiciones meteorológicas se mantienen estables (Gastiazoro, 2001).

2.1.4.3. Fechas

La anotación de una fecha en que se produce una determinada fase, se denomina fenodata. En fenología se trazan las isofenas, que son líneas que unen puntos donde un fenómeno de la naturaleza (fase) tiene lugar en la misma fecha (Salinas & Cueva, 1992).

2.1.5. Principales causas de los Fenómenos periódicos de los vegetales

Se ha determinado que los elementos del clima que más influencia ejercen son los siguientes:

- La variación de la temperatura a través del año.
- La variación periódica de la duración del día.
- El régimen pluviométrico.

Según investigaciones, la temperatura y la duración del día, en estrecha vinculación, tendrían una acción preponderante (De la Fina & Ravelo, 1985).

2.1.6. Influencia de algunos factores del clima en las fases fenológicas

La zona montañosa andina, que tiene entre 100 a 120 Km de ancho y como 700 Km de largo en el Ecuador, recorre el territorio de norte a sur y está formada por tres importantes conjuntos que son: La cordillera occidental, la fosa interandina y la cordillera real u oriental. Las dos cordilleras andinas están alineadas en el territorio de manera paralela, con alturas medias entre 4 000 y 4 500 metros, mientras la fosa interandina entre 2 200 y 2 800 metros, forma un alargado valle separado de trecho en trecho por macizos montañosos transversales denominados nudos. Esta distribución en forma de valles intramontanos ha logrado una individualidad espacial de cuencas rodeadas de montañas que las denominamos hoyas. Estas formaciones han permitido una variedad de climas que van desde los muy húmedos hasta los climas secos; y, desde los macro térmicos de las selvas a los gélidos de las montañas (Gómez, 1989).

2.1.6.1. La temperatura

La temperatura es uno de los factores ecológicos más conocidos, sus variaciones producen influencias marcadas y determinan el desarrollo y distribución de las plantas, la acción combinada de la temperatura y la humedad inciden directamente sobre la forma de crecimiento y sobre el modo de vida (Agudelo, 1993).

En las regiones vecinas al Ecuador la temperatura es muy constante durante todo el año, sucediendo lo mismo con la duración del día, que siempre es de aproximadamente 12 horas. Bajo esas condiciones, si las lluvias son también uniformes durante el año, las plantas no presentan periodicidad en su desarrollo y en cualquier época las plantas crecen, florecen y fructifican simultáneamente (De la Fina & Ravelo, 1985).

2.1.6.2. La precipitación

Las precipitaciones denominadas orográficas tienen lugar principalmente en la región montañosa y provienen del movimiento vertical de la atmósfera. Este fenómeno del deslizamiento del aire frío por los fuertes declives del relieve brinda la ocasión a las masas de aire caliente cargadas de humedad, de ascender hacia regiones atmosféricas más altas en donde halla núcleos de condensación. Esto se debe a que la atmósfera se va enfriando conforme se sube en altura, ya que cada 200 metros que se asciende, baja un grado de temperatura (Gómez, 1989).

En general las regiones con régimen de precipitación ecuatorial prácticamente carecen de estaciones anuales y el ritmo fenológico está determinado por el clima. Cuando la precipitación anual se produce alternamente, se puede diferenciar entre época seca y lluviosa; cada una de éstas épocas imprime su ritmo en la vegetación (Lamprecht, 1990).

2.1.7. La observación fenológica

La observación de los fenómenos fenológicos de plantas silvestres, se pueden realizar mediante las siguientes normas:

- No debe registrarse la fecha de un fenómeno hasta que no esté bien confirmada su aparición en muchas plantas.
- Debe tomarse buena nota de “fecha y mes” de las siguientes características:
 - ✓ Floración (primeras flores); los estambres de las flores son bien visibles.
 - ✓ Brotación (primeras hojas); árboles verdeando unos días después del brote.
 - Maduración de frutos (frutos sazonados); color y tamaño apropiado.
 - ✓ Defoliación (caída de la hoja); las ramas van quedando desnudas.
 - ✓ Recolección (cosecha de semillas) (García & García, 1978).

2.2. Suelo

2.2.1. Definición

Buckman y Brady (1996) manifiestan que el suelo es un cuerpo natural que posee tanto profundidad como extensión, como producto de la naturaleza, resultante tanto de

fuerzas destructivas como constructivas. El empobrecimiento de los sistemas mineralizantes y microbianos.

2.2.2. Importancia de suelo

La importancia del suelo está dada por la cantidad adecuada de nutrientes, agua y aire, que es capaz de suministrar a las plantas para permitirles crecer y producir bien. El suelo sirve como soporte y provee parte del alimento y del espacio vital que requieren las comunidades animales y vegetales para desarrollarse y multiplicarse. Su importancia es capital en el mantenimiento de la vida (Huachi, 2008).

2.2.3. Propiedades del suelo

Una propiedad física química o biológica del suelo es aquella que caracteriza al suelo; por ejemplo, la composición química y la estructura física del suelo están determinadas por el tipo de material geológico del que se origina, por la cubierta vegetal, por el tiempo en que ha actuado el interperismo (desintegración por agentes atmosféricos), por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas a través del tiempo (Volke, 2005).

2.2.3.1. Propiedades físicas

Las características físicas de un suelo en condiciones húmedas y secas para las edificaciones, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la retención de nutrimentos de las plantas, etc. están íntimamente conectados con la condición física del suelo (Porta *et al*, 2003).

a. Textura

La textura de un suelo está determinada por las cantidades de partículas minerales inorgánicas (medidas como porcentajes en peso) de diferentes tamaños (arena, limo y arcilla) que contiene. Las partículas de arena son comparativamente de tamaño grande (0.05-2mm) y, por lo tanto, exponen una superficie pequeña comparada con la expuesta por un peso igual de partículas de arcilla o de limo. El tamaño de partícula de los limos va de 0.002 a 0.05mm, tiene una velocidad de intemperización más rápida y una

liberación de nutrimentos solubles para el crecimiento vegetal mayor que la arena. El tamaño de partícula de los suelos arcillosos es menor a 0.002mm; tienen la capacidad de retener agua contra la fuerza de gravedad (Buckman & Brady, 1996).

b. Porosidad

Fracción agua/gases. Los espacios o poros que hay entre partículas sólidas (orgánicas e inorgánicas) del suelo, contienen diversas cantidades de dos componentes inorgánicos clave: el agua y el aire. El agua es el principal componente líquido de los suelos y contiene sustancias minerales, oxígeno y bióxido de carbono en disolución, mientras que la fase gaseosa en los suelos está constituida por aire. Dependiendo del contenido de humedad del suelo, los poros se encuentran ocupados por agua o por aire (Aguilera, 1989).

2.2.3.2. Propiedades químicas

La química de suelos es la ciencia que estudia las propiedades químicas del suelo y de sus componentes inorgánicos y orgánicos, así como los fenómenos a que da lugar la mezcla de esos componentes (Buckman & Brady, 1996).

a. Potencial de Hidrógeno en Suelo (pH)

Una de las características del suelo más importantes es su reacción, ésta ha sido debidamente reconocida debido a que los microorganismos y plantas superiores responden notablemente tanto a su medio químico, como a la reacción del suelo y los factores asociados con ella. Tres condiciones son posibles: acidez, neutralidad, y alcalinidad (Buckman & Brady, 1996).

b. Materia orgánica

La materia orgánica del suelo constituye la fracción orgánica que incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de organismos que viven en el suelo así como sustancias producidas por los organismos del suelo. La parte más estable de esta materia orgánica se llama humus, que se obtiene de la descomposición de la mayor parte de las sustancias vegetales o animales añadidas al suelo. La fracción orgánica del suelo regula los procesos químicos que allí ocurren,

influye sobre las características físicas y es el centro de casi todas las actividades biológicas en el mismo, incluyendo la microflora y la fauna (Bornemisza, 1982).

2.2.4. Nutrientes del suelo

Para que las plantas crezcan sanas y produzcan bien, es necesario que el suelo posea suficientes nutrientes. Para satisfacer adecuadamente las necesidades individuales de los cultivos es importante que los nutrientes se mantengan balanceados en el suelo. La escasez de uno de ellos puede disminuir seriamente el rendimiento y desarrollo del suelo (Huachi, 2008).

2.2.4.1. Macro elementos

El grupo de los macro-elementos primarios está constituido por el N, el P en forma de P_2O_5 y el K en forma de K_2O . Se denomina así porque, normalmente, la tierra no puede administrarlos a las plantas en las cantidades relativamente altas que esta necesitan para desarrollarse saludablemente (Huachi, 2008).

2.2.4.2. Micro elementos

Estos elementos se encuentran disponibles en la mayoría de los suelos. Las tierras arenosas, turbosas y de mantillo son las más frecuentemente deficientes (B, Cu, Mn, Mo y Zn) (Huachi, 2008).

2.3. Crecimiento de los árboles

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. Además, indica que el crecimiento es un proceso cuantitativo, relacionado con el aumento en masa del organismo y, el desarrollo cualitativo se refiere a los cambios experimentados por la planta durante la fase de crecimiento (Cocios, 1996).

2.3.1. Tipos de crecimiento

2.3.1.1. Crecimiento diamétrico

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, etc (Loján, 1997).

El crecimiento del DAP, se refiere al aumento de diámetro del árbol en un periodo de tiempo. 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 a inicio y final del periodo (Loján, 1997).

También el crecimiento diamétrico se define como el aumento en grosor del tronco en cada árbol debido a la actividad del cambium, generadora de líber hacia fuera y leño (madera) hacia adentro. El crecimiento diametral del árbol individual es afectado por la espesura, es muy sensible a cambios en ésta, como aquellos causados por el aclareo. El crecimiento diametral determina el grado de aprovechamiento de la madera (Aldana, 2010).

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

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

Dónde:

Cr.DAP = Crecimiento diamétrico

DAPf = Diámetro al final del periodo

DAPi = Diámetro al inicio del periodo

2.3.1.2. Crecimiento 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).

$$Cr.H = Hf - Hi$$

Dónde:

Cr. H = Crecimiento en altura

Hf = Altura al final del periodo

Hi = Altura al inicio del periodo

2.3.1.3. Crecimiento 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 de tiempo; este incremento se evalúa con base a la medición del diámetro, vale indicar que un crecimiento de área basal constante por año significa que el crecimiento diamétrico va en disminución (Loján, 1977).

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

$$Cr.G = Gf - Gi$$

Dónde:

Cr. G = Crecimiento en área basal

Gf = área basal final

Gi = área basal inicial

2.3.1.4. Crecimiento volumétrico

Loján (1977), define al crecimiento volumétrico como el cambio de volumen en un periodo de tiempo, 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. El crecimiento longitudinal es más importante durante la juventud, 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. El crecimiento volumétrico depende también de la forma del árbol, la cual es afectada por la espesura (Aldana, 2010).

$$Cr.V = Vf - Vi$$

Dónde:

Cr. V = Crecimiento volumétrico

Hf = Volumen al final del periodo

Hi = Volumen al inicio del periodo

2.3.1.5. Incremento o crecimiento periódico anual

El incremento o crecimiento periódico anual, es el crecimiento durante un periodo de varios años. Por ejemplo el crecimiento promedio del volumen en 5, 10, 15 años. Se calcula en base a los valores al principio y final del periodo, y el número de año (Loján, 1997).

Dicho incremento periódico anual se lo 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

2.4. Descripción de la especie (*Cinchona officinalis* L.)

2.4.1. Clasificación botánica

- **ORDEN:** RUBIALES
- **FAMILIA:** RUBIACEAE
- **GÉNERO:** *Cinchona*
- **ESPECIE:** *officinalis*
- **NOMBRE COMÚN:** Cascarilla, quina o quinina

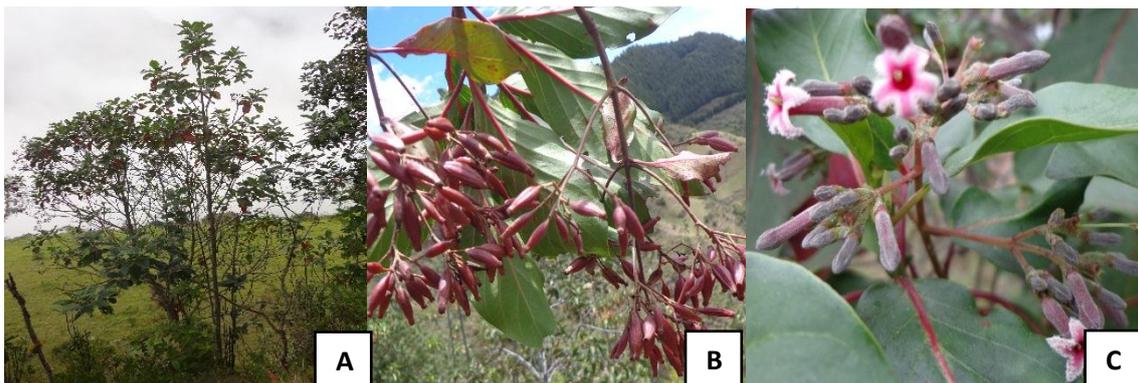


Figura 1. Atributos botánicos de la especie *Cinchona officinalis*: A) árbol con follaje, B) frutos y C) inflorescencia.

2.4.2. Descripción botánica

Las cinchonas son de origen sudamericano, su hábitat son 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 los 640 hasta los 3200 m.s.n.m y entre los 10°C y 23°C, en un ambiente generalmente húmedo y lluvioso durante todo el año (Loján, 1997).

Es un árbol mediano de 16m de altura promedio, con un diámetro aproximado de 28 cm, su fuste es leñoso y ramificado, su corteza es de color gris y de 0,5 cm de espesor su fruto es una cápsula oblonga, de 1 a 2 cm de largo (Loján, 1997).

2.4.3. Reproducción

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 y el principal agente dispersante es el viento y el agente polinizador son las aves (Loján, 1997).

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.

2.4.4. Usos

La madera de esta especie se utiliza para postes, puntales, vigas, leña y carbón. La corteza, que tiene aplicaciones medicinales por los compuestos metabólicos, por tal motivo la *Cinchona* se explotó en varios países, principalmente en el Ecuador, constituyéndose en el primer fármaco-terapéutico que aportó América a la Farmacopea Universal (Ulloa & Jorgensen, 2000).

La corteza de la *Cinchona* sigue siendo usada en la actualidad para el tratamiento de la malaria como una droga terapéutica para casos severos de la enfermedad y ante cepas del plasmodio resistentes a drogas antimaláricas sintéticas (Loján, 1997).

2.4.5. Tipos de suelo donde se desarrolla

Los suelos que se han encontrado más adecuados para el desarrollo de Cinchona o quina, son aquellos de origen volcánico intemperizado, suelos profundos, desmoronables, fértiles y bien drenados, con una espesa cubierta de materia orgánica y una elevada capacidad retentiva de humedad y particularmente ricos en calcio. La quina, por supuesto, puede crecer en una amplia variedad de tipos de suelo, pero para el mejor desarrollo de los árboles los suelos se deben aproximar a las exigencias anteriormente dichas (Anacafé, 2004).

Los suelos donde se encuentran estas especies se clasifican como coluviales y aluviales. Suelos de profundidad media a muy profundos; de textura media; de reacción ácida a neutra (Anacafé, 2004).

3. METODOLOGÍA

3.1. Ubicación del 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 2).

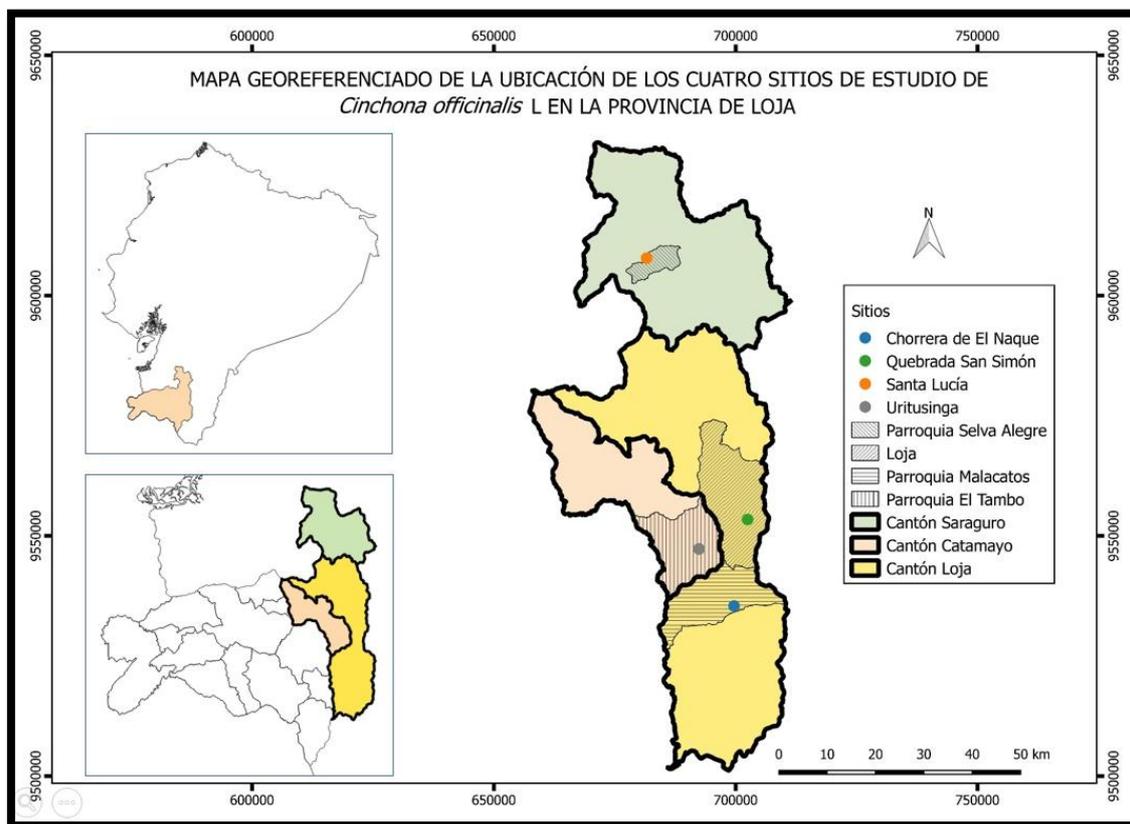


Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio.

Fuente: Archivo del proyecto Cinchona-UNL-2015-2016

3.2. Metodología para el estudio de fenología de la especie *Cinchona officinalis* L.

3.2.1. Determinación de periodos fenológicos

Para establecer los periodos fenológicos de los árboles, se utilizó información secundaria de los fenómenos fenológicos levantada por el proyecto “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*” de la Universidad Nacional de Loja, correspondiente al año 2015. La información proporcionada corresponde a ciertos periodos de observación durante los años 2015 y 2016, no existe información de los eventos fenológicos de todos los meses debido a que no se pudo realizar las salidas de campo en todos los meses durante el periodo de evaluación.

Durante las visitas de campo, se realizó un registro de datos de los fenómenos fenológicos siguiendo la metodología de Condoy y Herrera (2011), que consiste dividir la copa del árbol en cuatro cuadrantes: arriba-derecha (Cuadrante 1), arriba-izquierda (Cuadrante 2), abajo-derecha (Cuadrante 4), abajo-izquierda (Cuadrante 3), tomando como base la pendiente (Figura 3).

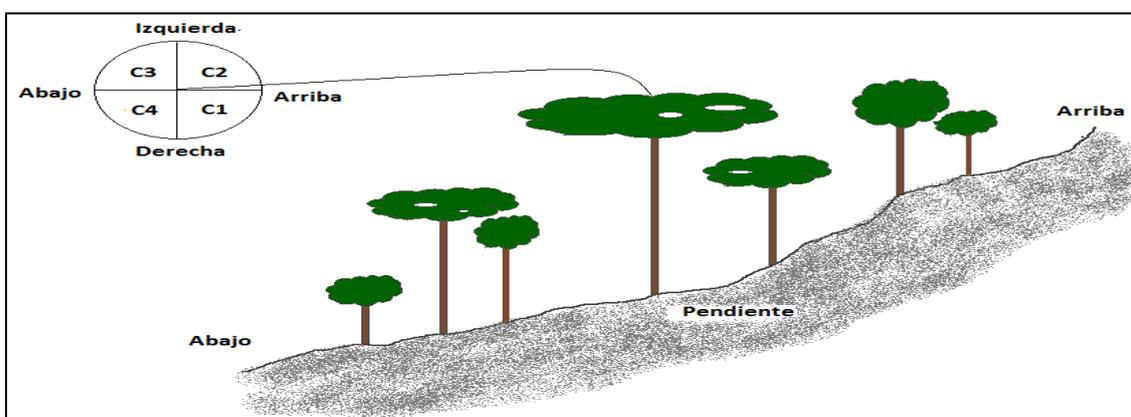


Figura 3. División de la copa del árbol en cuatro cuadrantes en base a la pendiente.
Fuente: (Condoy & Herrera, 2011).

Las características se evaluaron siguiendo la metodología de (Fournier, 1976) mediante una puntuación de 0 a 4, donde cero indica la ausencia total del fenómeno y cuatro la presencia del fenómeno con una magnitud de 76 a 100% (Cuadro 1).

Cuadro 1. Escala de interpretación de los eventos fenológicos.

ESCALA	INTERPRETACIÓN
--------	----------------

0	Ausencia del fenómeno 0%
1	Presencia del fenómeno con una magnitud de 1-25%
2	Presencia del fenómeno con una magnitud de 26-50%
3	Presencia del fenómeno con una magnitud de 51-75%
4	Presencia del fenómeno con una magnitud de 76-100%

Fuente: (Fournier, 1976).

Así mismo, con el uso de una hoja de campo se registró los fenómenos fenológicos de la especie (Cuadro 2).

Cuadro 2. Hoja de campo para el registro de los periodos fenológicos de *Cinchona officinalis* L.

Monitoreo fenológico proyecto <i>Cinchona officinalis</i> L.									
FECHA:					Cada árbol deberá ser observado desde cuatro puntos diferentes (4 cuadrantes, 25% cada cuadrante).				
ESPECIE:									
SECTOR:									
# PARCELA:									
N°	FLORACIÓN (%)				FRUCTIFICACIÓN (%)				OBSERVACIONES
	1	2	3	4	1	2	3	4	
1									
2									

3.2.2. Recolección de datos climatológicos

Se utilizó las variables bioclimáticas de temperatura y precipitación de los registros meteorológicos de Estaciones Meteorológicas La Argelia, Saraguro y Malacatos, para el periodo (2015-2016) proporcionados por el INHAMI.

3.2.3. Elaboración del calendario fenológico

Una vez obtenidos los porcentajes promedios de floración y fructificación de *Cinchona officinalis* L., durante un periodo de evaluación de los dos años, se procedió a realizar el calendario fenológico (Cuadro 3) y (Figura 4).

Cuadro 3. Calendario fenológico de la especie *Cinchona officinalis* L.

RI OD	Año	2015	2016
----------	-----	------	------

FENÓMENO FENOLOGICO	Fase (Meses)	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
	Floración																	
Fructificación																		

También se realizó un gráfico donde se representaran los fenómenos fenológicos y los meses, para ello, se utilizó los datos fenológicos en porcentajes que se representó en el eje de las “y”, en el eje de las “x” se representó el periodo en meses.

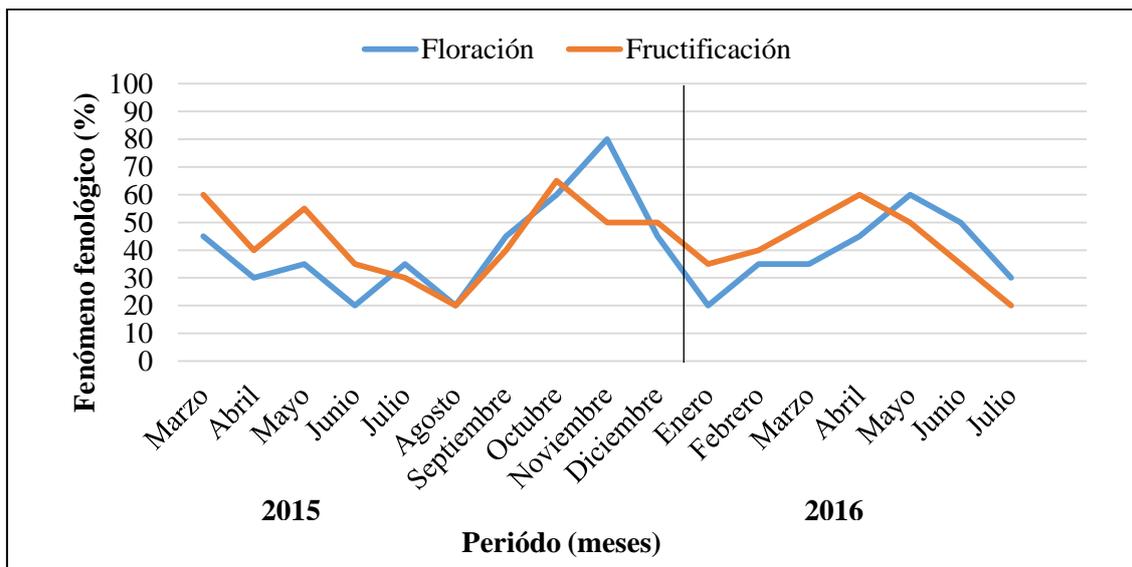


Figura 4. Esquema de presentación del calendario fenológico.

3.2.4. Relación entre fases fenológicas y factores climáticos

Para determinar la relación entre fases fenológicas y los factores climáticos por cada sector, se elaboró un dendofenograma, donde se utilizó los datos climatológicos tanto de precipitación como de temperatura correspondiente al periodo 2015-2016, datos que se obtuvieron de las tres estaciones “Malacatos, La Argelia y Saraguro” del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Con el fin de conocer el efecto de las variables climáticas de la zona en la aparición de los eventos fenológicos de la especie en estudio, se elaboró un dendofenograma para cada sector, el gráfico relaciona

los datos fenológicos (floración, fructificación), con los datos climatológicos (precipitación y temperatura). En donde en el eje “x” del gráfico se presentan las fechas mensuales de observación. En el eje “y1” se presentan los porcentajes de intensidad de los fenómenos fenológicos, así como también los datos correspondientes a la temperatura, y finalmente en el eje “y2” se presentan los datos correspondientes a la precipitación (Figura 5).

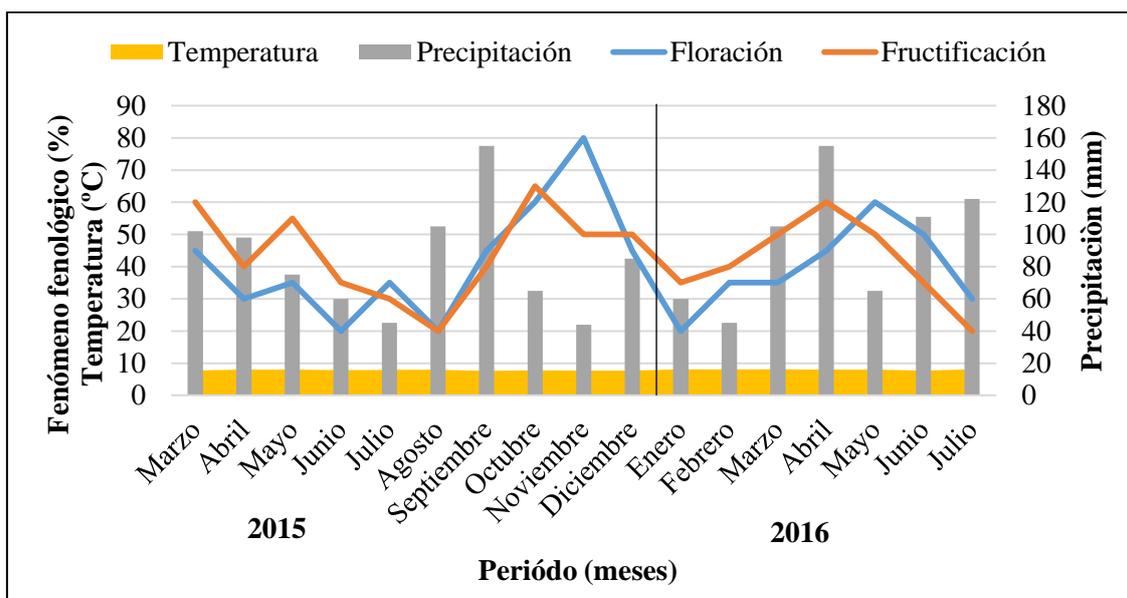


Figura 5. Esquema de la presentación del dendrofenograma.

3.3. Metodología para analizar las características del suelo donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L., y la influencia en el crecimiento de la especie.

3.3.1. Características y análisis físico-químico del suelo

En cada uno de los sectores identificados se realizó un estudio de suelos, a partir del análisis físico-químico en las áreas previamente identificadas donde crece *Cinchona officinalis* L. Para ello, en cada lugar se preparó tres calicatas de 1,2 m de profundidad, 1m de ancho y 1 m de largo, en las cuales se describió el perfil del suelo, siguiendo las normas contenidas en la “Guía y Claves para la Descripción de Perfiles de Suelos” de la FAO (1975). La designación de los horizontes y capas se realizó siguiendo la nomenclatura contenida en el USDA Soil Taxonomy (2010). El registro de datos se lo realizó en la hoja de campo (Cuadro 4).

Con los datos obtenidos de DAP y altura total de los individuos, se procedió a calcular el incremento en cada una de las variables dasométricas durante el periodo 2015 al 2016 para cada sector, mismas que serán representadas gráficamente (Figuras 6 y 7).

Para el cálculo del crecimiento en DAP promedio por individuo, se sumó todos los DAP por árbol, este resultado se dividió para el número total de individuos por cada sector, este cálculo se lo repitió para las tres mediciones que realizó el Proyecto durante dos años.

$$DAP_t = \frac{DAP_1 + DAP_2 + DAP_3 \dots \dots DAP_n}{n}$$

Dónde:

DAP_t = diámetro altura del pecho promedio por individuo

DAP₁, DAP₂ = diámetro individuo 1, diámetro individuo 2

n = número total de individuos

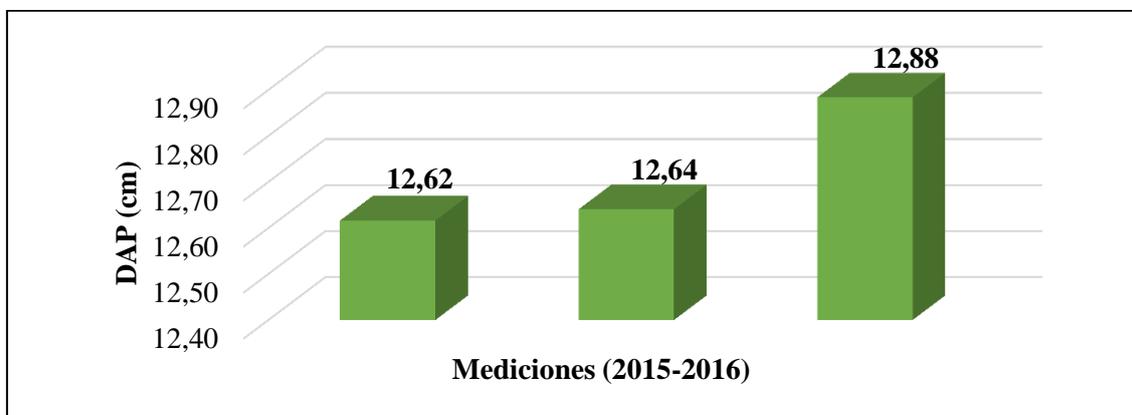


Figura 6. Crecimiento en DAP, de *Cinchona officinalis* L.

Para el cálculo del crecimiento en Altura total, se sumó todas las alturas por individuo, este resultado se dividió para el número total de individuos por cada sector, este cálculo se lo repitió para las tres mediciones que realizó el Proyecto durante dos años.

$$H_t = \frac{H_1 + H_2 + H_3 \dots \dots H_n}{n}$$

Dónde:

Ht = altura promedio por individuo

H₁, H₂ = altura individuo 1, diámetro individuo 2

n = número total de individuos

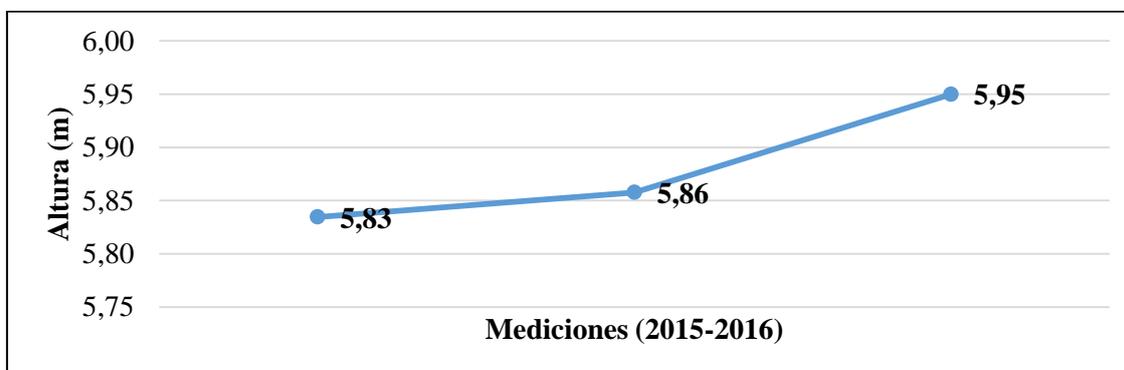


Figura 7. Crecimiento en Altura, de *Cinchona officinalis* L.

3.3.3. Incremento en Área basal relacionado con el aporte de macro-micronutriente del suelo donde se desarrolla de *Cinchona officinalis* L.

Se calculó el área basal por individuo de cada sector, esto con el fin de conocer como contribuyen los macro y micronutrientes (ppm) en el crecimiento y desarrollo de la especie. Para el cálculo de área basal promedio, se procedió a elevar al cuadrado los diámetros de cada individuo y este multiplicarlo por la constante de π sobre 4.

$$G = DAP^2 * 0,7854$$

Dónde:

$$G = \text{Área basal (m}^2\text{)}$$

DAP = Diámetro altura del pecho

0,7854 = Constante de π sobre 4

Una vez obtenida el área basal promedio de cada sector se procedió hacer una relación con los nutrientes del suelo obtenidos en el análisis del mismo, cada macro-micronutriente fueron expresada en partes por millón (ppm) unidades de proporción, y fueron representados en un gráfico para poder observar de mejor manera como aportan estos elementos en el crecimiento de la especie (Figura 8).

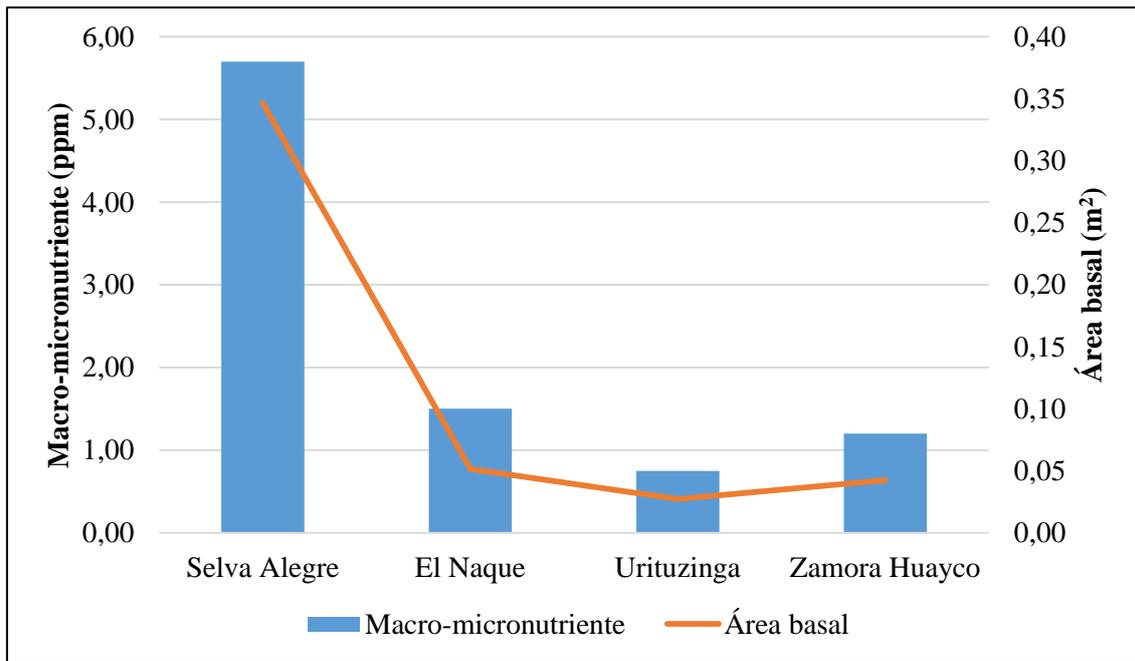


Figura 8. Concentración del macro-micronutriente en relación con el crecimiento en área basal de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro sectores de estudio.

3.3.4. Incremento en Volumen relacionado con el aporte macro-micronutriente del suelo donde se desarrolla de *Cinchona officinalis* L.

De igual manera se calculó el volumen de árboles en cada sector, con el fin de conocer como contribuyen los macro y micronutrientes (pmm) en el crecimiento y desarrollo de la especie, Para el cálculo de crecimiento volumétrico promedio se utilizó la siguiente formula:

$$V = G * H * ff$$

Dónde:

$$V = \text{Volumen (m}^3\text{)}$$

$$G = \text{Área basal (m}^2\text{)}$$

ff = Factor de forma de la especie (0,6)

Una vez obtenida el volumen promedio de cada sector se procedió hacer una relación con los nutrientes del suelo obtenidos en el análisis del mismo, datos que fueron representados en un gráfico para poder observar de mejor manera como aportan estos elementos en el crecimiento de la especie (Figura 9).

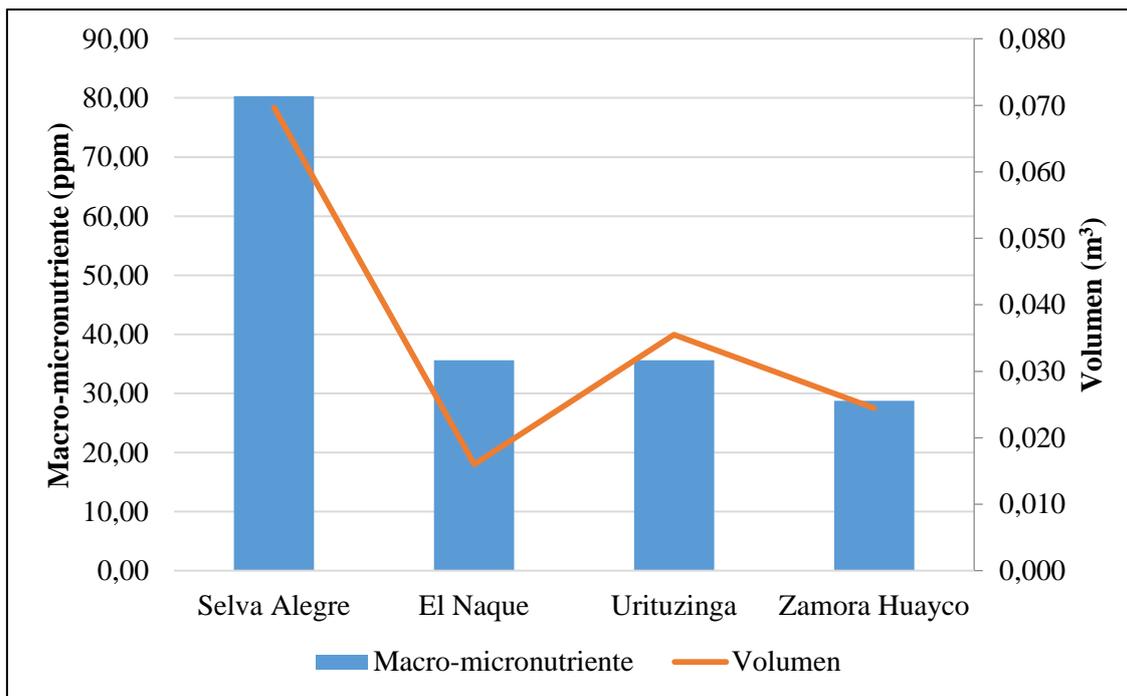


Figura 9. Concentración del macro-micronutriente en relación con el crecimiento en volumen de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro sectores de estudio.

3.4. Difusión de resultados

El cumplimiento de este objetivo se hizo una vez concluida la fase de investigación, mediante la exposición del trabajo realizado a Técnicos del Laboratorio del Micropropagación Vegetal de la Universidad Nacional de Loja y a personas interesadas en conocer la fenología de la especie y las características del suelo donde se desarrolla la misma, de igual manera se elaboró un tríptico sobre el trabajo de investigación.

4. RESULTADOS

4.1. Fenología de *Cinchona officinalis* L.

Para el estudio de la fenológico, se evaluó arboles de *Cinchona officinalis* L., en cuatro sectores de estudio en la provincia de Loja, mismos que se encuentran en parcelas permanentes levantadas por el proyecto “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*” (Ver Cuadro 5).

Cuadro 5. Datos de campo de los árboles de *Cinchona officinalis* L., identificados en los relictos boscosos de la provincia de Loja.

SECTOR	NÚMERO DE PARCELAS	NÚMERO TOTAL DE ÁRBOLES POR PARCELA			NÚMERO TOTAL DE ÁRBOLES
		P 1	P2	P3	
1. EL NAQUE	1	24			24
2. URITUSINGA	3	6	8	8	22
3. ZAMORA HUAYCO	2	12	13		25
4. SELVA ALEGRE	2	18	8		26
TOTAL	8				97

4.1.1. Fenofases de *Cinchona officinalis* L.

4.1.1.1. Fenofases de *Cinchona officinalis* L., sector Selva Alegre

Los porcentajes de ocurrencia alcanzados por los diferentes eventos fenológicos se pueden apreciar en el Cuadro 6 y Figura 10.

Cuadro 6. Porcentajes de ocurrencia de los fenómenos fenológicos, sector Selva Alegre.

AÑO	MESES	FENOFASES	
		Floración (%)	Fructificación (%)
2015	Marzo	Sin dato	Sin dato
	Abril	41,49	24,88
	Mayo	38,99	15,00
	Junio	9,79	7,92
	Julio	4,38	9,86
	Agosto	Sin dato	Sin dato
	Septiembre	Sin dato	Sin dato
	Octubre	Sin dato	Sin dato
	Noviembre	0,00	7,81
	Diciembre	Sin dato	Sin dato
2016	Enero	Sin dato	Sin dato
	Febrero	Sin dato	Sin dato
	Marzo	7,88	13,16
	Abril	Sin dato	Sin dato
	Mayo	11,98	8,65
	Junio	12,88	18,54
	Julio	8,61	27,74

El calendario fenológico indica que la floración de *Cinchona officinalis* L., en el sector Selva Alegre, comprende periodos constantes de floración, dándose lugar este fenómeno durante todos los meses evaluados, siendo el mes de abril y mayo correspondientes al año 2015 con la mayor intensidad posible, durante esos meses se presentaron lluvias que oscilaron entre 50 y 75 mm.

Del mismo modo, la fructificación se pudo evidenciar durante todos los meses evaluados, pero se puede observar que en el mes de abril del 2015 presenta una intensidad mayor, durante este mes la intensidad de lluvia fue 75,8 mm. Para el año siguiente el mes con mayor intensidad del fenómeno es julio, con lluvia de 33,9 mm.

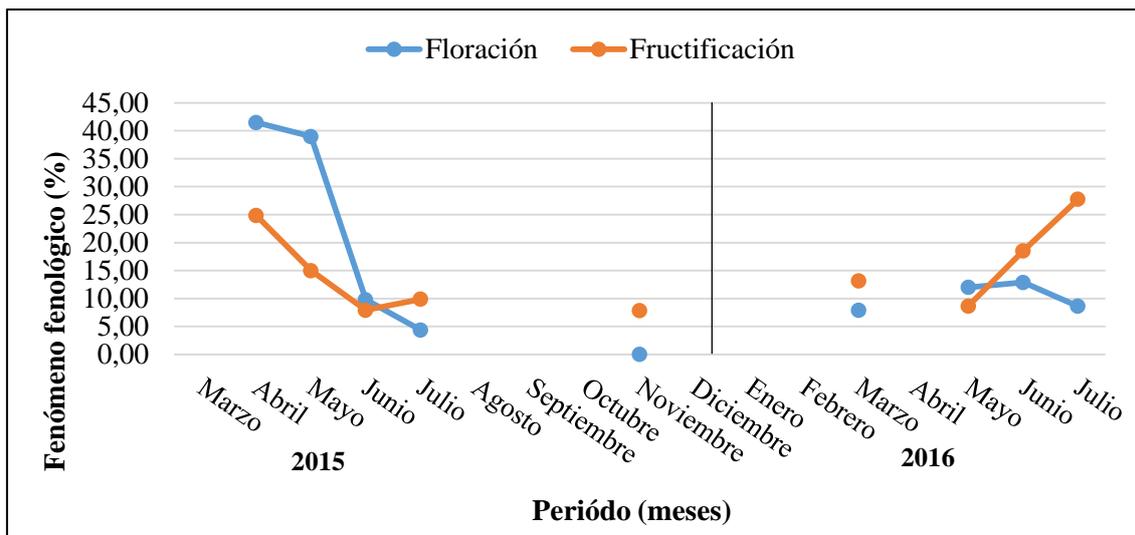


Figura 10. Porcentajes de ocurrencia de fenómenos fenológicos sector Selva Alegre.

4.1.1.2. Fenofases de *Cinchona officinalis* L., sector El Naque

Para el sector El Naque, los porcentajes de ocurrencia alcanzados por los diferentes eventos fenológicos se pueden apreciar en el Cuadro 7 y Figura 11.

Cuadro 7. Porcentajes de ocurrencia de los fenómenos fenológicos, sector El Naque.

AÑO	MESES	FENOFASES	
		Floración (%)	Fructificación (%)
2015	Marzo	5,83	33,96
	Abril	9,90	13,80
	Mayo	14,20	10,00
	Junio	20,40	10,80
	Julio	6,70	9,60
	Agosto	22,70	21,30
	Septiembre	Sin dato	Sin dato
	Octubre	Sin dato	Sin dato
	Noviembre	Sin dato	Sin dato
	Diciembre	Sin dato	Sin dato
2016	Enero	Sin dato	Sin dato
	Febrero	Sin dato	Sin dato
	Marzo	1,00	5,00
	Abril	Sin dato	Sin dato
	Mayo	2,70	1,30
	Junio	5,60	2,30
	Julio	3,30	1,90

El calendario fenológico indica que la floración de *Cinchona officinalis* L., en el sector El Naque, comprende periodos constantes de floración, dándose lugar este fenómeno durante todos los meses evaluados, siendo los meses de junio y agosto 2015 con la mayor intensidad posible, durante estos meses la intensidad de lluvia fue baja fluctuando entre 0,5 a 7,4 mm.

Correspondiente a fructificación se pudo evidenciar durante todos los meses evaluados, pero se puede observar que en los meses de marzo y agosto del 2015 presenta una intensidad mayor, siendo en marzo la intensidad de lluvia alta con 240,7 mm y agosto la intensidad de disminuye a 0,5 mm.

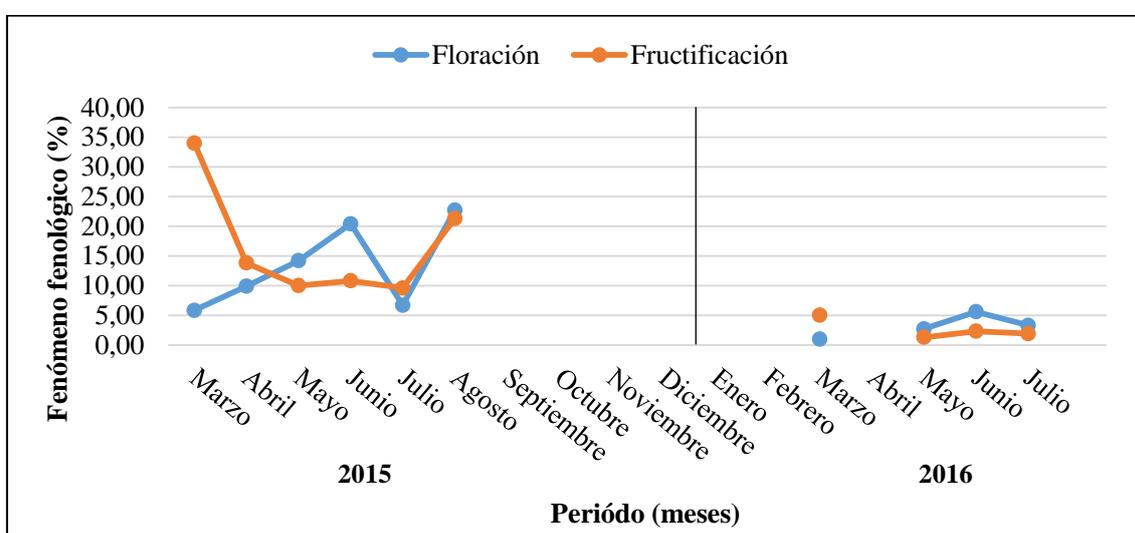


Figura 11. Porcentajes de ocurrencia de fenómenos fenológicos sector El Naque.

4.1.1.3. Fenofases de *Cinchona officinalis* L., sector San Simón

En el sector San Simón, los porcentajes de ocurrencia alcanzados por los diferentes eventos fenológicos se pueden apreciar en el Cuadro 8 y Figura 12.

Cuadro 8. Porcentajes de ocurrencia de los fenómenos fenológicos, sector San Simón.

AÑO	MESES	FENOFASES	
		Floración (%)	Fructificación (%)
	Marzo	Sin dato	Sin dato
2015	Abril	6,88	16,79
	Mayo	0,21	5,21
	Junio	6,11	16,51
	Julio	2,71	7,71
	Agosto	13,67	11,54
	Septiembre	Sin dato	Sin dato
	Octubre	Sin dato	Sin dato
	Noviembre	Sin dato	Sin dato
	Diciembre	26,67	9,29
2016	Enero	Sin dato	Sin dato
	Febrero	Sin dato	Sin dato
	Marzo	6,46	12,29
	Abril	Sin dato	Sin dato
	Mayo	3,96	8,33
	Junio	5,83	12,50
	Julio	3,13	4,58
	Noviembre	12,50	6,80

El calendario fenológico indica que la floración de *Cinchona officinalis* L., en el sector San Simón, comprende periodos constantes de floración, dándose lugar este fenómeno durante todos los meses evaluados, siendo el mes de diciembre del 2015 con la mayor intensidad posible, en este mes se presentaron lluvias con intensidad de 71,4 mm.

En cuanto a fructificación se pudo evidenciar durante todos los meses evaluados, pero se puede observar que en los meses de abril y junio del 2015 presenta una intensidad mayor, durante estos meses las lluvias presentaron una intensidad de 69,3 y 94,2 mm.

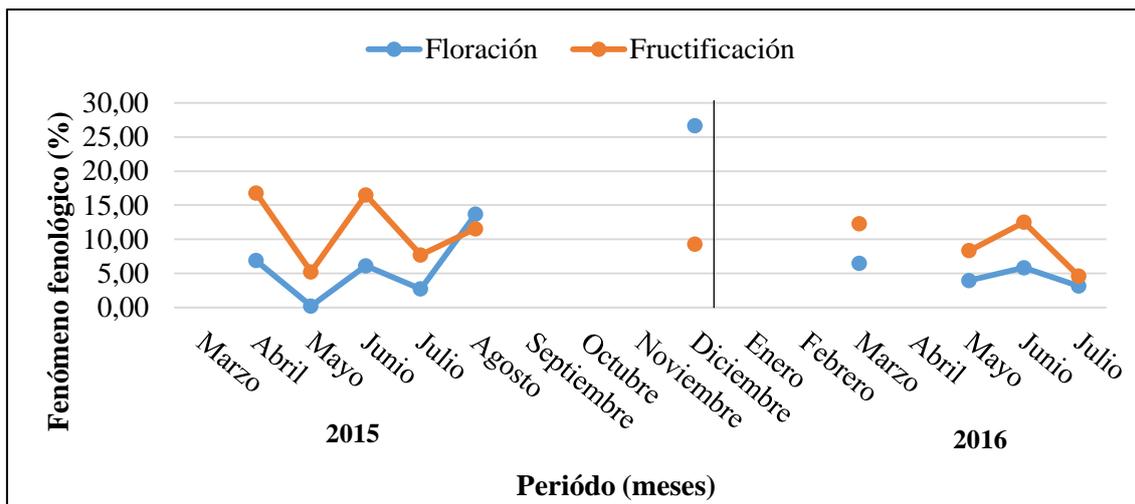


Figura 12. Porcentajes de ocurrencia de fenómenos fenológicos sector San Simón.

4.1.1.4. Fenofases de *Cinchona officinalis* L., sector Uritusinga

Por último en el sector Uritusinga, los porcentajes de ocurrencia alcanzados por los diferentes eventos fenológicos se pueden apreciar en el Cuadro 9 y Figura 13.

Cuadro 9. Porcentajes de ocurrencia de los fenómenos fenológicos, sector Uritusinga.

AÑO	MESES	FENOFASES	
		Floración (%)	Fructificación (%)
2015	Marzo	15,86	45,36
	Abril	26,79	42,08
	Mayo	5,97	24,86
	Junio	13,19	52,01
	Julio	12,00	33,95
	Agosto	16,07	42,57
	Septiembre	Sin dato	Sin dato
	Octubre	Sin dato	Sin dato
	Noviembre	Sin dato	Sin dato
	Diciembre	28,26	22,17
2016	Enero	Sin dato	Sin dato
	Febrero	Sin dato	Sin dato
	Marzo	13,06	25,42
	Abril	Sin dato	Sin dato
	Mayo	5,69	9,58
	Junio	6,88	51,39
	Julio	8,68	24,17
	Noviembre	6,30	11,30

El calendario fenológico indica que la floración de *Cinchona officinalis* L., en el sector Uritusinga, comprende periodos constantes de floración, dándose lugar este fenómeno durante todos los meses que se evaluaron, siendo los meses de abril y diciembre del 2015 con la mayor intensidad posible, durante estos meses las precipitaciones oscilaron entre los 70mm.

En cuanto a fructificación se pudo evidenciar durante todos los meses evaluados, pero se puede observar que en los meses de marzo, abril, junio, agosto del 2015 y junio del 2016 presenta una intensidad mayor. Para el año siguiente el único mes que presenta mayor intensidad de ocurrencia del fenómeno es junio, durante estos meses se presentaron lluvias fluctuaron entre los 50 a 90 mm.

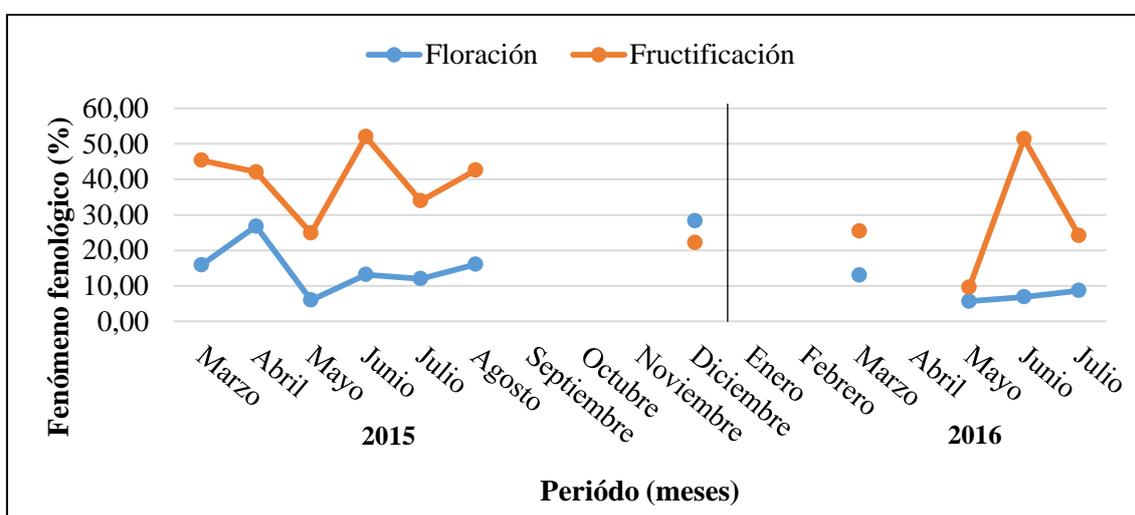


Figura 13. Porcentajes de ocurrencia de fenómenos fenológicos sector Uritusinga.

4.1.2. Calendarios fenológicos de *Cinchona officinalis* L.

Los calendarios fenológicos ayudan a realizar una interpretación rápida de la intensidad y duración de los eventos fenológicos de la especie en estudio. A continuación, se muestra los calendarios fenológicos por cada sector de estudio (Ver Figuras 14, 15, 16 y 17).

CALENDARIO FENOLÓGICO DE LA ESPECIE <i>Cinchona officinalis</i> L., para el sector Selva Alegre.																			
PERIODO		Año	2015										2016						
		Mes	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
FENÓMENOS	Floración							Sin dato	Sin dato	Sin dato		Sin dato	Sin dato	Sin dato	Sin dato	Sin dato	Sin dato	Sin dato	Sin dato
	Fructificación							Sin dato	Sin dato	Sin dato		Sin dato	Sin dato	Sin dato	Sin dato	Sin dato	Sin dato	Sin dato	Sin dato

Figura 14. Calendario fenológico de la especie *Cinchona officinalis* L.

Interpretación:

Ausencia del fenómeno

Presencia del fenómeno con una magnitud de 1-25%

Presencia del fenómeno con una magnitud de 26-50%

Presencia del fenómeno con una magnitud de 51-75%

Presencia del fenómeno con una magnitud de 76-100%



CALENDARIO FENOLÓGICO DE LA ESPECIE <i>Cinchona officinalis</i> L., para el sector El Naque.																			
PERIODO		Año	2015										2016						
		Mes	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
FENÓMENOS FENOLÓGICOS	Floración								Sin dato	Sin dato	Sin dato	Sin dato	Sin dato	Sin dato		Sin dato			
	Fructificación								Sin dato	Sin dato	Sin dato	Sin dato	Sin dato	Sin dato		Sin dato			

Figura 15. Calendario fenológico de la especie *Cinchona officinalis* L.

Interpretación:

Ausencia del fenómeno

Presencia del fenómeno con una magnitud de 1-25%

Presencia del fenómeno con una magnitud de 26-50%

Presencia del fenómeno con una magnitud de 51-75%

Presencia del fenómeno con una magnitud de 76-100%



CALENDARIO FENOLÓGICO DE LA ESPECIE <i>Cinchona officinalis</i> L., para el sector San Simón.																		
PERIODO		Año	2015								2016							
		Mes	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
FENÓMENOS FENOLÓGICOS	Floración	Sin dato							Sin dato	Sin dato	Sin dato		Sin dato	Sin dato		Sin dato		
	Fructificación	Sin dato							Sin dato	Sin dato	Sin dato		Sin dato	Sin dato		Sin dato		

Figura 16. Calendario fenológico de la especie *Cinchona officinalis* L.

Interpretación:

Ausencia del fenómeno

Presencia del fenómeno con una magnitud de 1-25%

Presencia del fenómeno con una magnitud de 26-50%

Presencia del fenómeno con una magnitud de 51-75%

Presencia del fenómeno con una magnitud de 76-100%



CALENDARIO FENOLÓGICO DE LA ESPECIE <i>Cinchona officinalis</i> L., para el sector Uritusinga.																			
PERIODO		Año	2015										2016						
		Mes	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
FENÓMENOS FENOLÓGICOS	Floración								Sin dato	Sin dato	Sin dato		Sin dato	Sin dato		Sin dato	Sin dato		
	Fructificación								Sin dato	Sin dato	Sin dato		Sin dato	Sin dato		Sin dato	Sin dato		

Figura 17. Calendario fenológico de la especie *Cinchona officinalis* L.

Interpretación:

Ausencia del fenómeno

Presencia del fenómeno con una magnitud de 1-25%

Presencia del fenómeno con una magnitud de 26-50%

Presencia del fenómeno con una magnitud de 51-75%

Presencia del fenómeno con una magnitud de 76-100%



4.1.3. Relación entre las fases fenológicas de la especie en estudio y los factores climáticos de la zona

El estudio de las épocas en las cuales ocurren los principales eventos fenológicos de los árboles como la producción de flores y frutos, etc., son una herramienta importante para el diseño de planes de repoblación, conservación y manejo de estas especies, puesto que permite establecer las épocas más adecuadas para la recolección de semillas.

Para el cumplimiento del presente objetivo fue necesaria la realización de un dendofenograma, el cual gráficamente relaciona las fases fenológicas de la especie en estudio con los datos climatológicos (precipitación y temperatura) de la zona. Se tomó información de las estaciones meteorológicas más cercanas a la zona de estudio “Estaciones Meteorológicas Malacatos, La Argelia y Saraguro” perteneciente al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), periodos 2015-2016.

4.1.3.1. Datos meteorológicos de la Estación Saraguro

Cuadro 10. Datos de precipitación y temperatura “Estación Meteorológica Saraguro”

AÑO	MES	VARIABLES METEOROLÓGICAS	
		Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
2015	Marzo	98	15,6
	Abril	75,8	15,6
	Mayo	51,5	15,4
	Junio	103,4	15,2
	Julio	51,5	15,3
	Agosto	6,8	14,5
	Septiembre	27,9	15
	Octubre	37,9	15,2
	Noviembre	50,0	14,3
	Diciembre	150	14,4
2016	Enero	65,5	15,7
	Febrero	99,2	15,7
	Marzo	106,7	15,7
	Abril	67,3	15,2
	Mayo	72,4	15,5
	Junio	41,7	15,0
	Julio	33,9	14,7

Según los registros tomados en la Estación Meteorológica Saraguro, en esta zona se presentaron lluvias durante todo el año, en el sector Selva Alegre las mayor precipitación se registró a mediados del año 2015, exactamente el mes de Junio con una

precipitación de 103,4 mm mensuales, y para los meses restantes las precipitaciones fueron menores entre 50 y 75 mm mensuales. De igual manera para el año 2016 el mes donde se produjeron mayores lluvias fue en el mes de marzo con 106,7 mm de precipitación, mientras que en los meses restantes las lluvias fueron menores. Para el caso de la temperatura durante los años 2015 y 2016, todas se mantuvieron constantes, por lo general en 15 °C.

4.1.3.2. Datos meteorológicos de la Estación La Argelia

Cuadro 11. Datos de precipitación y temperatura “Estación Meteorológica La Argelia”

AÑO	MES	VARIABLES METEOROLÓGICAS	
		Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
2015	Marzo	46,4	17
	Abril	69,3	17,2
	Mayo	141,8	15,8
	Junio	94,2	16,1
	Julio	30,3	16,7
	Agosto	50,4	16,9
	Septiembre	18,8	16,1
	Octubre	37,9	15,2
	Noviembre	62,5	16,1
	Diciembre	71,4	15,9
2016	Enero	110,5	16,5
	Febrero	88,8	16,6
	Marzo	122,1	16,6
	Abril	33,6	16,8
	Mayo	71,6	16,6
	Junio	59,4	16,3
	Julio	58,8	15,

Los registros tomados en la Estación Meteorológica La Argelia, en esta zona se logró determinar periodos de lluvias, pero durante los meses de mayo 2015 y marzo 2016, las precipitaciones fueron mayores con respecto de demás meses, siendo el mes de Julio donde la precipitación fue menor de 30,3 mm mensual. De igual manera las temperaturas no variaron mucho, durante todos los meses esta oscilo entre 15 y 17°C.

4.1.3.3. Datos meteorológicos de la estación Malacatos.

Cuadro 12. Datos de precipitación y temperatura “Estación Meteorológica Malacatos”

AÑO	MES	VARIABLES METEOROLÓGICAS	
		Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
2015	Marzo	240,7	17,5
	Abril	30,3	17,5
	Mayo	23,7	17,8
	Junio	7,4	17
	Julio	4,3	17,5
	Agosto	0,5	17,7
	Septiembre	90	20,1
	Octubre	103,2	19,6
	Noviembre	29,5	19,9
	Diciembre	33,7	20
2016	Enero	53,4	19,4
	Febrero	68,5	18,5
	Marzo	120,6	20,2
	Abril	75,2	19,3
	Mayo	72,9	20,1
	Junio	19,5	20,0
	Julio	10,1	19,9

En el caso en la Estación Meteorológica Malacatos, se logró determinar un periodo donde las lluvias fueron mayores es el caso del mes de mayo del 2015, marzo y mayo del 2016, los meses donde se puede apreciar un descenso significativo de precipitaciones es en los meses de junio, julio y agosto de los dos años. Así mismo la temperatura del sector es mayor con respecto a las demás zonas, en promedio 17°C.

4.1.4. Dendofenogramas de *Cinchona officinalis* L.

4.1.4.1. Dendofenogramas de *Cinchona officinalis* L., sector Selva Alegre

A continuación, se detalla el dendofenograma con los porcentajes promedios de floración y fructificación de la especie en estudio y su relación con las variables climáticas de la zona de Selva Alegre (Figura 18).

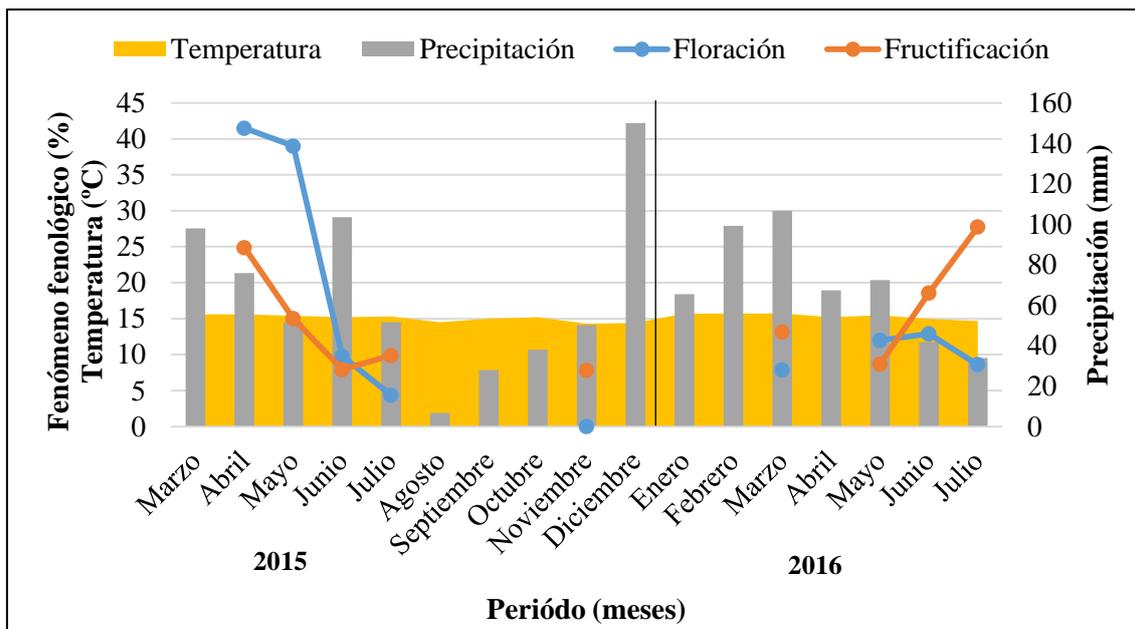


Figura 18. Dendofenograma de la especie *Cinchona officinalis* L., sector Selva Alegre.

En la figura 18, muestra que la floración de esta especie se produjo de manera permanente, es decir, estuvo presente durante todos los meses, evidenciándose que en los meses de abril y mayo de los dos años la intensidad fue mayor, hay que notar que en el mes de noviembre la ocurrencia del fenómeno tiene un descenso significativo. En este caso, la floración de la especie coincidió con el inicio de la época lluviosa, durante los meses de abril, mayo y junio de los dos periodos, cuya precipitación oscilo entre 60 y 110 mm, en cuanto a temperaturas, en todos los meses fueron semejantes (14 a 16°C).

En cuanto, a fructificación, igualmente se la pudo observar durante todos los meses, pero es en el mes de abril 2015 y julio 2016 donde este fenómeno se logra apreciar con mayor intensidad de ocurrencia, para luego experimentar un descenso paulatino en los meses de junio a noviembre. Este fenómeno fenológico estuvo presente durante todo el periodo de evaluación, pero en los meses donde se observó mayor intensidad de ocurrencia las lluvias no fueron intensas fluctuando entre los 60 y 80 mm.

4.1.4.2. Dendofenogramas de *Cinchona officinalis* L., sector El Naque

A continuación, se detalla el dendofenograma con los porcentajes promedios de floración y fructificación de la especie en estudio y su relación con las variables climáticas de la zona de El Naque (Figura 19).

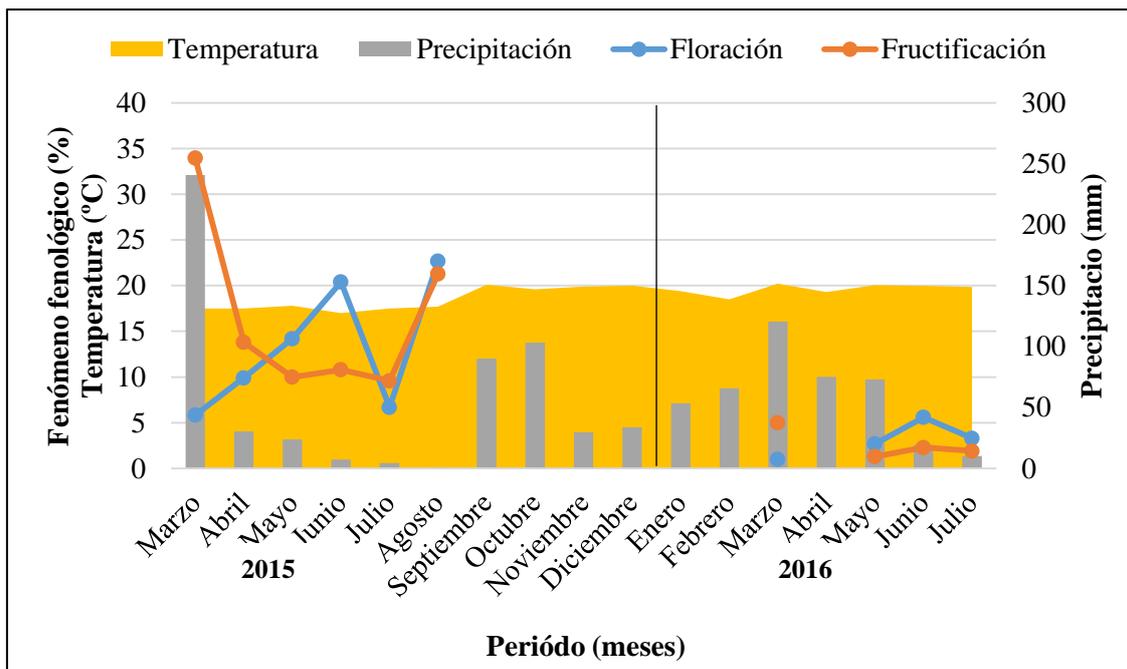


Figura 19. Dendofenograma de la especie *Cinchona officinalis* L., sector El Naque.

En la figura 19, se observa que la floración de esta especie se produjo de manera permanente, es decir estuvo presente durante todos los meses, únicamente en el mes de noviembre del 2016 el fenómeno no se evidencio en su totalidad. En cambio en los meses de junio y agosto del 2015 la intensidad fue mayor. En este caso, la floración de la especie coincidió notablemente con el inicio de la época de pocas lluvias, hay que notar que durante el año 2015 la temperatura fue menor con una media de 17 °C, y durante el año 2016 la temperatura estuvo por encima de los 20 °C, siendo en este año donde la floración tubo menos ocurrencia.

En cuanto a fructificación, igualmente se la pudo observar durante todos los meses, pero es en los meses de marzo y agosto del 2015 donde este fenómeno se logra apreciar con mayor intensidad de ocurrencia, cabe destacar que el mes de marzo se obtiene el valor más alto de precipitación superando los 200 mm, luego experimentar un descenso paulatino en ocurrencia del fenómeno en los meses correspondientes al año 2016. Es necesario mencionar que para los últimos meses de visita al campo, se observó que ciertos individuos estaban muertos.

4.1.4.3. Dendofenogramas de *Cinchona officinalis* L., sector San Simón

A continuación se detalla el dendofenograma con los porcentajes promedios de floración y fructificación de la especie en estudio y su relación con las variables climáticas de la zona de San Simón (Figura 20).

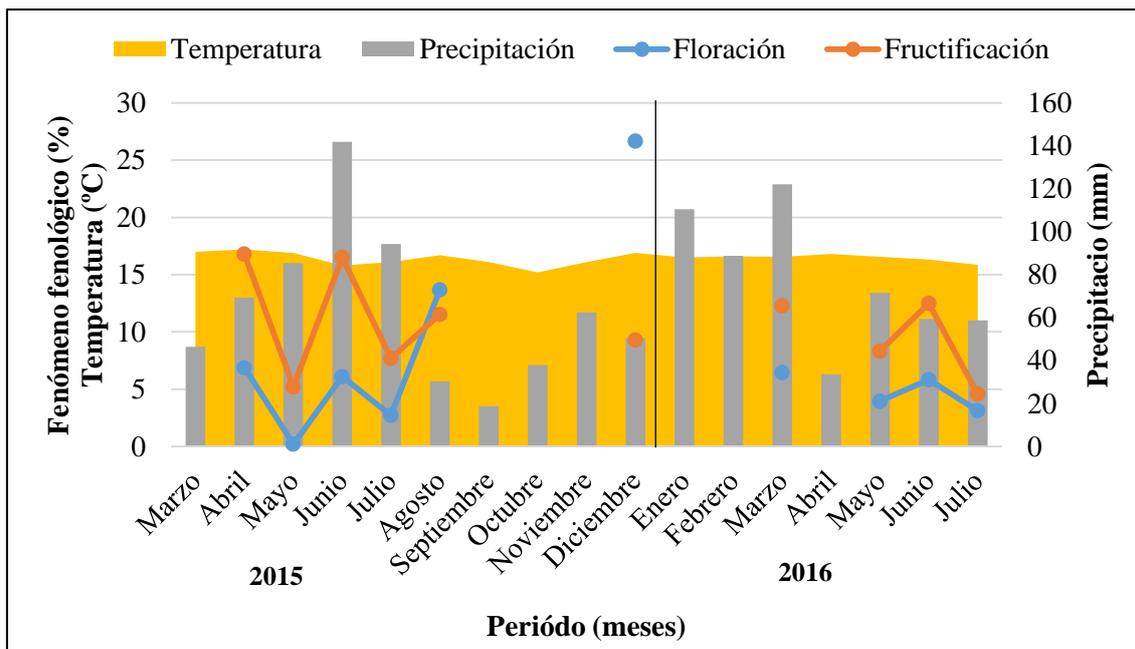


Figura 20. Dendofenograma de la especie *Cinchona officinalis* L., sector San Simón.

En la figura 20, muestra que la floración de esta especie se produjo de manera permanente, es decir estuvo presente durante todos los meses, únicamente en el mes de mayo del 2015 el fenómeno no se evidencio en su totalidad. Por lo contrario en el mes de diciembre del 2015 la intensidad fue mayor. En este caso, la floración de la especie coincidió con el mes donde las lluvias fueron menores (60 mm), en cuanto a la temperatura, siempre se mantuvo constante durante los dos años oscilando entre 16-17 °C.

En cuanto a fructificación, se la pudo observar durante todos los meses, pero es en los meses de abril y junio del 2015 donde este fenómeno se logra apreciar con mayor intensidad de ocurrencia, siendo el mes de junio donde se pudo apreciar mayores precipitaciones.

4.1.4.3. Dendofenogramas de *Cinchona officinalis* L., sector Uritusinga

A continuación se detalla el dendofenograma con los porcentajes promedios de floración y fructificación de la especie en estudio y su relación con las variables climáticas de la zona de Uritusinga (Figura 21).

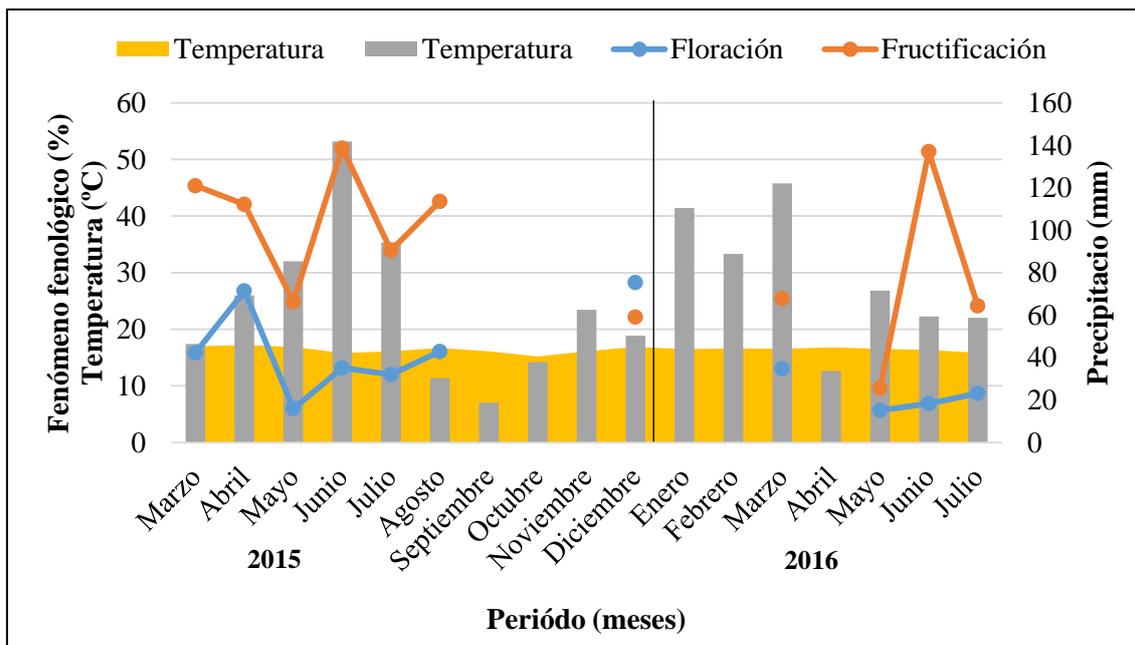


Figura 21. Dendofenograma de la especie *Cinchona officinalis* L., sector Uritusinga.

En la figura 21, se observa que la floración de esta especie se produjo de manera permanente, es decir estuvo presente durante todos los meses, siendo los meses de abril y diciembre del 2015 la intensidad de ocurrencia fue mayor. En este caso, la floración de la especie coincidió en época poco lluviosa, ya que las precipitaciones en estos dos meses fueron menores a las registradas en otros meses, en cuanto a la temperatura, siempre se mantuvo constante durante los dos años oscilando entre 15-17 °C.

En cuanto a fructificación, se la pudo observar durante todos los meses, pero es en los meses marzo, abril, junio, agosto del 2015 y junio del 2016 donde este fenómeno se logra apreciar con mayor intensidad de ocurrencia. Se puede observar que la fructificación está relacionada con épocas donde las lluvias fueron mayores.

4.2. Características del suelo en el crecimiento *Cinchona officinalis* L.

Las plantas consiguen del aire y del agua algunos elementos que necesitan, como el carbono, el hidrógeno y el oxígeno. Otros nutrientes esenciales están en el suelo: aquellos que los vegetales requieren en grandes cantidades se llaman nutrientes principales. Son el nitrógeno, el fósforo, el potasio, el calcio y el magnesio, en el Anexo 14, se muestran el análisis del suelo realizado en el laboratorio.

4.2.1. Análisis mecánico del suelo de los cuatro sectores donde se desarrolla la especie

La textura se expresa como las proporciones relativas de partículas minerales: arena, limo y arcilla presentes en el suelo. A continuación se presentan las clases texturales de cada uno de los sectores de estudio (Figura 22)

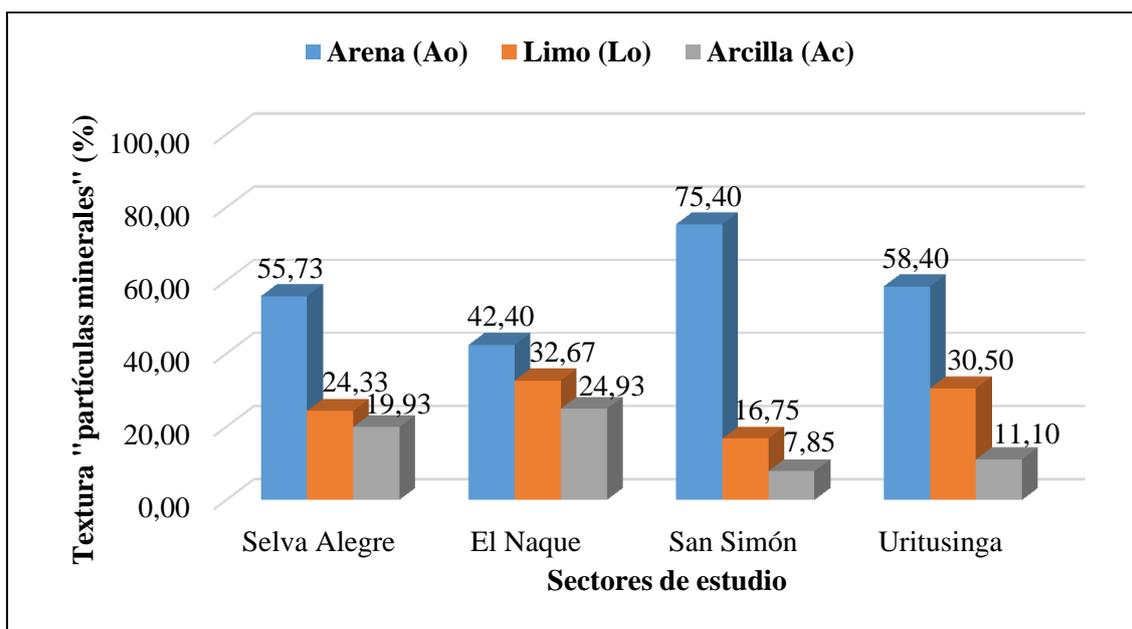


Figura 22. Análisis TFSA (Tierra Fina Seca al Aire) de los suelos.

En base al análisis textural del suelo donde crece la especie, se determinó que para el sector Selva Alegre encontramos un suelo con clase textural Franco Arcillo Arenoso; así mismo para el sector el Naque la clase textural del suelo Franco Arcilloso; para el sector San Simón tenemos un suelo Franco Arenoso; y por último, en Uritusinga se determinó un suelo Franco Arenoso.

4.2.2. pH

El pH es una de las propiedades más importantes del suelo que afectan la disponibilidad de los nutrientes, controla muchas de las actividades químicas y biológicas que ocurren en el suelo y tiene una influencia indirecta en el desarrollo de las plantas. A continuación se prestan el grado de acidez y alcalinidad de los suelos en cada uno de los sectores de estudio (Figura 23).

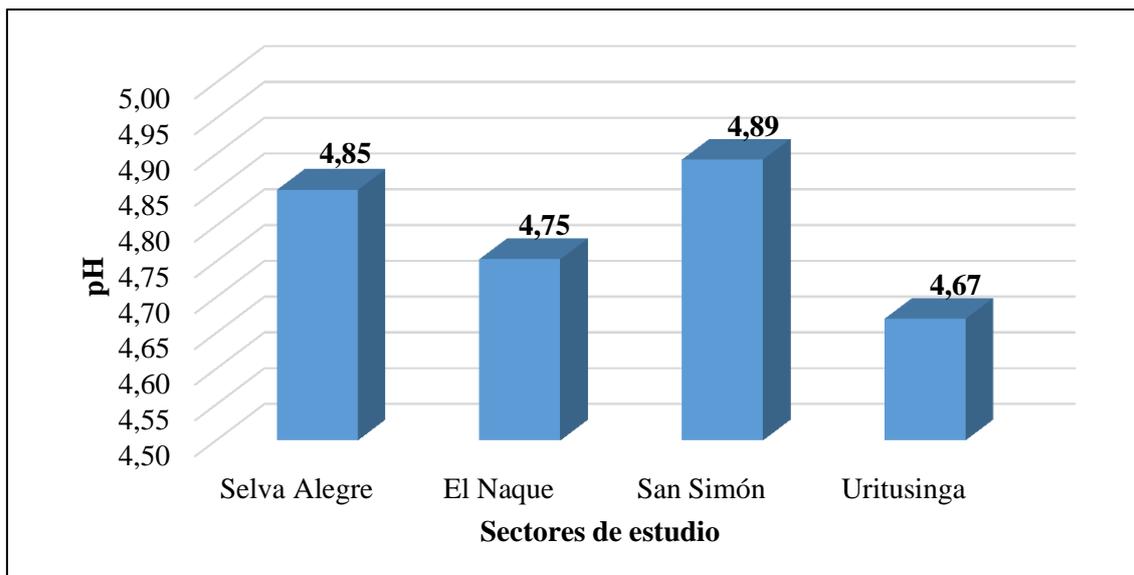


Figura 23. Análisis de pH de los suelos.

Según el análisis de pH del suelo, para los cuatro sectores de estudio, el pH oscila entre 4,6 a 4,8 dando como resultado un suelo muy ácido.

4.2.3. Materia orgánica

La materia orgánica está compuesta por residuos animales o vegetales. Se trata de sustancias que suelen encontrarse en el suelo y que contribuyen a su fertilidad. A continuación se presentan el contenido de materia orgánica de los suelos de cada sector de estudio (Figura 24).

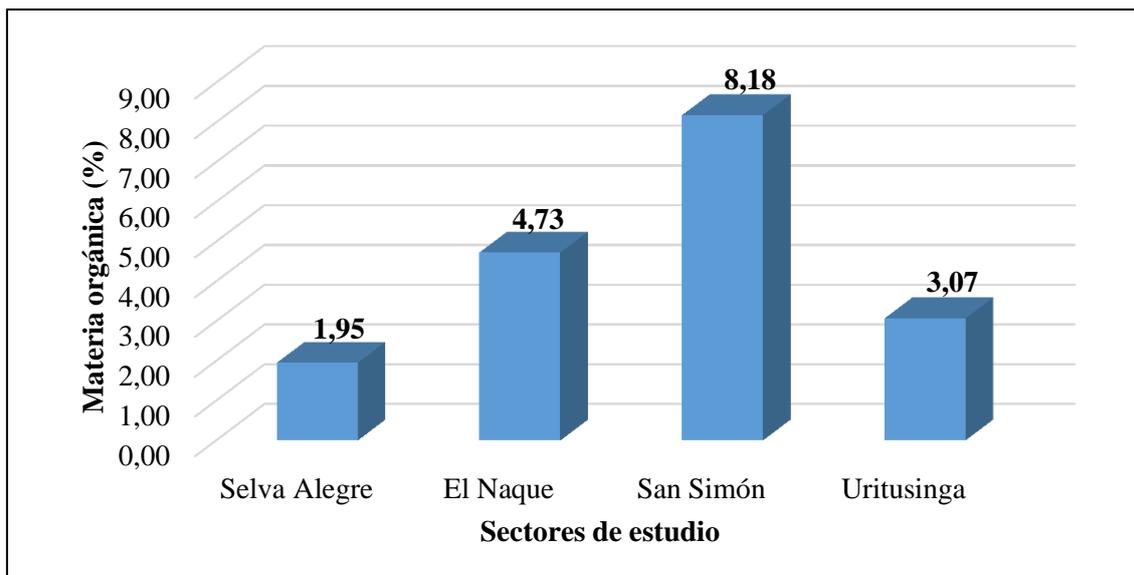


Figura 24. Contenido de materia orgánica de los suelos.

En la figura 24, los suelos con mayor contenido de materia orgánica son los suelos del sector San Simón; seguidos por el sector El Naque, Uritusinga y por último Selva Alegre.

4.2.4. Macro y micronutrientes

Los macro y micronutrientes del suelo son minerales de suma importancia para el crecimiento y desarrollo de las plantas, debido a que estos aportan gran cantidad de nutrientes. A continuación se presentan el aporte de nutrientes que aporta a los suelos de cada sector de estudio (Figura 25).

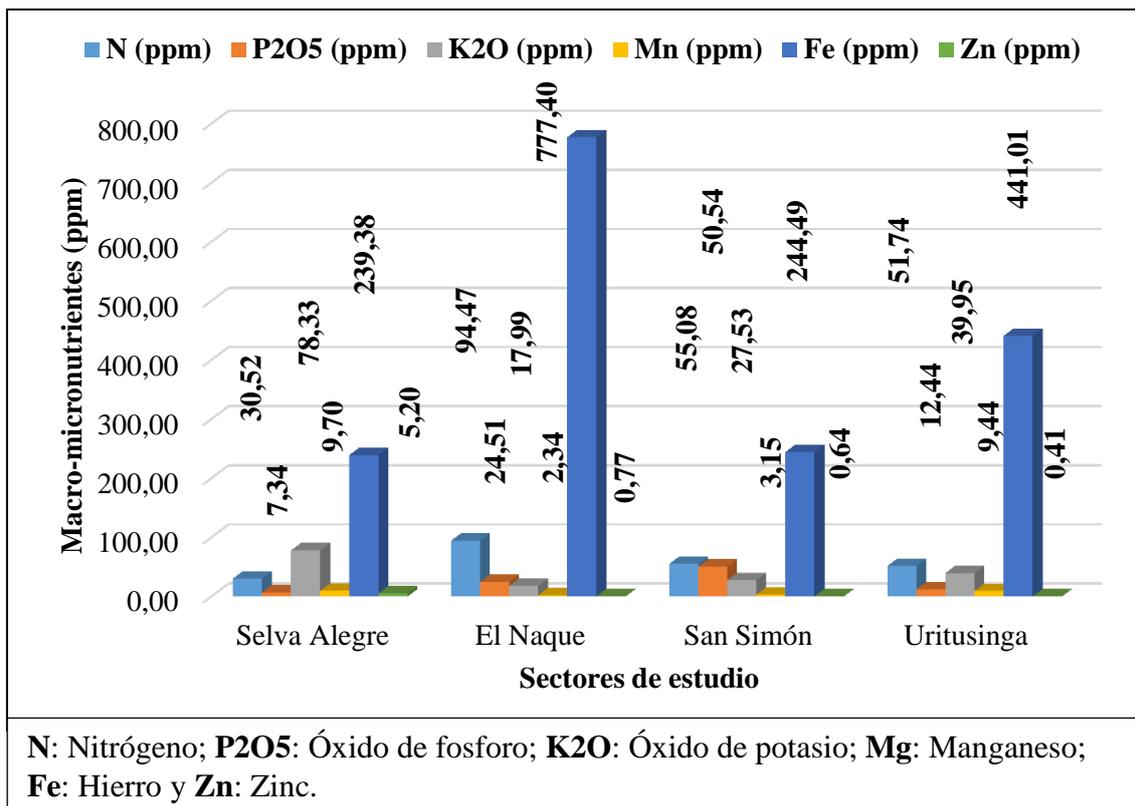


Figura 25. Aporte de minerales al suelo.

Al nitrógeno (N), se lo encuentra en mayor concentración en suelos del sector El Naque, al igual que hierro (Fe).

Al óxido de potasio (K2O), tiene mayor concentración en suelos del sector Selva Alegre.

Al óxido de fosforo (P2O5), está en mayor concentración en suelos del sector San Simón.

Al manganeso (Mn), se encuentra en mayor concentración en suelos del sector Selva Alegre y Uritusinga. Y por último el zinc (Zn), está en mayor concentración en el sector Selva Alegre.

4.2.5. DAP de *Cinchona officinalis* L.

El diámetro, es una variables dasométricas que nos indican el crecimiento de una especie. Para estudiar el crecimiento de *Cinchona officinalis* L., se realizó tres mediciones del DAP en cada sito de estudio.

4.2.5.1. DAP de *Cinchona officinalis* L., sector Selva Alegre

A continuación se muestra el DAP promedio por individuo de las tres mediciones en campo del sector Selva Alegre (Figura 26).

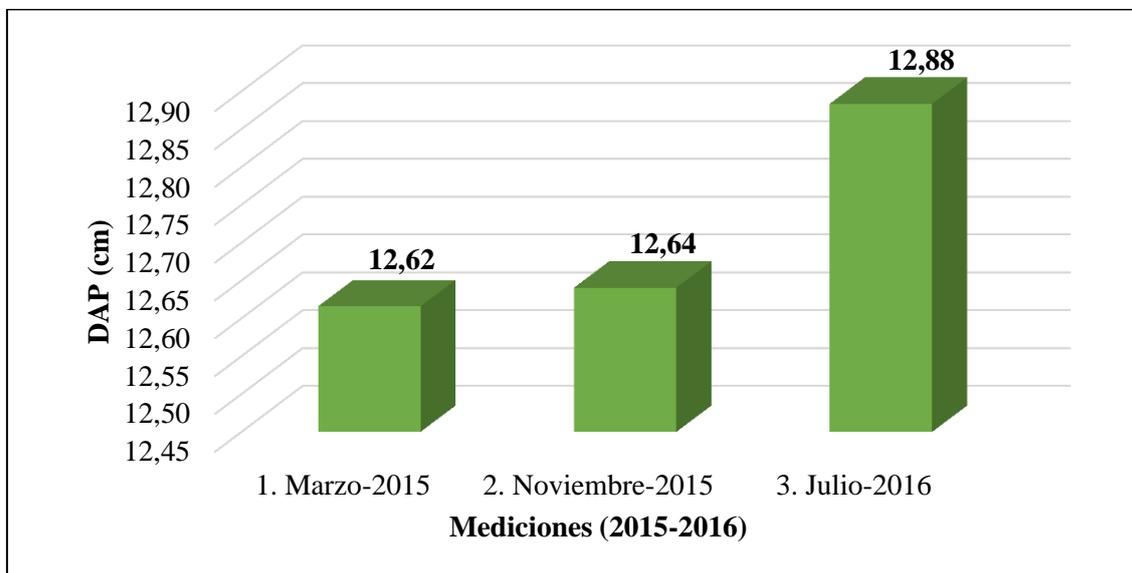


Figura 26. Diámetro promedio por individuo de *Cinchona officinalis* L., sector Selva Alegre.

La figura 26, muestra el diámetro promedio por cada individuo, en este caso el diámetro promedio en la primera medición de campo es de 12,62 cm, y la última que es de 12,88 habiendo un crecimiento de la variable.

4.2.5.2. DAP de *Cinchona officinalis* L., sector El Naque

A continuación se muestra el DAP promedio por individuo de las tres mediciones en campo del sector El Naque (Figura 27).

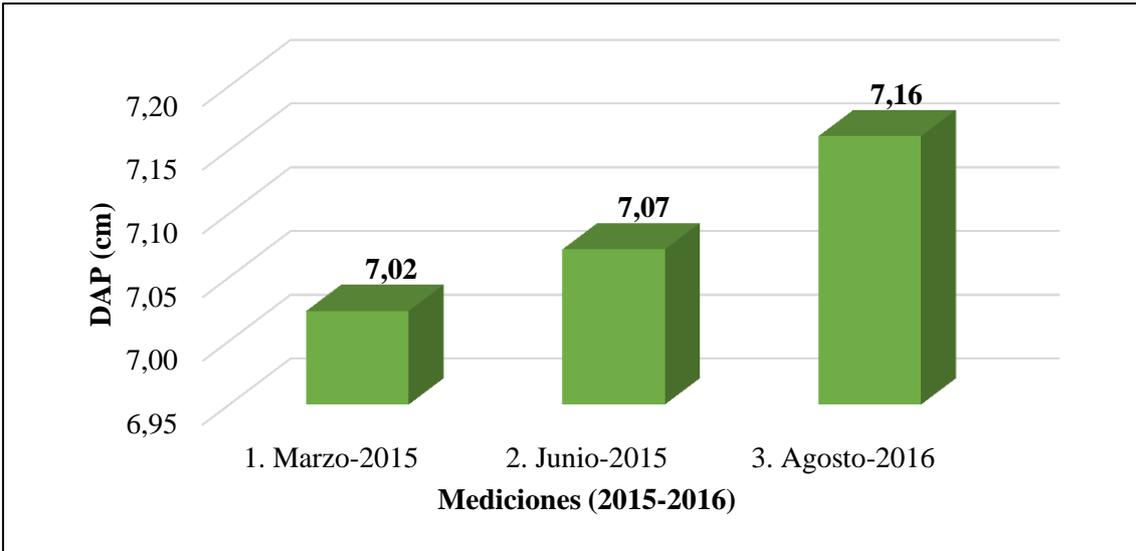


Figura 27. Diámetro promedio por individuo de *Cinchona officinalis* L., sector El Naque.

La figura 27, muestra el diámetro promedio por cada individuo, en este caso el diámetro promedio en la primera medición de campo es de 7,02 cm, y la última que es de 7,16 evidenciándose un crecimiento de la variable.

4.2.5.3. DAP de *Cinchona officinalis* L., sector San Simón

A continuación se muestra el DAP promedio por individuo de las tres mediciones en campo del sector San Simón (Figura 28).

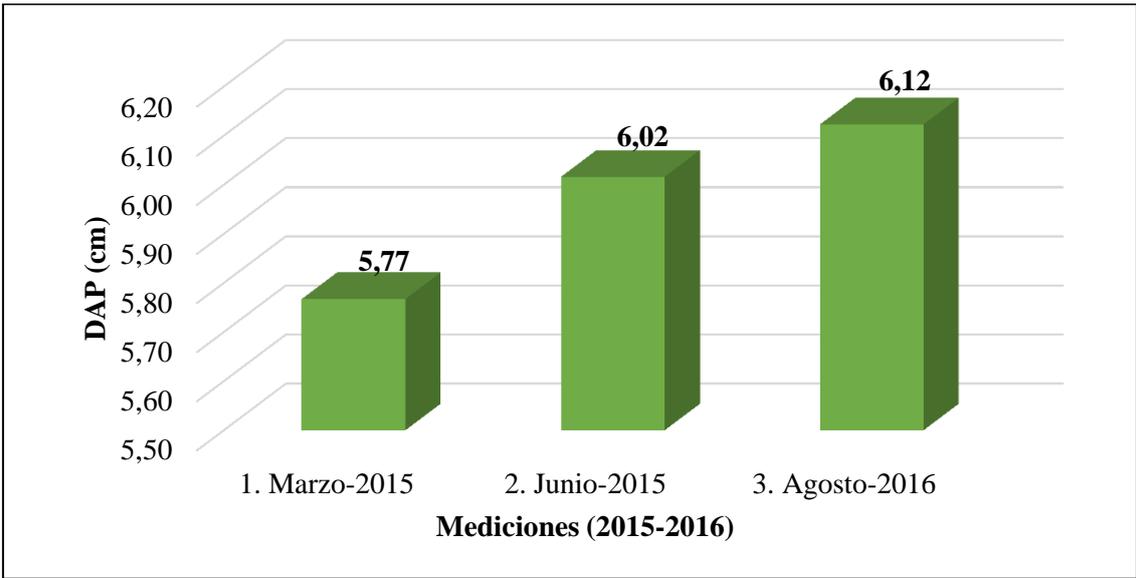


Figura 28. Diámetro promedio por individuo de *Cinchona officinalis* L., sector San Simón

La figura 28, muestra el diámetro promedio por cada individuo, en este caso el diámetro promedio en la primera medición de campo es de 5,77 cm, y la última que es de 6,12 evidenciándose un crecimiento de la variable.

4.2.5.4. DAP de *Cinchona officinalis* L., sector Uritusinga

A continuación se muestra el DAP promedio por individuo de las tres mediciones en campo del sector Uritusinga (Figura 29).

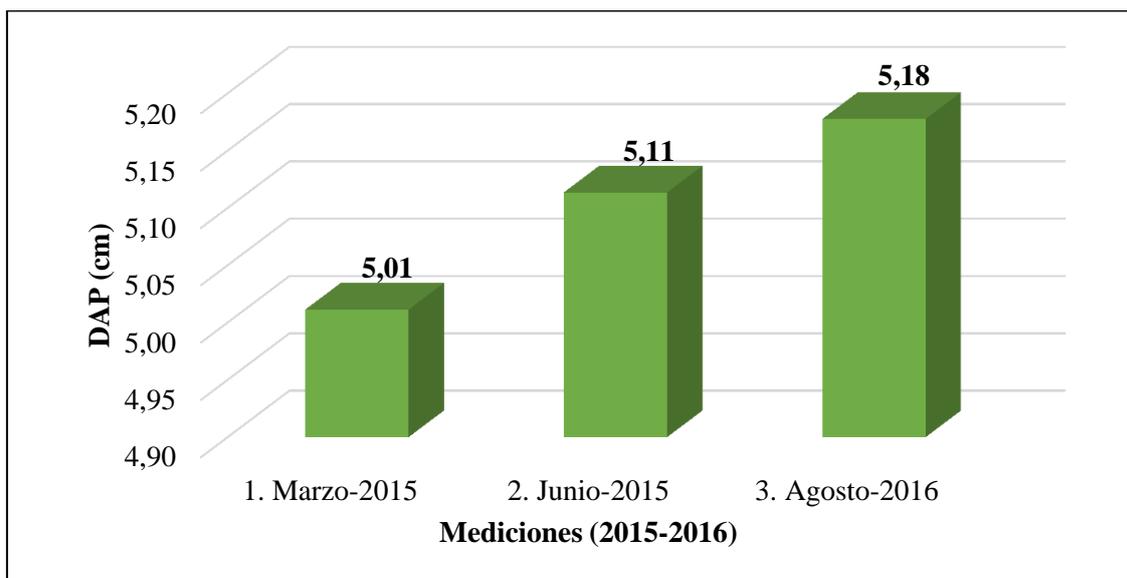


Figura 29. Diámetro promedio por individuo de *Cinchona officinalis* L., sector Uritusinga.

La figura 29, muestra el diámetro promedio por cada individuo, en este caso el diámetro promedio en la primera medición de campo es de 5,01 cm, y la última que es de 5,18 mostrándose un crecimiento de la variable.

4.2.6. Altura de *Cinchona officinalis* L.

La altura, es una variables dasométricas que nos indican el crecimiento de una especie. Para estudiar el crecimiento de *Cinchona officinalis* L., se realizó tres mediciones de altura en cada sito de estudio.

4.2.6.1. Altura de *Cinchona officinalis* L., sector Selva Alegre

A continuación se muestra la altura promedio por individuo de las tres mediciones en campo del sector Selva Alegre (Figura 30).

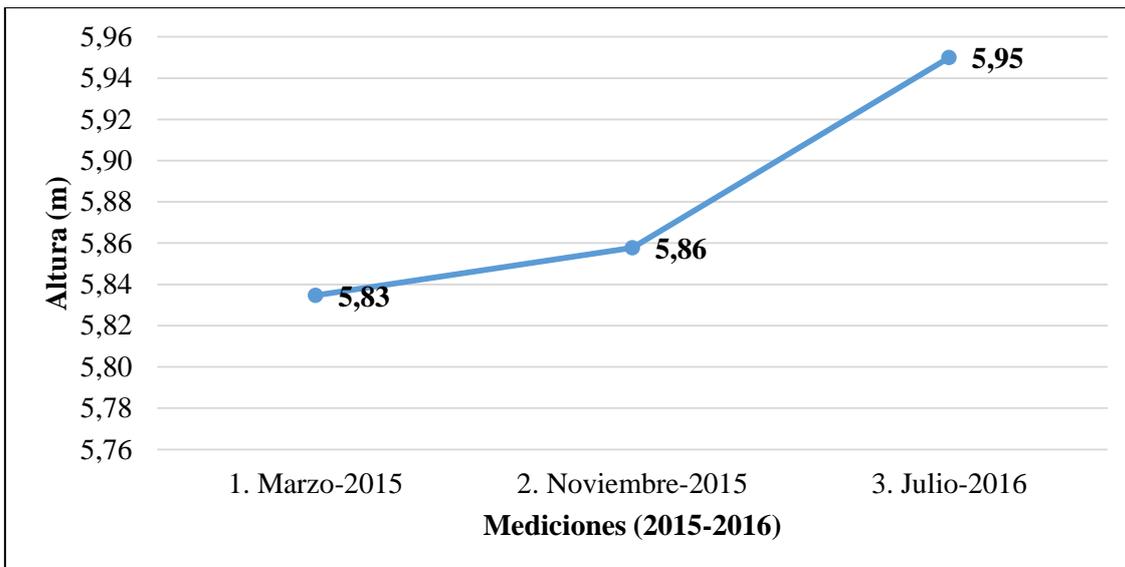


Figura 30. Altura promedio por individuo de *Cinchona officinalis* L., sector Selva Alegre.

La figura 30, muestra la altura promedio por cada individuo, en este caso la altura promedio en la primera medición de campo es de 5,83 m, y la última que es de 5,95 habiendo un crecimiento de la variable.

4.2.6.2. Altura de *Cinchona officinalis* L., sector El Naque

A continuación se muestra la altura promedio por individuo de las tres mediciones en campo del sector El Naque (Figura 31).

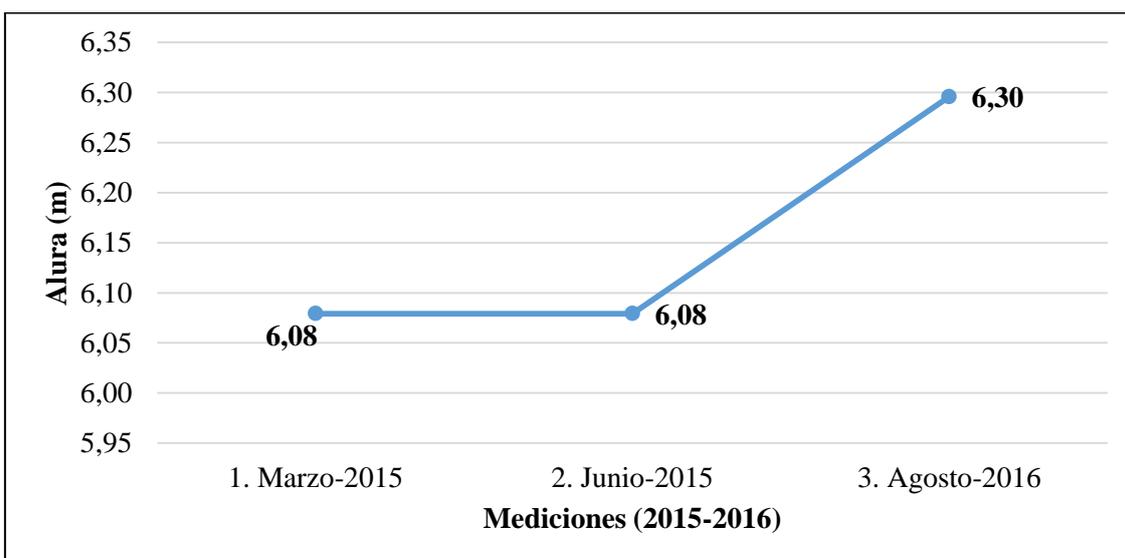


Figura 31. Altura promedio por individuo de *Cinchona officinalis* L., sector El Naque.

La figura 31, muestra la altura promedio por cada individuo, en este caso la altura promedio en la primera medición de campo es de 6,08 m, y la última que es de 6,30 existiendo un crecimiento de la variable.

4.2.6.3. Altura de *Cinchona officinalis* L., sector San Simón

A continuación se muestra la altura promedio por individuo de las tres mediciones en campo del sector San Simón (Figura 32).

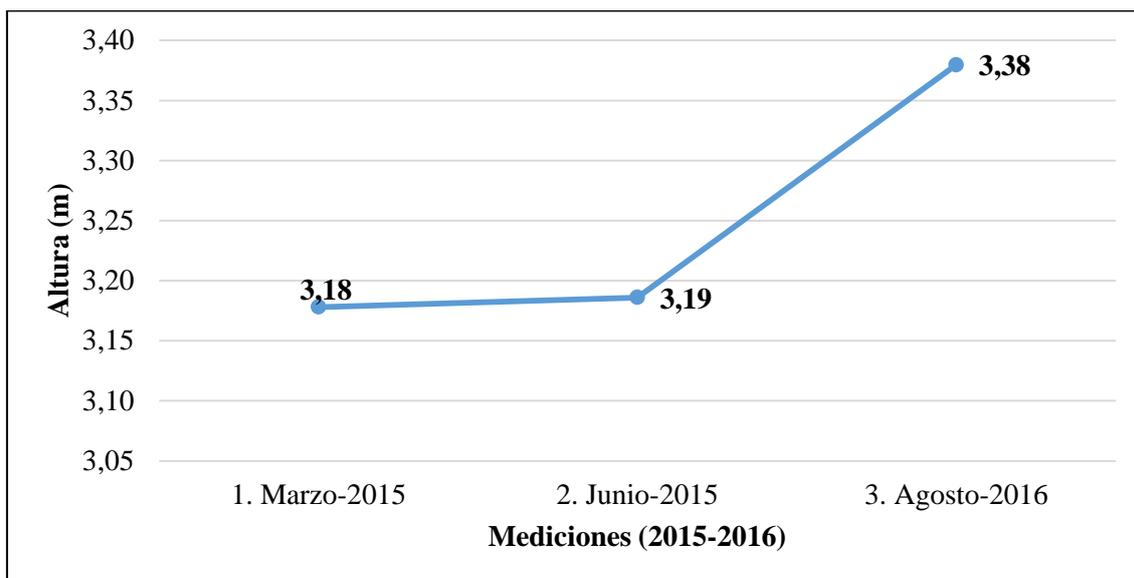


Figura 32. Altura promedio por individuo de *Cinchona officinalis* L., sector San Simón.

La figura 32, muestra la altura promedio por cada individuo, en este caso la altura promedio en la primera medición de campo es de 3,18 m, y la última que es de 3,38 existiendo un crecimiento de la variable.

4.2.6.4. Altura de *Cinchona officinalis* L., sector Uritusinga

A continuación se muestra la altura promedio por individuo de las tres mediciones en campo del sector Uritusinga (Figura 33).

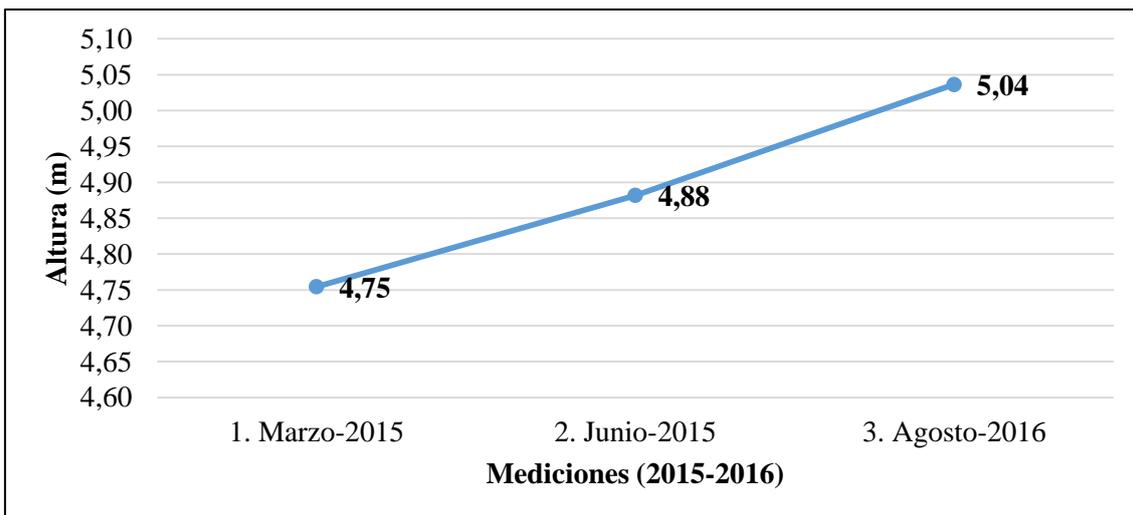


Figura 33. Altura promedio por individuo de *Cinchona officinalis* L., sector Uritusinga.

La figura 33, muestra la altura promedio por cada individuo, en este caso la altura promedio en la primera medición de campo es de 4,75 m, y la última que es de 5,04 existiendo un crecimiento de la variable.

Seguidamente se muestra el incremento promedio del diámetro y altura por individuo en cada sector durante el periodo marzo 2015 a noviembre 2016 (Figuras 34 y 35).

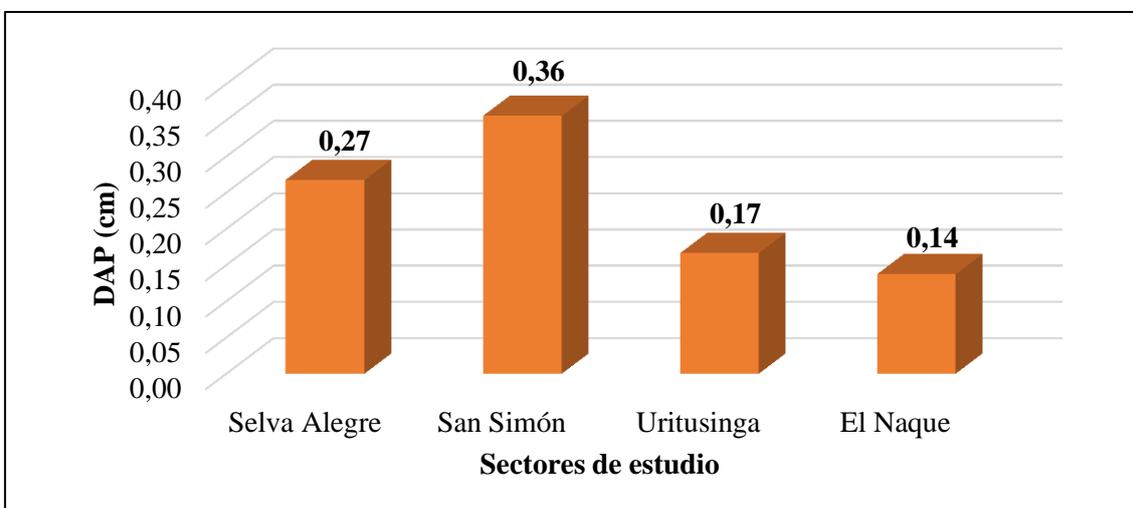


Figura 34. Incremento del diámetro periodo 2015-2016 de *Cinchona officinalis* L.

En la figura 34, durante el periodo comprendido, el sector con mayor incremento de diámetro promedio por individuo es San Simón incrementando 0,36 cm de DAP, seguido por Selva Alegre con un 0,27 cm y siendo Uritusinga y El Naque con incrementos menores de 0,17 y 0,14.

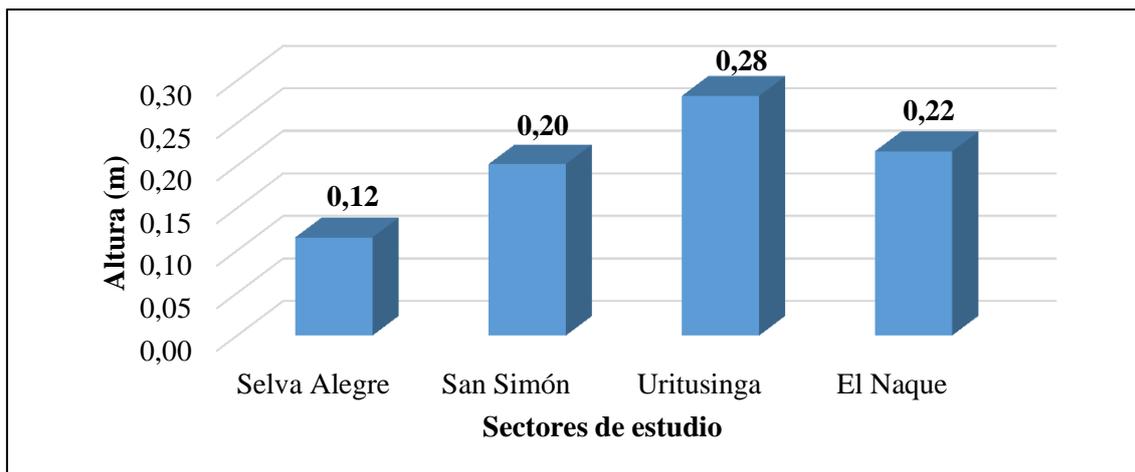


Figura 35. Incremento de altura periodo 2015-2016 de *Cinchona officinalis* L.

En la figura 35, durante el periodo comprendido, el sector con mayor incremento de altura promedio por individuo es Uritusinga incrementando 0,28 m de altura, seguido por El Naque con un 0,22 m y San Simón con 0,20 m, por último con menor incremento en altura es el sector Selva Alegre con 0,12 m.

4.2.7. Área basal de *Cinchona officinalis* L.

El área basal es importante por mostrar la densidad del rodal y la dominancia de las especies. A continuación, se muestran los incrementos de área basal promedio por árbol de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro sectores de estudio durante el periodo 2015 a 2016 (Figura 36).

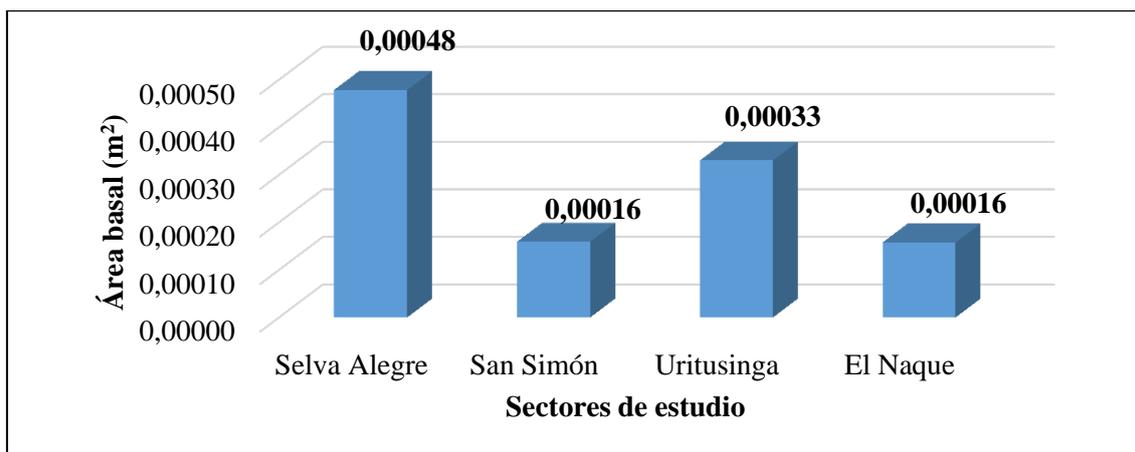


Figura 36. Área basal promedio de los árboles por sector.

En la figura 36, los individuos con mayor incremento en área basal es el sector Selva Alegre, superando los 0,00048 m², por otro lado en Uritusinga, El Naque y San Simón el incremento en área basal fue menor oscilando entre los 0,00016 y 0,00033 m².

4.2.8. Volumen de *Cinchona officinalis* L.

El volumen es la cantidad de madera existente en un árbol. A continuación, se muestran los incrementos de área basal promedio por individuo de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro sectores de estudio (Figura 37).

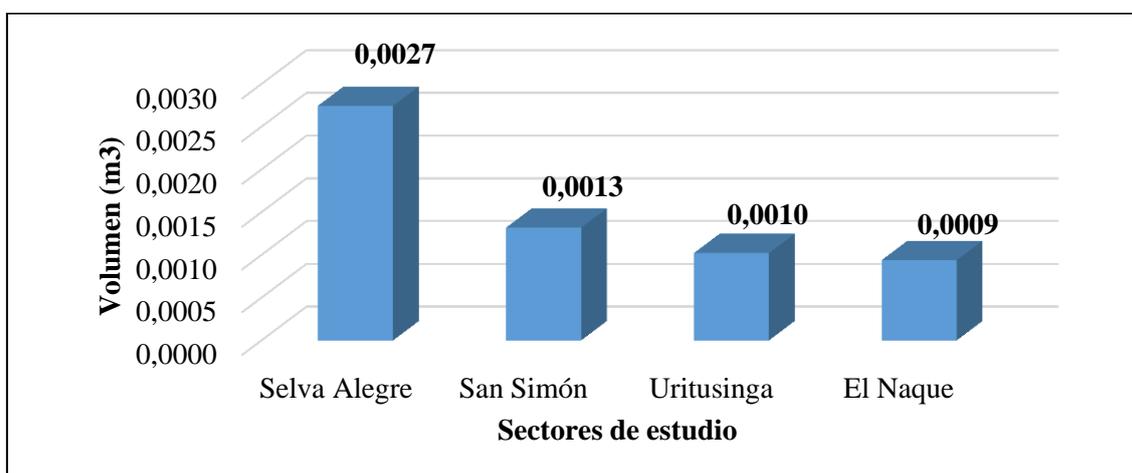


Figura 37. Volumen promedio de los árboles por sector

En cuanto al incremento de volumen por individuo, únicamente el sector Selva Alegre presenta mayor aumento en la variable con 0,0027 m³ de incremento volumétrico, seguido por El Naque, San Simón y Uritusinga con un incremento volumétrico entre 0,0009 y 0,0013 m³.

En el cuadro 13, se muestra el incremento de las variables dasométricas por cada sector de estudio durante el periodo de evaluación 2015 a 2016.

Cuadro 13. Incremento promedio de las variables dasométricas de los árboles de los cuatro sectores de estudio, en el periodo 2015-2016.

SECTOR	DAP (cm)	Altura (m)	Área basal (m ²)	Volumen (m ³)
Selva Alegre	0,27	0,12	0,00048	0,0027
El Naque	0,14	0,22	0,00016	0,0009
San Simón	0,36	0,20	0,00016	0,0013
Uritusinga	0,17	0,28	0,00033	0,0010

4.2.9. Relación entre área basal por cada sector con los nutrientes del suelo donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L.

La relación que existe en el crecimiento de una especie con los nutrientes del suelo es muy importante, ya que nos ayuda a conocer como aportan estos a su crecimiento así mismo cuál de estos es el que aporta en mayor medida a su desarrollo.

En la figura 38, se puede apreciar cómo los nutrientes del suelo aportan en el crecimiento en área basal de *Cinchona officinalis* L.

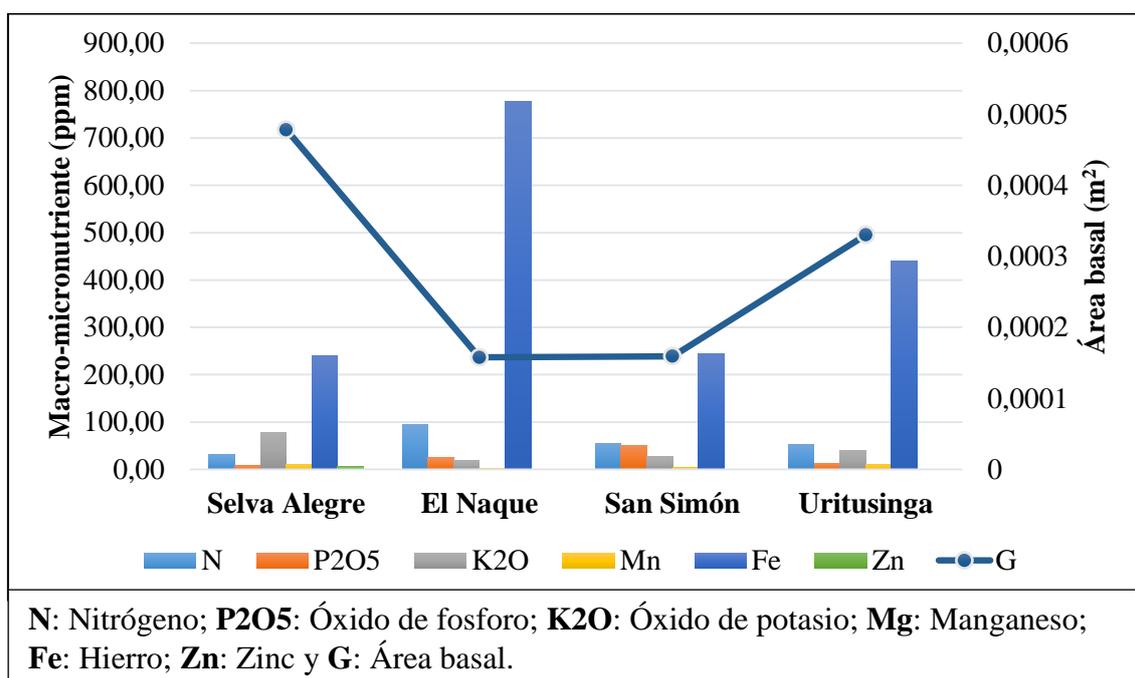


Figura 38. Área basal de los árboles por cada sector, relacionada con los nutrientes del suelo.

Se puede apreciar que existió mayor crecimiento en área basal en el sector Selva Alegre con un 0,00048 m², donde estos suelos son ricos en potasio (78,33 ppm) y hierro (239.38 ppm). Siendo el hierro el nutriente que se encuentra en mayores concentraciones en los suelos de los cuatro sectores de estudio. Alvarado y Raigosa (2007), manifiestan que con una disponibilidad media a alta de fósforo (P), hierro (Fe) y potasio (K) se favorece el buen desarrollo de la especie.

4.2.10. Relación entre volumen por cada sector con los nutrientes del suelo donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L.

En la figura 39, podemos apreciar cómo los nutrientes del suelo aportan en el crecimiento en volumen de *Cinchona officinalis* L.

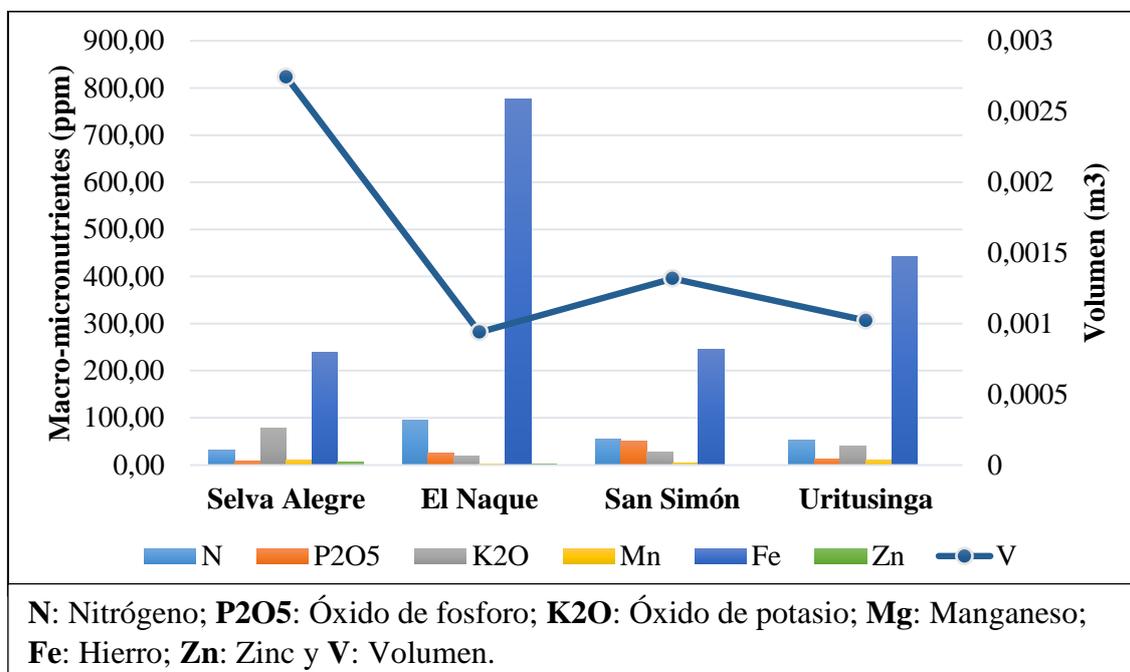


Figura 39. Volumen de árboles por cada sector, relacionado con los nutrientes del suelo.

Para el caso del crecimiento volumétrico, el sector con mayor incremento en volumen es el sector Selva Alegre con 0,0027 m³, estos suelos tienen mayores concentraciones de potasio con 78,33 ppm y hierro un 239,38 ppm.

4.3. Resultados obtenidos

En primera instancia se efectuó la socialización de resultados con actores interesados (Equipo Técnico del Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Universidad Nacional del Loja) en el tema de investigación (Anexo 16).

De igual manera, se realizó un tríptico de la tesis realizada con la finalidad de difundir la información a aquellos actores involucrados con el sector forestal (Anexo 15).

Finalmente se realizó un artículo científico del tema de investigación, esto con el ánimo de difundir de manera rápida y precisa los resultados obtenidos de dicha investigación, dicho artículo científico se encuentra en proceso de publicación en la revista "BOSQUES LATITUD CERO" (Ver Anexo 17).

5. DISCUSIÓN

5.1. Estudio de la fenología de la especie *Cinchona officinalis* L.

5.1.1. Fenofases y Dendofenogramas

El conocimiento de los patrones fenológicos de la especie de interés, es muy importante para el manejo de estos recursos (Guariguata, 1998). El presente estudio fenológico en los cuatro sectores de estudio, las fases fenológicas se observaron en todos los meses, además, no existió un patrón definido de ocurrencia de los fenómenos, ya que se pudo comprobar que la ocurrencia variaba de un mes a otro.

La floración, fructificación y crecimiento de muchas especies de plantas tropicales ocurren de forma episódica, y sus picos se han relacionado con variables ambientales y factores como: la disponibilidad de agua, de luz y variables climáticas (Cifuentes *et al*, 2010).

Considerando que en estos bosques existe una estacionalidad determinada por las precipitaciones, se espera que los patrones fenológicos estén asociados a la estacionalidad. Pero el presente estudio nos revela patrones irregulares, que no permiten apreciar una relación clara entre las variables climáticas.

5.1.1.1. Fenofase y Dendofenograma sector Selva Alegre

La floración para *Cinchona officinalis* L., en este sector se produce durante todos los meses evaluados con periodos variables de intensidad, la especie alcanza su máxima intensidad en el mes de abril del 2015 con 41,49% y otra en el mes de mayo del 2015 con 38,99%, declinando en su totalidad en el mes de noviembre del mismo año adquiriendo el porcentaje más bajo 0%. Durante los dos meses (abril y mayo) donde se pudo observar mayor porcentaje de floración, las precipitaciones para este sector fueron de 75,8 mm para abril y 51,5 mm para el mes de mayo; por otro lado en el mes de noviembre donde no se evidenció la floración, la precipitación fue de 50 mm. Claramente no se puede observar una relación entre la precipitación y la ocurrencia del fenómeno ya que para los meses restantes el porcentaje de ocurrencia de la floración se mantuvo por debajo del 12,88% y las precipitaciones variaron mucho de un mes a otro.

La fructificación, su máxima intensidad en el mes de abril del 2015 con 24,88% y otra en el mes de julio del 2016 con 27,74%, el fenómeno declina en los meses de junio,

julio, noviembre del 2015 y mayo del 2016 con los porcentaje más bajos del fenómeno por debajo del 10%. Únicamente, el mes de julio del 2016 el evento alcanzó a dos en la escala de interpretación y es justo este mes donde el registro de precipitación es el bajo.

Hay que tomar en cuenta que la temperatura no varía mucho en este sitio manteniéndose por los 15 °C entonces, evidentemente no está directamente relacionada con la ocurrencia de los fenómenos.

5.1.1.2. Fenofase y Dendofenograma sector El Naque

La floración para *Cinchona officinalis* L., en este sector se produce durante todos los meses evaluados con periodos variables de intensidad, la especie alcanza su máxima intensidad en el mes de junio del 2015 con 20,40% y otra en el mes de agosto del 2015 con 22,70%, declinando en su totalidad en el mes de marzo del 2016 adquiriendo el porcentaje del 1%. Durante los dos meses (junio y agosto) donde se pudo observar mayor porcentaje de floración las precipitaciones para este sector fueron muy bajas con 7,4 mm para junio y 0,5 mm para el mes de agosto, mostrándonos un mayor porcentaje de ocurrencia del fenómeno durante temporada o meses donde las lluvias fueron bajas.

La fructificación, su máxima intensidad únicamente es en marzo del 2015 con un 33,96% y también siendo este mes con mayor registro de lluvias 240,7 mm. Pero también se logró observar porcentajes de ocurrencia del fenómeno en meses (junio y agosto) donde las lluvias fueron escasas. En cuanto a temperatura, en los meses del año 2016 fueron más altas que la del año 2015, y es justamente donde la fructificación en el mes de mayo del 2016 es la más baja con 1,30%.

5.1.1.3. Fenofase y Dendofenograma sector San Simón

Igualmente, en este sector se produjo la floración durante todos los meses evaluados con periodos variables de intensidad, la especie alcanza su máxima intensidad en el mes de diciembre del 2015 con 26,67%, declinando en su totalidad en el mes de mayo del mismo año adquiriendo el porcentaje más bajo con 0.21%. El registro meteorológico muestra que durante todos los meses hubo presencia de lluvias, pero es en el mes (diciembre) donde hubo más porcentaje de floración las precipitaciones fueron menores, la temperatura se mantuvo constante durante todos los meses de evaluación del fenómeno.

En cuanto a fructificación, alcanza su máxima intensidad en el mes de abril del 2015 con un 16,79% y otra en el mes de junio del mismo año con 16,51%, no existe relación entre la fructificación y la precipitación, ya que la precipitación vario en todos los meses y la ocurrencia del fenómeno siempre fue baja en escala 1 de interpretación.

5.1.1.4. Fenofase y Dendofenograma sector Uritusinga

La floración para este sector se la observó durante todos los meses evaluación, la especie alcanza su mayor intensidad en el mes de abril del 2015 con 26,79% y marzo del 2016 con 28,26%, en este caso el fenómeno ocurrió cuando las lluvias fueron menores. En cuanto a temperatura se mantuvo en 16 °C.

En cuanto a fructificación, la especie alcanza su máxima intensidad en el mes de junio del 2015 y 2016 ambas con 52%, declinando en el mes de mayo del 2016, adquiriendo el porcentaje más bajo con 9,58%. Las lluvias estuvieron presentes en todos los meses de evaluación, evidenciándose que no existe relación directa fenómeno fenológico con la precipitación.

En resumen, con respecto a la floración en el sector Selva Alegre este fenómeno se presentó con mayor intensidad en los meses de abril y mayo del 2015, al igual que en Uritusinga donde este fenómeno ocurrió con mayor intensidad en el mes de abril del 2015, en San Simón y Uritusinga ambos sectores en el mes de diciembre del 2015 ocurrió el fenómeno con mayor porcentaje. Por otro lado en El Naque los meses de junio y agosto del 2015 presentan mayor porcentaje de ocurrencia del fenómeno.

En cuanto a fructificación este fenómeno tuvo mayor ocurrencia durante los meses de abril, marzo, junio y agosto del 2015 en los cuatro sectores, únicamente, en Selva alegre exactamente en el mes de julio del 2016 este fenómeno se presentó con mayor intensidad. Por otro lado los meses con menos ocurrencia del fenómeno el mes de mayo respectivamente para los cuatro sectores de estudio.

Estas afirmaciones fenológicas coinciden con las de Días y Loján (2004) manifiestan que tanto el fenómeno de floración como de fructificación se da durante todo el año, con periodos variables. Así mismo Aponte y Sanmartín (2011) ostentan que la fenología de *Cinchona officinalis* L., se presenta durante todo el año con periodos variables de

ocurrencia, notándose e la mayoría de los casos no existir una relación con los eventos meteorológicos.

De acuerdo con varios autores la fenología de muchas especies no responde igualmente a todas las variables ambientales e, incluso puede no existir relación alguna entre el clima y su fenología (Cifuentes *et al*, 2010).

5.2. Estudio de las características del suelo y la influencia en el crecimiento de *Cinchona officinalis* L.

5.2.1. Características del suelo

Concerniente a la clase textural del suelo, las proporciones de partículas de arena fueron mayores para los cuatros sectores de estudio. En San Simón y Uritusinga el suelo es de clase textural Franco Arenoso. En Selva Alegre Franco Arcillo arenoso, encontrando también en El Naque un suelo casi similar de clase textural Franco Arcilloso. Entonces, la especie prefiere los suelos con proporciones mayores en arena (suelos arenosos), como ya se mencionó en todos los sectores las proporciones de esta clase textural fueron mayores.

En cuanto al pH del suelo, en todos los sectores el grado de acides o alcalinidad oscilaron entre 4,6 y 4,8 no variando mucho entre ellos, entonces, los suelos donde se desarrolla la especie son suelos muy ácidos.

En materia orgánica, solo los suelos de San Simón y El Naque son altos en contenido de materia orgánica con respecto a los demás sectores de estudio, una de las razones presumibles para que este suelo sea rico en materia orgánica es porque en estos lugares la especie crece junto densa vegetación, ya que en los demás sectores en el caso de Selva Alegre y Uritusinga la especie se desarrolla en lo que comúnmente se lo denomina potreros.

En lo relacionado a los macro y micronutrientes, el hierro (Fe) es el mineral que se encuentra en mayores concentraciones en los suelos de los cuatro sectores. Este elemento se encuentra en altas concentraciones con respecto a los demás elementos.

(Sierra, 2016) “El hierro es el elemento más abundante en el suelo. De hecho, por lo menos un 5% de la corteza terrestre está constituida por este elemento. Pese a ello, su

biodisponibilidad en el suelo es normalmente muy baja”, es por ello que en todos los sectores de estudio los suelos son muy ricos en hierro.

En nitrógeno (N), este mineral está presente en todos los suelos, pero únicamente en El Naque y San Simón ese mineral está presente mayormente con respecto de los demás sectores. Como menciona (Perdomo, 2009) “Una reserva importante de nitrógeno es la materia orgánica del suelo (MOS). Del total de nitrógeno que hay en el suelo, aproximadamente el 98% se encuentra formando compuestos orgánicos”, entonces, como en El Naque y San Simón los suelos son los suelos que más nitrógeno contienen se puede corroborar con el análisis de materia orgánica.

Otro mineral existente en el suelo e importante es el potasio (K), este mineral tiene gran importancia en el crecimiento y desarrollo de las plantas, según (Darwich, 1998) “El potasio es uno de los nutrientes minerales que necesitan las plantas en mayor cantidad. Las plantas extraen grandes cantidades de potasio del suelo para su crecimiento y desarrollo y como es de esperarse, la falta de éste elemento, influye negativamente en el rendimiento y calidad de las mismas”, este mineral se encuentra en mayores concentraciones en los suelos de Selva Alegre, en los demás sectores también se encontró pero no en mayores concentraciones.

El fósforo (P), ese mineral también juega un papel importante en el desarrollo de las plantas, como menciona (Munera, 2012) “El fósforo es uno de los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Sus funciones no pueden ser ejecutadas por ningún otro nutriente y se requiere un adecuado suplemento de fósforo para que la planta crezca y se reproduzca en forma óptima”, este nutriente lo encontramos en mayores concentraciones en suelos del sector San Simón, ya que en los demás sitios las concentraciones de fósforo son menores, siendo Selva Alegre con más baja concentración de fósforo.

El manganeso (Mn) y el zinc (Zn), son minerales metales que aportan a la fertilidad al igual que el hierro (Fe), estos minerales son esenciales para el crecimiento de las plantas. A pesar de las pequeñas cantidades requeridas por las plantas, los suelos suelen ser deficitarios en uno o más micronutrientes de forma que su concentración en los tejidos de los vegetales cae por debajo de los niveles que permiten un crecimiento óptimo (Munera, 2012). Estos dos minerales se encuentran en menores concentraciones

en los suelos de los cuatro sectores de estudio, únicamente en Selva Alegre y Uritusinga encontramos el manganeso en mayores proporciones que en los demás suelos.

5.2.2. Crecimiento de *Cinchona officinalis* L.

En el sector Selva Alegre, durante el periodo 2015-2016 creció en DAP promedio por individuo 0,27 cm, únicamente superando en crecimiento a Uritusinga y El Naque; en altura este Selva Alegre solo creció en promedio por individuo 0,12 m, siendo el promedio más bajo con respecto a los demás sectores. En cuanto al crecimiento en área basal el crecimiento fue mayor en relación con los demás sitios 0,00048 m² promedio por individuo; igualmente en volumen el crecimiento fue mayor con 0,0027 m³ promedio por árbol.

Con respecto a El Naque, el crecimiento en DAP promedio por individuo es de 0,14 cm, siendo el sector con menor crecimiento en esta variable; en altura creció 0,22 m, superando en incremento a Selva Alegre y San Simón. En área basal su incremento es de 0,00016 m², y en cuanto a volumen es de 0,0009 m³ por encima del sector Uritusinga y San Simón.

En cuanto al sector San Simón, el crecimiento en DAP promedio por individuo 0,36 cm, siendo este con más incremento en esta variable y en altura creció 0,20 m, superando únicamente a Selva Alegre. El incremento en área basal es de 0,00016 m², y en volumen 0,0013 m³, superando al sector Uritusinga y El Naque.

Finalmente en Uritusinga, el incremento en DAP promedio por individuo para este sector es de 0,17, superando únicamente al sector de El Naque y en altura su incremento fue mayor a los demás sectores con 0,28 m promedio por individuo. En cuanto al incremento en área basal fue de 0,00033 m² y volumen de 0,0010 m³.

En resumen, *Cinchona officinalis* L., en el sector de San Simón presenta mayor crecimiento en diámetro promedio 0,36 cm por individuo con respecto de los demás sitios. En cuanto a altura, el sector con mayor incremento de la variable es Uritusinga con 0,28 m promedio por individuo. Un estudio realizado por Aguirre y Weber (2007), sobre *Enriquecimiento de plantaciones forestales como herramienta para la rehabilitación de ambientes degradados en la región sur Ecuatoriana*, donde se instalaron parcelas y se plantaron algunas especies forestales entre ellas *C. officinalis*,

en la cual la especie demostró mejor crecimiento en claros, esto también fue comprobado en campo, ya que en los cuatro sectores de estudio existen algunos claros de bosque, además que también existían pastizales (potreros), donde únicamente esta especie se encontraba desarrollándose. Además, durante su estado temprano de crecimiento esta especie prefirió los lugares húmedos y con poca o casi nada de radiación solar (esciófita), y conforme se va desarrollando y alcanzando etapas maduras esta especie compite por luz hasta llegar a su etapa adulta (heliófila).

Con respecto al Área basal (m^2), únicamente el sector Selva Alegre tiene mayor incremento en la variable, esto quiere decir que existe mayor densidad del rodal, debido también a que la mayoría de los individuos estaban en su etapa adulta y además que su diámetro era mayor con respecto a los demás sitios. Con lo que refiere al Volumen (m^3), Selva Alegre tiene el mayor incremento en esta variable.

5.2.3. Relación del crecimiento en área basal y volumen con las características del suelo donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L.

Evidentemente los nutrientes existentes en el suelo aportan en gran cantidad al crecimiento de las plantas, ya sean por su textura, materia orgánica o los macro y micronutrientes existentes en grandes o pequeñas cantidades.

En crecimiento, Selva Alegre presenta mayor incremento en área basal promedio por individuo $0,00048 m^2$ con respecto a los demás sectores, estos suelos contienen mayores concentraciones de óxido de potasio 78,33 ppm; además, que también es uno de los suelos que presentan mayores concentraciones manganeso, minerales que probablemente estén relacionados con el crecimiento de la especie.

El sector Uritusinga, después de Selva Alegre presenta mayor crecimiento en área basal promedio por individuo $0,00033 m^2$, en estos suelos al igual que en Selva Alegre contienen altas concentraciones de óxido de potasio, hierro y manganeso.

Por último, los sectores San Simón y El Naque tiene un crecimiento en área basal promedio de $0,00016 m^2$, en estos suelos contienen mayores concentraciones de nitrógeno y óxido de fosforo.

En resumen, con respecto a la relación entre las características del suelo con el crecimiento en área basal, en este caso como ya se lo había mencionado anteriormente

únicamente Selva Alegre tuvo mayor crecimiento en área basal, y en este sector el suelo es rico principalmente en hierro, nitrógeno y potasio, este último mineral solo en estos suelos se los encuentra en mayores concentraciones, ya que el hierro y el nitrógeno se los encuentra en todos los suelos en concentraciones similares. Además, existe muy poca vegetación creciendo junto a ella, debido a que ha sido eliminada para darle uso al suelo en pastoreo, esto ha creado grandes claros de bosque y este es el lugar idóneo para que esta especie se desarrolle. Estos suelos presentan una clase textural de Franco Arcillo Arenoso y son suelos muy ácidos. En cuanto a los demás sectores el incremento de área basal es muy inferior a Selva Alegre, pese a tener suelos muy ricos en hierro y nitrógeno, fósforo, al igual estos suelos son muy ácidos y con una clase textural de Franco Arenosos. Concerniente a la relación entre las características del suelo con el crecimiento en volumen, al igual que en área basal, Selva Alegre también incremento el volumen con respecto a los demás sectores.

6. CONCLUSIONES

Objetivo Especifico 1.

- Las fases fenológicas en los cuatro sectores de estudio no tienen temporadas bien marcadas de ocurrencia del fenómeno, ya que se observó cierto porcentaje de ocurrencia durante todos los meses del periodo comprendido. Por otro lado, no existe relación entre fenómenos fenológicos y eventos meteorológicos en cada sector. La floración en Selva Alegre es mayor con respecto a los demás sectores con un porcentaje promedio de 13,92% durante todo el periodo de evaluación. Así mismo, la fructificación en Uritusinga es mayor con respecto a los demás sectores con un porcentaje promedio de 33,96% durante todo el periodo de evaluación. Por último, Los ciclos fenológicos no fueron iguales en año 2015 con respecto al año 2016.

Objetivo Especifico 2.

- Los suelos donde crecen *Cinchona officinalis* L., son muy ricos en hierro, nitrógeno y materia orgánica; además, su contenido de acidez es muy alto para todos los sectores. También, en todos los suelos las proporciones de partículas de arena eran mayores a limo y arcilla. El hierro (Fe) es el elemento que se encuentra en mayores concentraciones en el suelo de los cuatro sectores de estudio, donde crece *Cinchona officinalis* L. En crecimiento, San Simón obtuvo el mayor incremento en DAP promedio por individuo con 0,36 cm durante la primera y última medición en campo, en cuanto a la altura promedio por individuo, en Uritusinga se evidencio mayor incremento de la variable de 0,28 cm durante la primera y última medición de campo. Finalmente, En el sector Selva Alegre se obtuvo el mayor crecimiento de área basal y volumen promedio por individuo durante el periodo de evaluación de dos años, además estos suelos contenía mayores concentraciones de potasio (K), nutriente esencial en el crecimiento de especies vegetales.

Objetivo Especifico 3.

- La difusión de los resultados obtenidos en el presente estudio, ayudaran de base para estudios posteriores referente a fenología y crecimiento de *Cinchona officinalis* L.

7. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones para evaluar otros factores ambientales como la luminosidad, evapotranspiración, etc., que influyen sobre la floración y fructificación de *Cinchona officinalis* L. Además, continuar evaluando la fenología de los árboles seleccionados por un mayor tiempo, para contar con datos e información consistente para la especie. También evaluar el crecimiento de los árboles seleccionados por un mayor tiempo, para contar con datos e información consistente para la especie.

8. BIBLIOGRAFÍA

Agudelo, C. (1993). Estudio florístico y climático del cañón Quindío. Colombia.

Aguilera, N. (1989). Tratado de Edafología de México. México.

Aguirre, N., Weber, M. (2007). Enriquecimiento de plantaciones forestales como herramienta para la rehabilitación de ambientes degradados en la región sur Ecuatoriana. Loja, Ecuador.

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%203.pdf>

Alvarado A., Raigosa, J. (2007). Nutrición y fertilización forestal en regiones tropicales. Centro de Investigaciones Agronómicas Universidad de Costa Rica San José, Costa Rica pp 83.

Anacafé, (2004). Programa de diversificación de ingresos en la Empresa Cafetalera. Obtenido de <http://portal.anacafe.org/Portal/Documents/Documents/200412/33/21/Cultivo%20de%20Quina.pdf>

Anda, D. (2002). La Cascarilla. Loja, Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja.

Aponte, C., Sanmartín, B. (2011). Fenología y ensayos de germinación de diez especies forestales nativas, con potencial productivo maderable y no maderable del bosque protector el bosque de la parroquia San Pedro de Vilcabamba, Loja. Tesis Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja Loja-Ecuador

Bornemisza, E. (1982). Introducción a la Química de Suelos.

Buckman, H., Brady, N. (1996). Naturaleza y propiedades de los suelos. México D.F.: hispano América.

Buitron, X. (1999). Uso y Comercio de Plantas Medicinales. Cambridge.

Castillo, F. (2001). Agrometeorología. Obtenido de <http://books.google.com.ec/books?id=HjYILlC70YIC&printsec=frontcover&dq=editions:H>

Cifuentes, L., Moreno, F., Arango, D. (2010). Fenología reproductiva y productividad de *Oenocarpus batata* (Mart.) en bosques inundables del Chocó Biogeográfico, Colombia. *Biota Neo trópica*, 10(4).

Cocios, G. (1996). Correlación del crecimiento diamétrico de cinco especies forestales con la lluvia. Loja, Ecuador.

Condoy, A., Herrera, C. (2011). Fenología y germinación de especies nativas del bosque andino en la comuna Collana-Catacocha, provincia de Loja. Tesis de Ingeniería Forestal. Loja, Ecuador.

Darwich, N. (1998). Manual de Fertilidad de suelos y uso de fertilizantes. Obtenido de fertilizando.com.

De la Fina, A., Ravelo, A. (1985). Climatología y fenología agrícola. Argentina: EUDEBA.

Díaz, M., Lojan, M., (2004) Fenología y propagación en vivero de especies forestales nativas del bosque protector “El Bosque”. Tesis Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

Font Quer, P. (1953). Diccionario de Botánica. Barcelona, España.

Fournier, L. (1976). El Dendofenograma, una presentación gráfica del comportamiento fenológico de los árboles. *Biología Tropical*.

Fuller, H., Mariano, A. (1969). Botánica General. México D.F.

García, P., García, S. (1978). Diez temas sobre el Clima. Ministerio de Agricultura. Madrid, España.

Gastiazoro, J. (2001). Climatología y Fenología Agrícola. Obtenido de http://www.redagraria.com.ar/investigacion/fca_unc/climafenol_fca_unc/apunte_fenologia/5_fenologia_frutales.html

Gómez, N. (1989). Elementos de geografía del Ecuador. Quito, Ecuador: Editions Ediguías. C. Ltda.

Guariguata, M. (1998). Consideraciones Ecológicas Sobre la Regeneración Natural aplicada al manejo forestal. Serie Técnica. Informe N° 304 CATIE, Costa Rica. 25p

Huachi, L. (2008). Mejoramiento del suelo mediante la producción de un abono. Quito, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.uisek.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/193/1/MEJORAMIENTO%20DEL%20SUELO%20MEDIANTE%20LA%20PRODUCCION%20DE%20UN%20ABONO%20ORGANICO.pdf>

INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), (2015). Datos históricos, anuarios meteorológicos 2015-2016. Quito: INAMHI.

Lamprecht, H. (1990). Silvicultura en los Trópicos. Freigang, Alemania.

Loján, L. (1992). El verdor de los Andes: Árboles y arbustos nativos para el desarrollo forestal altoandino. FAO. Proyecto de desarrollo forestal participativo en los Andes. Quito, Ecuador.

Loján, L. (1997). Curso de Dasimetría. Universidad Nacional de Loja. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Loja, Ecuador.

MAE, (2014). Línea Base de Deforestación del Ecuador Continental. Quito, Ecuador.

Mantovani, M., Ruschel, M., Sedrez dos Reis, A., Nodari, R. (2003). Fenología reproductiva de especies arbóreas en formaciones secundarias vegetales. *Árvore*.

Márquez, J., Alba, J., Mendizabal, L., Ramirez, E. (2010). La Fenología reproductiva y el manejo de los recursos forestales. Obtenido de <http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=49719770006>.

Munera, G. (2012). EL FOSFORO ELEMENTO INDISPENSABLE PARA LA VIDA VEGETAL. Colombia.

Myers, N., Mittermeier, R., Mittermaier, C., Fonseca, G., Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, (403/25): 853-858.

Perdomo, C. (2009). Área de suelos y aguas cátedra de fertilidad. Montevideo, Uruguay.

Philo, L. (1994). Plan hidráulico de Loja. Loja, Ecuador.

Porta, J., López, M., Roquero De Laburu, C. (2003). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. España: Mundi-prensa.

Quesada, 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.

Ramón, C., Reyes, F. (2005). Determinación del grado de erosión actual y potencial de los suelos del cantón Catamayo. Loja, Ecuador.

Salinas, A., Cueva, M. (1992). Estudio dendrológico y fenológico de siete especies forestales en la provincia de Zamora Chinchipe. Loja, Ecuador.

Sierra, C. (2016). Una relación intensa: El hierro, el suelo y las plantas. *EL MERCURIO*, 2.

Spurr, S. (1952). *Forest inventory*. New York: The Ronald Press Company.

Ulloa, C., Jorgensen, P. (2000). Árboles y Arbustos de los Andes del Ecuador. 2da edición. Ed. Quito, Ecuador: AYALA.

Vázquez, B. (2011). FENOLOGÍA. THE GLOBE PROGRAM. Obtenido de http://www.globeargentina.org/guia_del_maestro_web/fenologia/fenologiaweb.pdf

Volke, T. (2005). Suelos Contaminados por metales y metaloides: Muestreo y Alternativas para su remediación. México.

9. ANEXOS

Anexo 2. Toma de datos fenológicos de *Cinchona officinalis* L.



Fuente: Archivo del proyecto Cinchona-UNL-2015-2016

Anexo 3. Toma de datos dasométricos (altura y DAP) de *Cinchona officinalis* L.



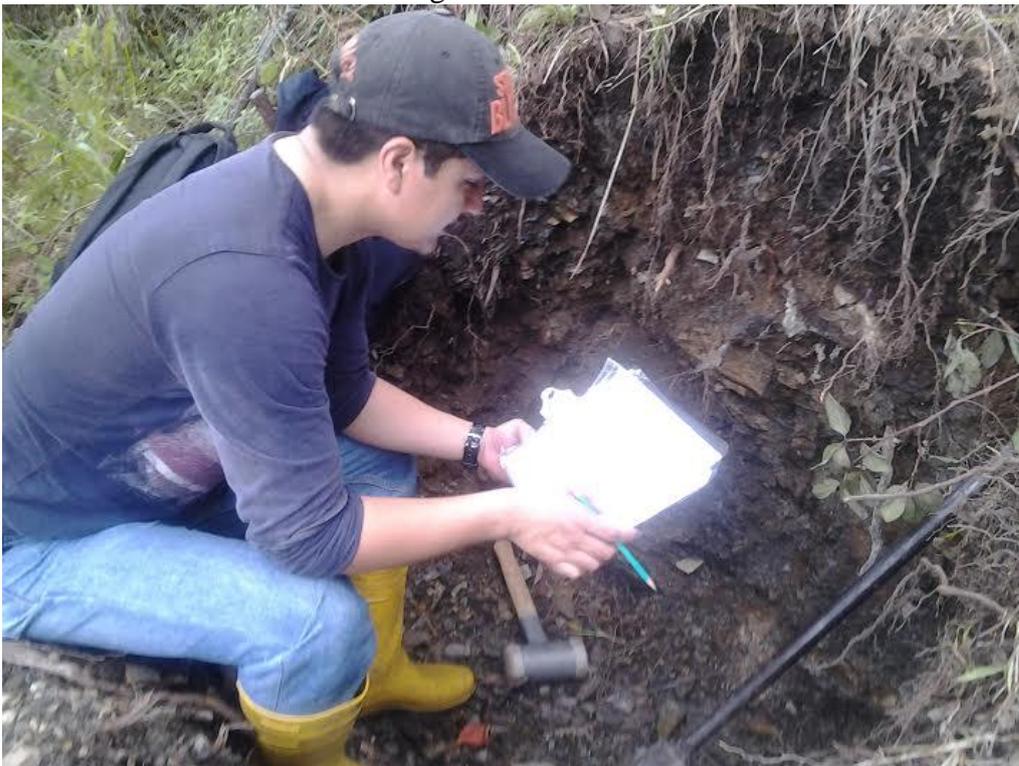
Fuente: Archivo del proyecto Cinchona-UNL-2015-2016

Anexo 4. Materiales utilizados para la obtención de muestras de suelo.



Fuente: Archivo del proyecto Cinchona-UNL-2015-2016

Anexo 5. Toma de datos morfológicos de suelo.



Fuente: Archivo del proyecto Cinchona-UNL-2015-2016

Anexo 6. Realización de las calicatas y toma de muestras de suelo de cada uno de los horizontes.



Fuente: Archivo del proyecto Cinchona-UNL-2015-2016

Anexo 7. Datos dasométricos de sector Selva Alegre.

Sector	Parcelas	N° Árbol	Coordenadas			HT	CAP* (cm)	DAP cm	Estado Sanitario	Forma del Fuste (Torcido)	Diámetro de copa			Observaciones
			Latitud	Longitud	Altitud						1	2	Tot al	
Santa Lucia/ Selva Alegre	1	1	681551	9607781	2740	7,00	71,00	22,60	2	4	6,40	6,30	6,35	
		2	681551	9607767	2751	6,70	65,00	20,69	2	4	5,65	5,45	5,55	
		3	681543	9607756	2750	6,70	72,50	23,08	2	4	4,95	7,93	6,44	
		4	681539	9607763	2745	7,00	38,50	12,25	2	4	3,10	2,80	2,95	
		5	681539	9607745	2750	6,42	48,20	15,34	2	4	4,52	3,52	4,02	
		6	681544	9607737	2749	6,10	51,50	16,39	2	4	5,22	6,03	5,63	Ápice muerto
		7	681535	9607739	2643	5,75	52,00	16,55	2	4	7,52	7,12	7,32	
		8	681535	9607739	2741	9,90	53,20	16,93	2	4	7,55	7,15	7,35	
		9	681528	9607745	2737	3,65	35,20	11,20	3	3	3,85	4,82	4,34	
		10	681528	9607747	2738	3,35	24,00	7,64	3	2	3,73	2,22	2,98	
		11	681525	9607747	2737	6,00	29,00	9,23	3	3	3,43	3,22	3,33	
		12	681535	9607767	27,33	6,20	42,50	13,53	2	4	5,33	4,62	4,98	
		13	681539	9607775	27,42	5,25	18,00	5,73	3	3	5,00	4,25	4,63	
		14	681540	9607775	27,42	3,70	19,00	6,05	2	4	2,52	0,00	1,26	
		15	681541	9607779	27,43	3,85	33,00	10,50	2	4	3,52	0,00	1,76	
		16	681535	9607779	27,43	11,25	43,50	13,85	2	4	4,42	5,22	4,82	
		17	681541	9607790	27,43	6,45	47,50	15,12	2	4	4,00	5,35	4,68	
		18	681545	9607807	27,38	2,35	14,75	4,70	2	4	1,85	2,30	2,08	
	2	1	681596	9607816	27,51	6,53	49,00	15,60	3	4	3,20	5,30	4,25	
		2	681596	9607815	27,5	6,00	44,00	14,01	3	4	2,92	3,31	3,12	
		3	681584	9607811	27,46	7,05	42,50	13,53	3	4	5,00	5,75	5,38	
		4	681592	9607823	27,44	5,70	40,50	12,89	4	4	4,10	3,40	3,75	
		5	681595	9607823	27,45	7,35	31,00	9,87	4	4	6,00	5,20	5,60	
		6	681595	9607825	27,46	3,60	24,50	7,80	4	4	2,80	3,20	3,00	
		7	681595	9607826	27,44	3,60	17,50	5,57	4	4	1,90	2,30	2,10	
		8	681598	9607828	27,44	7,25	45,00	14,32	1	1	5,50	4,60	5,05	

Altura (H): Si de una misma base salen varias ramas, tomar la altura de la rama más alta

CAP*: Si presenta bifurcación antes de 1.30 cm se anotan las 2 o más valores de CAP

DAP: Diámetro al altura del pecho cm

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

Torcido: 1. Normal; 2. Muy Torcido 3. Torcido; 4. Poco Torcido

Fuente: Archivo del proyecto Cinchona-UNL-2015-2016

Anexo 8. Datos dasométricos del sector El Naque.

Sector	Parcelas	N° Árbol	Coordenadas		HT	CAP* (cm)	DAP cm	Estado Sanitario	Forma del Fuste (Torcido)	Forma del Fuste (Torcido)		
			Latitud	Longitud						1,00	2	Total
CHORRERA DEL NAQUE	1	1	699673	9535436	2,40	9,50	3,02	2	3	2,40	1,60	2,00
		2	699674	9535434	4,50	11,20	3,57	2	1	2,00	1,30	1,65
		3	699670	9535428	6,60	14,80	4,71	1	4	3,38	1,60	2,49
		4	699671	9535427	7,70	19,60	6,24	2	4	3,20	1,50	2,35
		5	699667	9535422	8,50	19,30	6,14	2	4	5,50	2,50	4,00
		6	699664	9535416	7,00	30,10	9,58	2	4	3,20	3,60	3,40
		7	699666	9535415	6,80	24,80	7,89	2	3	3,70	3,80	3,75
		8	699655	9535423	8,20	31,80	10,12	2	3	7,50	5,60	6,55
		9	699662	9535424	8,80	30,50	9,71	2	4	4,70	2,20	3,45
		10	699667	9535426	3,40	12,40	3,95	2	4	2,30	2,50	2,40
		11	699668	9535426	5,20	21,00	6,68	2	4	2,20	2,00	2,10
		12	699663	9535435	6,80	31,90	10,15	2	4	4,60	3,10	3,85
		13	699664	9535432	2,70	13,70	4,36	2	3	1,80	2,30	2,05
		14	699658	9535433	7,10	28,10	8,94	2	3	3,40	3,60	3,50
		15	699648	9535417	8,90	24,70	7,86	2	4	4,00	3,30	3,65
		16	699650	9535413	7,20	23,90	7,61	2	3	3,60	4,20	3,90
		17	699638	9535415	6,50	28,60	9,10	2	4	6,10	2,40	4,25
		18	699639	9535413	7,70	35,50	11,30	2	4	4,40	4,50	4,45
		19	699648	9535410	3,80	14,80	4,71	2	4	2,70	4,30	3,50
		20	699651	9535403	7,90	34,80	11,08	2	3	5,00	5,30	5,15
		21	699650	9535420	4,50	23,90	7,61	3	3	3,30	4,60	3,95
		22	699651	9535420	4,50	14,60	4,65	3	3	1,00	1,70	1,35
		23	699652	9535433	6,20	15,20	4,84	2	4	2,20	1,70	1,95
		24	699652	9535412	8,20	25,20	8,02	2	4	5,40	2,90	4,15

Altura (H): Si de una misma base salen varias ramas, tomar la altura de la rama más alta

CAP*: Si presenta bifurcación antes de 1.30 cm se anotan las 2 o más valores de CAP

DAP: Diámetro al altura del pecho cm

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

Torcido: 1. Normal; 2. Muy Torcido 3. Torcido; 4. Poco Torcido

Fuente: Archivo del proyecto Cinchona-UNL-2015-2016

Anexo 9. Datos dasométricos del sector San Simón.

Sector	Parcelas	N° Árbol	Coordenadas			HT	CAP* (cm)	DAP cm	Estado Sanitario	Forma del Fuste (Torcido)	Diámetro de copa		Total
			Latitud	Longitud	Altitud						1	2	
Quebrada de San Simón / Zamora Huayco	1	1	702477	9553411	2249	2,69	13,10	4,17	2	4	2,50	1,50	2,00
		2	702471	9553424	2253	4,20	37,80	12,03	2	4	2,20	2,90	2,55
		3	702471	9553424	2253	4,00	38,90	12,38	2	4	1,70	1,90	1,80
		4	702468	9553427	2251	3,60	24,40	7,77	2	4	2,50	1,80	2,15
		5	702157	9553428	2248	3,00	11,60	3,69	2	4	1,80	1,80	1,80
		6	702462	9553424	2243	2,50	9,30	2,96	2	4	1,30	1,20	1,25
		7	702462	9553421	2242	2,80	9,60	3,06	2	4	1,00	1,50	1,25
		8	702462	9553418	2239	2,40	10,60	3,37	2	4	3,00	1,60	2,30
		9	702468	9553415	2235	3,30	17,70	5,63	2	3	2,10	1,90	2,00
		10	702471	9553418	2238	2,00	22,00	7,00	2	4	0,50	0,50	0,50
		11	702468	9553421	2239	3,10	29,70	9,45	3	4	3,90	1,90	2,90
		12	702423	9534989	2240	4,20	19,90	6,33	3	3	2,20	2,70	2,45
	2	1	702462	9553316	2987	4,90	23,60	7,51	3	3	2,00	1,50	1,75
		2	702397	9553316	2987	4,20	26,40	8,40	2	3	1,50	1,50	1,50
		3	702397	9553316	2987	3,80	26,80	8,53	2	3	2,00	3,50	2,75
		4	702462	9553359	2987	2,50	8,80	2,80	3	3	1,70	1,00	1,35
		5	702462	9553356	2987	2,90	19,80	6,30	3	3	1,50	2,50	2,00
		6	702480	9553362	2987	3,50	12,60	4,01	3	4	1,90	2,50	2,20
		7	702474	9553359	2987	2,40	9,50	3,02	2	4	1,50	3,00	2,25
		8	702542	9553405	2987	2,90	10,50	3,34	2	4	1,90	1,50	1,70
		9	702518	9553393	2987	2,30	14,70	4,68	2	4	1,80	1,00	1,40
		10	702493	9553362	2987	4,30	2,60	0,83	3	3	1,50	2,50	2,00
		11	702471	9553347	2987	4,80	17,40	5,54	3	4	1,20	1,20	1,20
12	702471	9553378	2987	4,20	22,20	7,07	2	3	1,80	2,20	2,00		
13	700246	9553421	2987	4,00	21,60	6,88	3	3	1,30	1,70	1,50		

Altura (H): Si de una misma base salen varias ramas, tomar la altura de la rama más alta

CAP*: Si presenta bifurcación antes de 1.30 cm se anotan las 2 o más valores de CAP

DAP: Diámetro al altura del pecho cm

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

Torcido: 1. Normal; 2. Muy Torcido 3. Torcido; 4. Poco Torcido

Fuente: Archivo del proyecto Cinchona-UNL-2015-2016

Anexo 10. Datos dasométricos del sector Uritusinga

Sector	Parcela	N° Árbol	Coordenadas		HT	CAP* (cm)	DAP cm	Estado Sanitario	Forma del Fuste (Torcido)	Diámetro de copa		
			Latitud	Longitud						1	2	Total
URITUSINGA	1	1	692423	9547308	8,10	27,90	8,88	2	4	2,65	2,15	2,4
		2	692429	9547305	3,70	16,60	5,28	2	4	2,15	1,95	2,05
		3	692429	9547305	8,40	31,65	10,07	2	4	4,10	3,3	3,7
		4	692426	9547302	5,60	13,50	4,30	2	4	2,40	2,2	2,3
		5	692429	9547293	7,40	26,01	8,28	2	4	4,40	3,5	3,95
		6	692426	9547293	5,30	18,10	5,76	3	3	3,30	3,2	3,25
	2	1	692389	9547348	4,20	14,60	4,65	2	4	1,20	1,2	1,2
		2	692389	9547348	3,30	14,20	4,52	2	3	2,80	2	2,4
		3	692393	9547341	5,40	12,80	4,07	2	3	3,35	2,3	2,825
		4	692294	9547340	5,10	27,00	8,59	2	4	3,20	2,6	2,9
		5	692402	9547330	4,60	19,30	6,14	3	4	1,10	1	1,05
		6	692408	9547327	6,30	19,10	6,08	2	4	2,30	2,1	2,2
		7	692386	9547345	4,00	11,25	3,58	2	4	2,35	2,5	2,425
		8	692392	9547324	5,00	20,00	6,37	3	3	2,20	3	2,6
	3	1	692352	9547373	4,50	11,40	3,63	3	4	2,30	2,1	2,2
		2	692352	9547373	3,30	8,60	2,74	3	4	1,20	1,5	1,35
		3	692355	9547376	4,50	11,85	3,77	2	3	2,30	2,6	2,45
		4	692359	9547376	4,60	10,24	3,26	3	4	3,00	2,5	2,75
		5	692359	9547376	5,00	9,15	2,91	2	4	3,30	2,45	2,875
		6	692359	9547370	4,50	9,50	3,02	2	4	2,30	2,25	2,275
		7	692359	9547370	4,60	13,30	4,23	3	4	2,70	3,2	2,95
		8	692368	9547370	3,40	8,60	2,74	2	4	3,00	2,2	2,6

Altura (H): Si de una misma base salen varias ramas, tomar la altura de la rama más alta

CAP*: Si presenta bifurcación antes de 1.30 cm se anotan las 2 o más valores de CAP

DAP: Diámetro al altura del pecho cm

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

Torcido: 1. Normal; 2. Muy Torcido 3. Torcido; 4. Poco Torcido

Fuente: Archivo del proyecto Cinchona-UNL-2015-2016

Anexo 11. Datos dasométricos de las tres lecturas realizadas en campo sector Selva Alegre periodo 2015-2016.

SECTOR	Parcela	N° árbol	PRIMERA LECTURA			SEGUNDA LECTURA			TERCERA LECTURA		
			HT (m)	DAP (cm)	DC (m)	HT (m)	DAP (cm)	DC (m)	HT (m)	DAP (cm)	DC (m)
Selva Alegre	1	1	6,90	22,28	6,25	6,90	22,60	6,25	7,00	22,60	6,35
		2	6,60	20,37	5,50	6,60	20,37	5,50	6,70	20,69	5,55
		3	6,60	22,92	6,40	6,60	22,92	6,40	6,70	23,08	6,44
		4	5,10	12,10	2,95	5,70	12,10	2,95	7,00	12,25	2,95
		5	6,40	15,28	4,00	6,40	15,28	4,00	6,42	15,34	4,02
		6	6,10	16,23	5,60	6,10	16,23	5,60	6,10	16,39	5,63
		7	5,70	16,55	7,30	5,70	16,55	7,30	5,75	16,55	7,32
		8	9,80	16,87	7,30	9,80	16,87	7,30	9,90	16,93	7,35
		9	3,60	11,14	4,30	3,60	11,14	4,30	3,65	11,20	4,34
		10	3,30	7,32	2,95	3,30	7,32	2,95	3,35	7,64	2,98
		11	6,00	8,91	3,30	6,00	9,07	3,30	6,00	9,23	3,33
		12	6,20	13,37	4,95	6,20	13,37	4,95	6,20	13,53	4,98
		13	5,20	5,25	4,60	5,20	5,41	4,60	5,25	5,73	4,63
		14	3,60	5,73	1,25	3,60	5,73	1,25	3,70	6,05	1,26
		15	3,80	10,19	1,75	3,80	10,19	1,75	3,85	10,50	1,76
		16	11,20	13,69	4,80	11,20	13,69	4,80	11,25	13,85	4,82
		17	6,40	14,96	4,60	6,40	14,96	4,60	6,45	15,12	4,68
		18	2,30	3,98	2,05	2,30	3,98	2,05	2,35	4,70	2,08
	2	1	6,50	15,28	4,25	6,50	15,28	4,25	6,53	15,60	4,25
		2	6,00	13,69	3,10	6,00	13,69	3,10	6,00	14,01	3,12
		3	7,00	12,73	5,35	7,00	12,73	5,35	7,05	13,53	5,38
		4	5,70	12,73	3,75	5,70	12,73	3,75	5,70	12,89	3,75
		5	7,30	9,71	5,60	7,30	9,71	5,60	7,35	9,87	5,60
		6	3,60	7,64	3,00	3,60	7,64	3,00	3,60	7,80	3,00
		7	3,60	5,09	2,10	3,60	5,09	2,10	3,60	5,57	2,10
		8	7,20	14,01	5,00	7,20	14,01	5,00	7,25	14,32	5,05

HT: Altura total

DAP: Diámetro a la altura del pecho

DC: Diámetro de copa

Fuente: Archivo del proyecto Cinchona-UNL-2015-2016

Anexo 12. Datos dasométricos de las tres lecturas realizadas en campo sector El Naque periodo 2015-2016.

SECTOR	Parcela	N° árbol	PRIMERA LECTURA			SEGUNDA LECTURA			TERCERA LECTURA		
			HT (m)	DAP (cm)	DC (m)	HT (m)	DAP (cm)	DC (m)	HT (m)	DAP (cm)	DC (m)
El Naque	1	1	2,20	2,86	1,95	2,20	2,93	1,95	2,40	3,02	2,00
		2	4,10	3,41	1,75	4,10	3,44	1,75	4,50	3,57	1,65
		3	6,50	4,66	2,49	6,50	4,71	2,49	6,60	4,71	2,49
		4	7,50	6,14	2,30	7,50	6,21	2,30	7,70	6,24	2,35
		5	8,10	6,06	3,95	8,10	6,11	3,95	8,50	6,14	4,00
		6	6,80	9,42	3,37	6,80	9,49	3,37	7,00	9,58	3,40
		7	6,50	7,78	3,55	6,50	7,83	3,55	6,80	7,89	3,75
		8	8,00	9,92	6,45	8,00	9,96	6,45	8,20	10,12	6,55
		9	8,60	9,64	3,35	8,60	9,64	3,35	8,80	9,71	3,45
		10	3,30	3,69	2,30	3,30	3,72	2,30	3,40	3,95	2,40
		11	5,10	6,59	2,08	5,10	6,65	2,08	5,20	6,68	2,10
		12	6,60	10,03	3,74	6,60	10,09	3,74	6,80	10,15	3,85
		13	2,60	4,25	1,93	2,60	4,30	1,93	2,70	4,36	2,05
		14	6,90	8,88	3,43	6,90	8,91	3,43	7,10	8,94	3,50
		15	8,80	7,70	3,55	8,80	7,80	3,55	8,90	7,86	3,65
		16	7,00	7,38	3,85	7,00	7,42	3,85	7,20	7,61	3,90
		17	6,20	8,94	4,20	6,20	8,98	4,20	6,50	9,10	4,25
		18	7,60	11,14	4,43	7,60	11,20	4,43	7,70	11,30	4,45
		19	3,70	4,62	3,50	3,70	4,68	3,50	3,80	4,71	3,50
		20	6,80	10,73	5,10	6,80	10,76	5,10	7,90	11,08	5,15
		21	4,50	7,48	3,88	4,50	7,54	3,88	4,50	7,61	3,95
		22	4,20	4,55	1,24	4,20	4,62	1,24	4,50	4,65	1,35
		23	6,10	4,74	1,85	6,10	4,77	1,85	6,20	4,84	1,95
		24	8,20	7,93	4,05	8,20	7,96	4,05	8,20	8,02	4,15

HT: Altura total

DAP: Diámetro a la altura del pecho

DC: Diámetro de copa

Fuente: Archivo del proyecto Cinchona-UNL-2015-2016

Anexo 13. Datos dasométricos de las tres lecturas realizadas en campo sector San Simón periodo 2015-2016.

SECTOR	Parcela	N° árbol	PRIMERA LECTURA			SEGUNDA LECTURA			TERCERA LECTURA		
			HT (m)	DAP (cm)	DC (m)	HT (m)	DAP (cm)	DC (m)	HT (m)	DAP (cm)	DC (m)
San Simón	1	1	2,40	3,64	1,73	2,40	3,98	1,73	2,69	4,17	2,00
		2	4,10	11,41	2,40	4,10	11,83	2,40	4,20	12,03	2,55
		3	3,80	13,21	1,73	3,80	12,35	1,73	4,00	12,38	1,80
		4	3,40	7,86	1,90	3,40	7,64	1,90	3,60	7,77	2,15
		5	2,50	3,53	1,60	2,70	3,53	1,60	3,00	3,69	1,80
		6	2,30	2,90	1,05	2,30	2,86	1,05	2,50	2,96	1,25
		7	2,60	3,28	1,00	2,60	3,02	1,00	2,80	3,06	1,25
		8	2,00	3,25	2,15	2,00	3,31	2,15	2,40	3,37	2,30
		9	3,10	5,32	1,92	3,10	5,52	1,92	3,30	5,63	2,00
		10	1,80	6,81	0,40	1,80	6,91	0,40	2,00	7,00	0,50
		11	3,00	9,29	2,80	3,00	9,29	2,80	3,10	9,45	2,90
		12	4,00	5,89	2,25	4,00	6,11	2,25	4,20	6,33	2,45
	2	1	4,80	7,48	1,45	4,80	7,48	1,45	4,90	7,51	1,75
		2	4,00	7,67	1,30	4,00	8,37	1,30	4,20	8,40	1,50
		3	3,60	7,89	2,45	3,60	8,34	2,45	3,80	8,53	2,75
		4	2,20	2,29	1,15	2,20	2,72	1,15	2,50	2,80	1,35
		5	2,80	5,73	1,85	2,80	6,21	1,85	2,90	6,30	2,00
		6	3,30	3,87	2,01	3,30	3,94	2,01	3,50	4,01	2,20
		7	2,20	2,77	2,05	2,20	2,96	2,05	2,40	3,02	2,25
		8	2,80	2,99	1,50	2,80	3,25	1,50	2,90	3,34	1,70
		9	2,15	3,09	1,25	2,15	4,62	1,25	2,30	4,68	1,40
		10	4,10	6,05	1,83	4,10	6,53	1,83	4,30	0,83	2,00
		11	4,70	5,51	1,06	4,70	5,47	1,06	4,80	5,54	1,20
		12	4,00	7,13	1,77	4,00	7,00	1,77	4,20	7,07	2,00
		13	3,80	6,84	1,25	3,80	6,84	1,25	4,00	6,88	1,50

HT: Altura total

DAP: Diámetro a la altura del pecho

DC: Diámetro de copa

Fuente: Archivo del proyecto Cinchona-UNL-2015-2016

Anexo 14. Datos dasométricos de las tres lecturas realizadas en campo sector Uritusinga periodo 2015-2016.

SECTOR	Parcela	N° árbol	PRIMERA LECTURA			SEGUNDA LECTURA			TERCERA LECTURA		
			HT (m)	DAP (cm)	DC (m)	HT (m)	DAP (cm)	DC (m)	HT (m)	DAP (cm)	DC (m)
Uritusinga	1	1	8,00	8,69	2,30	8,00	8,36	2,30	8,10	8,88	2,40
		2	3,30	5,09	1,91	3,30	5,84	1,91	3,70	5,28	2,05
		3	8,00	9,88	3,60	8,00	10,21	3,60	8,40	10,07	3,70
		4	5,50	4,14	2,22	5,50	4,30	2,22	5,60	4,30	2,30
		5	7,00	8,20	3,80	8,00	8,36	3,80	7,40	8,28	3,95
		6	5,00	5,62	3,17	5,00	5,84	3,17	5,30	5,76	3,25
	2	1	4,00	4,62	1,12	4,00	4,62	1,12	4,20	4,65	1,20
		2	3,00	4,40	2,30	3,00	4,52	2,30	3,30	4,52	2,40
		3	5,00	3,94	2,75	5,00	4,15	2,75	5,40	4,07	2,83
		4	5,00	8,37	2,76	5,00	8,59	2,76	5,10	8,59	2,90
		5	4,50	6,11	1,00	4,50	6,13	1,00	4,60	6,14	1,05
		6	6,00	5,95	2,10	6,00	6,08	2,10	6,30	6,08	2,20
		7	3,50	3,53	2,32	4,00	3,59	2,32	4,00	3,58	2,43
		8	4,80	6,37	2,55	5,00	6,37	2,55	5,00	6,37	2,60
	3	1	4,20	3,57	2,04	4,50	3,68	2,04	4,50	3,63	2,20
		2	3,10	2,61	1,30	3,10	2,74	1,30	3,30	2,74	1,35
		3	3,90	3,71	2,30	3,90	3,71	2,30	4,50	3,77	2,45
		4	4,30	3,10	1,46	5,00	3,23	1,46	4,60	3,26	2,75
		5	4,70	2,89	2,80	4,70	2,94	2,80	5,00	2,91	2,88
		6	4,30	3,00	2,13	4,30	3,04	2,13	4,50	3,02	2,28
		7	4,40	4,16	2,81	4,50	4,23	2,81	4,60	4,23	2,95
		8	3,10	2,64	2,45	3,10	2,67	2,45	3,40	2,74	2,60

HT: Altura total

DAP: Diámetro a la altura del pecho

DC: Diámetro de copa

Fuente: Archivo del proyecto Cinchona-UNL-2015-2016

Anexo 15. Análisis físico-químico de los suelos.

Cód. Lab.	Cód. Cam.	Análisis Mecánico % TFSA			Textura	pH	M.O	N	P2O5	K2O	Mn	Fe	Zn	Al	CE	CIC
		Ao	Lo	Ac			%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100 ml	mmhos/cm
1634	QEN1	58,4	34	7,6	FoAo	4.54	7,38	135,86	32,66	18,73	2,05	948,87	0,63	3,90	0.086	38,90
1635	ZH1	72,4	22	5,6	FoAo	4.8	17,75	134,83	41,28	41,62	2,50	576,04	1,01	3,1	0.126	51,50
1636	QEN2	38,4	34	27,6	FoAc	4.75	6,62	117,05	30,95	15,39	1,70	852,91	1,39	3,7	0.063	20,20
1637	U2	56,4	32	11,6	FoAc	4.66	0,71	29,37	4,49	19,59	1,86	163,35	0,22	4,8	0.035	28,60
1638	QEN3	30,4	30	39,6	FoAc	4.97	0,18	30,49	9,93	19,85	3,26	530,41	0,29	3,7	0.045	21,60
1639	SA1	44,4	32	23,6	Fo	4.82	0,65	23,28	7,82	68,67	4,49	137,13	8,55	8,6	0.039	30,00
1640	U1	60,4	29	10,6	FoAo	4.68	5,43	74,10	20,39	60,31	17,02	718,67	0,60	0,5	0.103	22,90
1641	ZH3	76,4	16	7,6	FoAo	4.92	3,47	27,40	84,89	41,45	4,28	148,66	0,94	2,55	0.035	28,00
1642	SA2	68,4	16	15,6	FoAo	4.68	0,32	16,36	5,89	14,13	7,55	63,45	6,03	10,55	0.024	37,60
1643	ZH4	80,4	11	8,6	AoFo	5.11	0,22	21,79	36,97	10,15	3,24	142,63	0,27	0,9	0.031	10,80
1644	SAO	54,4	25	20,6	FoAcAo	5.05	4.89	51,92	8,31	152,19	17,05	517,57	1,01	4,2	0.102	31,40
1645	ZH2	72,4	18	9,6	FoAo	4.74	11,28	36,29	39,03	16,89	2,59	110,64	0,33	1,9	0.086	36,10

Anexo 16. Interpretación de resultados del análisis físico-químico de los suelos.

Cód. Lab.	Cód. Cam.	Textura	pH	M.O	N	P2O5	K2O	Mn	Fe	Zn	Al	CE
				%	ppm	ppm	ppm	Ppm	ppm	ppm	meq/100 ml	mmhos/cm
1634	QEN1	Franco Arenoso	Muy Ácido	Alto	Alto	Medio	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Tóxico	No Salino
1635	ZH1	Franco Arenoso	Muy Ácido	Alto	Alto	Medio	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Tóxico	No Salino
1636	QEN2	Franco Arcilloso	Muy Ácido	Alto	Alto	Medio	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Tóxico	No Salino
1637	U2	Franco Arcilloso	Muy Ácido	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Tóxico	No Salino
1638	QEN3	Franco Arcilloso	Muy Ácido	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Tóxico	No Salino
1639	SA1	Franco	Muy Ácido	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Tóxico	No Salino
1640	U1	Franco Arenoso	Muy Ácido	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Medio	No Salino
1641	ZH3	Franco Arenoso	Muy Ácido	Medio	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Tóxico	No Salino
1642	SA2	Franco Arenoso	Muy Ácido	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Medio	Tóxico	No Salino
1643	ZH4	Arenoso Franco	Ácido	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Medio	No Salino
1644	SAO	Franco Arcillo Arenoso	Ácido	Medio	Medio	Bajo	Medio	Alto	Alto	Bajo	Tóxico	No Salino
1645	ZH2	Franco Arenoso	Muy Ácido	Alto	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Tóxico	No Salino

Fuente: Archivo del proyecto Cinchona-UNL-2015-2016

Anexo 16. Tríptico divulgativo de la tesis realizada

entre los eventos fenológicos y fenómenos climáticos.

2. características del suelo donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L.

En el análisis físico-químico se determinó que todos los suelos son muy ricos en hierro. Además de ser suelos tóxicos no salinos, con textura Franco Arenosa. A continuación en la tabla se muestra los resultados del análisis físico-químico.

Tabla 1. Análisis físico-químico del suelo

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO	SELVA ALEGRE	EL NAQUE	SAN SIMÓN	URUTUSINGA
TEXTURA	FoAo	FoAc	FoAo	FoAc
PH	4,85	4,75	4,89	4,67
M.O (%)	1,95	4,73	8,18	3,07
N (PPM)	30,52	94,47	55,08	51,74
P2O5 (PPM)	7,34	24,51	50,54	12,44
K2O (PPM)	78,33	17,99	27,53	39,95
Mn (PPM)	9,70	2,34	3,15	9,44
FE (PPM)	239,38	777,40	244,49	441,01
Zn (PPM)	5,20	0,77	0,64	0,41
AL (MEQ/100 ML)	7,78	3,77	2,11	2,85
CE (MHDS/CM)	0,055	0,065	0,070	0,069
CIC (MEQ/100 ML)	33,00	26,90	31,60	25,75

3. Características del suelo con el crecimiento *Cinchona officinalis* L.

Relación área basal con el incremento por árbol de *Cinchona officinalis* L., en cada sector.

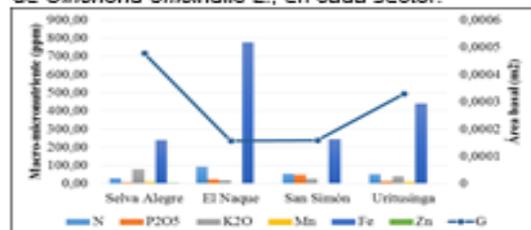


Figura 5. Área basal de los árboles por cada sector, relacionada con los nutrientes del suelo. Como se observa en la figura 5, el sector con mayor crecimiento en área basal en Selva Alegre, cuyos suelos contienen mayores porcentajes de óxido e potasio, nitrógeno y como todos los demás suelos hierro.

CONCLUSIONES

- Las fases fenológicas en los cuatro sectores de estudio no tienen temporadas bien marcadas de ocurrencia del fenómeno, ya que debido a que si se observó cierto porcentaje de ocurrencia durante todos los meses del periodo comprendido.
- No existe una relación entre los fenómenos fenológicos y los eventos meteorológicos en cada sector.
- Los ciclos fenológicos no fueron iguales en los meses del año 2015 con los meses del año 2016.
- Los suelos donde crecen *Cinchona officinalis* L., son muy ricos en hierro, nitrógeno y materia orgánica; además, su contenido de acidez es muy alto para todos los sectores. También, en todos los suelos las proporciones de partículas de arena eran mayores a limo y arcilla.
- El hierro (Fe) es el elemento que se encuentra en mayores concentraciones en el suelo de los cuatro sectores de estudio, donde crece *Cinchona officinalis* L.
- En el sector Selva Alegre se obtuvo el mayor crecimiento de área basal y volumen promedio por individuo durante el periodo de evaluación de dos años.

RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones para evaluar otros factores ambientales como la luminosidad, evapotranspiración, etc., que influyen sobre la floración y fructificación de *Cinchona officinalis* L.
- Continuar evaluando el crecimiento de los árboles seleccionados por un mayor tiempo, para contar con datos e información consistente para la especie.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL

“ESTUDIO FENOLÓGICO Y ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DONDE SE DESARROLLA *Cinchona officinalis* L. EN CUATRO RELICTOS BOSCOSOS LA PROVINCIA DE LOJA”.



Responsable: Truman Badilla.

Director: Ing. Víctor Hugo Eras Guzmán, Mg. Sc.

LOJA – ECUADOR
2017

La pérdida de los recursos naturales en el Ecuador cada vez es más alarmante, sobrepasando su capacidad natural de regeneración. En la Región Sur, el panorama no es distinto, especies nativas importantes por sus múltiples beneficios, forestales, medicinales, alimenticios, ornamentales, etc., desaparecen cada día.

INTRODUCCIÓN

En los bosques de la provincia de Loja se explotó la cascarilla hasta el siglo XIX, debido a sus propiedades medicinales, ya que contiene metabolitos secundarios (alcaloides) en su corteza.

Es por ello, la importancia en realizar estudios alternativos que permitan la protección y difusión de la especie, ya que aún no se ha reportado investigaciones acerca fenología y análisis de suelo donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L.

General

- Contribuir al conocimiento de la fenología y las características del suelo, donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L., en la provincia de Loja, con la finalidad de contribuir a la conservación de la especie.

OBJETIVOS

Específicos

- Determinar los periodos fenológicos (floración y fructificación) de *Cinchona officinalis* L., en la provincia de Loja y analizar la relación que existe entre las fases fenológicas y los factores climáticos de la zona.
- Analizar las características del suelo de los relictos boscosos donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L., en los cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja.
- Difundir los resultados de la investigación a los actores sociales interesados, para su conocimiento y aplicación.

METODOLOGÍA

1. Ubicación del 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 Loja, Uritusinga ubicado en el cantón Loja, Uritusinga ubicado en el cantón Loja y Selva Alegre ubicado en el cantón Saraguro

2. Metodología para el estudio de fenología de la especie *Cinchona officinalis* L.

Se realizó un registro de datos de los fenómenos fenológicos de la especie en cada sector correspondientes al año 2015-2016, con estos datos mensuales se procedió a realizar el calendario fenológico. Para realizar los dendofenogramas se recabo datos de las estaciones meteorológicas de cada sector para determinar la relación fenómenos fenológicos con fenómenos climáticos.

3. Metodología para analizar las características del suelo donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L.

En cada uno de los sectores identificados se realizó calicatas donde se tomaron muestras de cada uno de los horizontes de suelo que posteriormente se trasladó al laboratorio de suelos para el análisis físico-químico.

4. Metodología para analizar la influencia de las características físico-químicas del suelo en el crecimiento de *Cinchona officinalis* L.

Se levantó información dasométrica (DAP y Altura) de la especie durante el periodo 2015-2016, calculado el incremento en área basal y volumen durante este periodo de tiempo, esto con el fin de conocer cómo influyen las características del suelo con el crecimiento de *Cinchona officinalis* L.

RESULTADOS

1. Fenología de *Cinchona officinalis* L.

La ocurrencia de los fenómenos fenológicos se evidenció durante todos los meses del periodo de

evaluación. A continuación se detallan los dendofenogramas por cada sector.

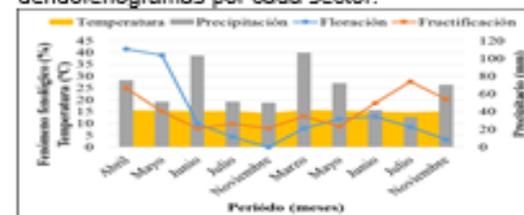


Figura 1. Dendofenograma sector Selva Alegre.

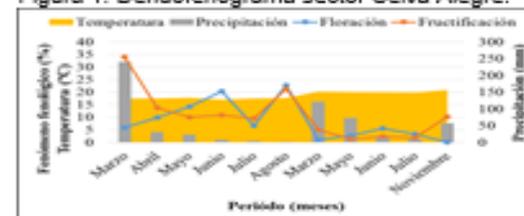


Figura 2. Dendofenograma sector El Naque.

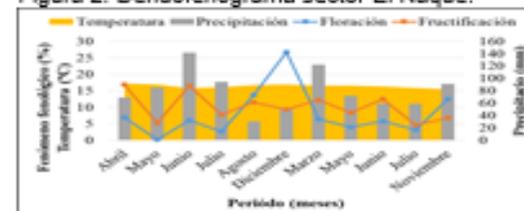


Figura 3. Dendofenograma sector San Simón.

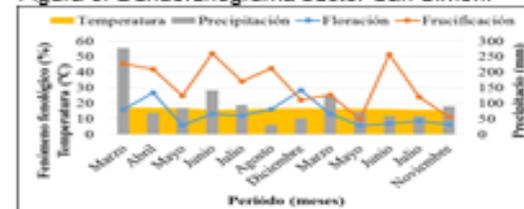


Figura 4. Dendofenograma sector Uritusinga.

Como se puede observar en las Figuras 1, 2, 3 y 4, los periodos fenológicos se dieron de manera permanente, variando en la intensidad en cada mes. No se logró evidenciar una relación clara

Anexo 17. Socialización de resultados obtenidos en el trabajo de investigación



Estudio fenológico y análisis de las características del suelo donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L., en la provincia de Loja.

Phenological study and analysis of soil characteristics where *Cinchona officinalis* L., in the province of Loja.

Truman Stalin Padilla Rosales¹, Víctor Hugo Eras Guamán², José Antonio Moreno Serrano², Julia Esther Minchala Patiño³, Magaly Yaguana Arévalo³, Mauricio Gabriel Sinche Freire³, Cristian Oswaldo Valarezo Ortega³

¹Tesista de la Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja, Ecuador

²Docentes Investigadores, Universidad Nacional de Loja, Ecuador

³Técnicos del Laboratorio de Micropropagación Vegetal, Universidad Nacional de Loja.
Ecuador

*Autor para correspondencia: victorhugoeras@hotmail.com // victor.eras@unl.edu.ec

Enviado: 25 septiembre del 2017

Resumen

La fenología es el estudio de los cambios visibles que se producen en el vegetal, en el transcurso de un ciclo o periodo, que abarcan la floración, fructificación y defoliación (Vazquez, 2011). El análisis de las características del suelo es conocer la cantidad adecuada de macro y micronutrientes que es capaz de suministrar a las plantas para permitirles crecer y producir (Huachi, 2008).

El objetivo de esta investigación es contribuir al conocimiento de la fenología y las características del suelo, donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L., en la provincia de Loja, con la finalidad de contribuir a la conservación de la especie. La toma de datos fenológicos (floración y fructificación) se realizó en cuatro sitios de la provincia de Loja; Selva Alegre, El Naque, San Simón y Uritusinga. Con dicha información se realizó calendarios fenológicos y dendofenogramas para cada sitio de estudio. Así mismo, con respecto a la relación del crecimiento de la especie, con las características del suelo, se realizó un análisis físico-químico del suelo. Además, para conocer el crecimiento de la especie se realizó la toma de datos dasométricos como el DAP y altura. Con las cuales, se calculó el área basal y el volumen, con dichas variables se determinó la dinámica de crecimiento de la especie.

Como resultados se obtuvo que: La floración de *Cinchona officinalis* L., comprende periodos permanentes durante todo el año con intensidades por debajo del 50%. La fructificación del mismo modo se la pudo observar durante todos los meses del año, con intensidades que en algunos casos superaron el 50%. En cuanto a la relación existente entre los eventos fenológicos y los factores ambientales, como la precipitación y temperatura, no fue muy evidente, ya que las lluvias siempre variaban mucho de un mes a otro; así mismo, con la temperatura, esta se observó que se mantenía constante durante todo el año. Por otro lado, los resultados del análisis físico-químico dieron como resultado que todos los suelos de los sitios de estudio son ricos en Hierro (Fe), Potasio (K) y Nitrógeno (N). En cuanto al crecimiento, se determinó que en el sitio Selva Alegre, hubo un mayor incremento en área basal y volumen promedio por individuo. Realizando una comparación entre crecimiento de la especie y análisis de suelo del sitio Selva Alegre, este contiene mayores concentraciones de potasio, en conclusión este nutriente contribuye en el crecimiento de la especie, ya que este elemento al igual que el hierro y el nitrógeno son esenciales para el crecimiento de las plantas.

Palabras clave: Cascarilla, fenología, suelo, DAP, altura.

Abstract

Phenology is the study of the visible changes that occur in the plant, during a cycle or period, which include flowering, fruiting and defoliation (Vazquez, 2011). The analysis of the soil characteristics is to know the adequate amount of macro and micronutrients that it is able to supply to the plants to allow them to grow and to produce (Huachi, 2008).

The objective of this research is to contribute to the knowledge of phenology and soil characteristics, where *Cinchona officinalis* L., is developed in the province of Loja, in order to contribute to the conservation of the species. Phenological data collection (flowering and fruiting) was carried out in four site of the province of Loja; Selva Alegre, El Naque, San Simón and Uritusinga. With this information, phenological and phenotype calendars were made for each study area. Likewise, with respect to the relation of the growth of the species, with the characteristics of the soil, a physical-chemical analysis of the soil was carried out. In addition, in order to know the growth of the species, we made the collection of data as the DAP and height, calculating the basal area and volume, with these variables the growth dynamics of the species was determined.

The results showed that: The flowering of *Cinchona officinalis* L., includes permanent periods throughout the year with intensities below 50%. The fruiting in the same way was observed during all the months of the year with intensities that in some cases exceeded 50%. As for the relationship between phenological events and environmental factors such as precipitation, it was not very obvious, since it always varied a lot from one month to the next, as well, with temperature; it was observed that it remained constant throughout year. On the other hand, the results of the physical-chemical analysis showed that all the soils of the study sites are rich in Iron (Fe), Potassium (K) and Nitrogen (N). Regarding growth, it was determined that the Selva Alegre site increased the basal area and average volume per individual. Comparing with the soil analysis of the Selva Alegre site, this one contains higher concentrations of potassium; in conclusion this nutrient contributes to the growth of the species, since this element like iron and nitrogen are essential for the growth of the plants.

Key words: Cascarilla, Phenology, soil, DAP, height.

Introducción

El árbol de quina (*Cinchona officinalis* L.) nativo de la provincia de Loja – Ecuador, no ha sido utilizado para su producción comercial. Las plantaciones más recientes datan del siglo XIX, cuando la quinina era extraída como única cura para combatir la malaria

en todo el mundo. En 1997, el taller de Etnobotánica y Botánica Económica, calificó a la *Cinchona* como una planta potencialmente amenazada a nivel nacional, debido a la sobreexplotación para su comercio (Buitron, 1999).

Todas estas acciones que sumadas al incremento demográfico y la ampliación de la frontera agrícola, han resultado en la reducción de las poblaciones de cascarilla y una baja regeneración natural (Anda, 2002).

La ampliación de la frontera agrícola es también uno de los grandes problemas para que muchas especies desaparezcan; y además, degradan los suelos si la agricultura no es sostenible, ya que este es uno de los recursos naturales más importantes y posiblemente el menos conocido en el Ecuador (Ramón & Reyes, 2005).

Es por ello, que la reforestación con especies nativas constituye una herramienta promisoriosa para la restauración de ecosistemas degradados en la región sur del Ecuador; sin embargo, hace falta un mejor conocimiento de la ecología, silvicultura y la biología reproductiva de las especies forestales; por ello el mejoramiento de los conocimientos en técnicas de propagación constituye un aspecto fundamental en el proceso de restauración (Aguirre *et al*, 2007).

Bajo esta perspectiva, y con el ánimo de aportar a la conservación y restauración de *Cinchona officinalis* L., se realizó la presente investigación: **“Estudio fenológico y análisis de las características del suelo donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L. en la provincia de Loja”**; la misma que consistió en realizar un estudio de la fenología y características del suelo donde crece la especie en la provincia de Loja. El estudio de la fenología consistió en evaluar la floración y fructificación de esta especie de manera mensual, durante un periodo de dos años. Por otro lado, el estudio de suelo en los cuatro sitios donde se desarrolla la especie, se realizó mediante un análisis de las características físico-químicas del suelo. Además, como referencia para determinar la relación de las características del suelo con el crecimiento de la especie, se realizaron mediciones en campo del DAP y la altura total de los individuos de *Cinchona officinalis* L., de los cuatro sitios de estudio en la provincia de Loja.

Materiales y Métodos

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 San Simón ubicados en el cantón Loja, Uritusinga ubicado en el cantón Catamayo y Selva Alegre ubicado en el cantón Saraguro.

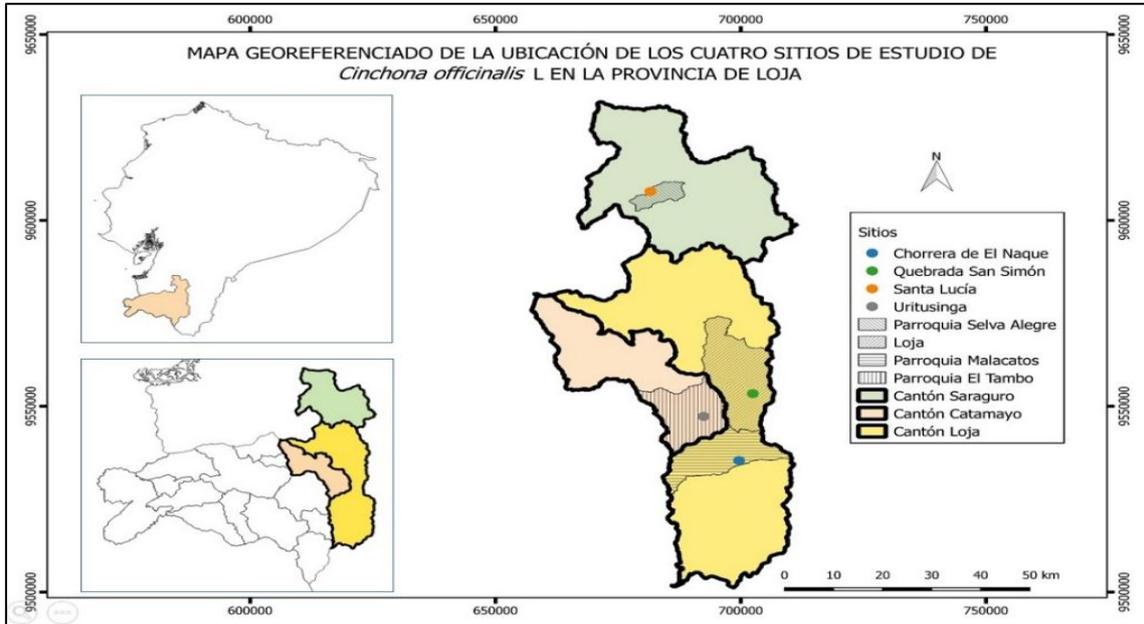


Figura 1. Mapa georeferenciado de ubicación del área de estudio.

Fuente: Archivo del proyecto Cinchona-UNL-2015-2016

Estudio de la fenología de la especie *Cinchona officinalis* L.

Registro y evaluación de los datos fenológicos

Las evaluaciones fenológicas se realizó mensualmente durante el periodo de dos años (2015-2016). Se evaluó el porcentaje de floración y fructificación según la metodología de Fournier (1974). Esta metodología facilita la evaluación cuantitativa de las diferentes características fenológicas. Esta metodología consiste en la aplicación de la siguiente escala:

ESCALA	INTERPRETACIÓN
0	Ausencia del fenómeno 0%
1	Presencia del fenómeno con una magnitud de 1-25%
2	Presencia del fenómeno con una magnitud de 26-50%
3	Presencia del fenómeno con una magnitud de 51-75%
4	Presencia del fenómeno con una magnitud de 76-100%

Recolección de datos climatológicos

Se utilizaron las variables climáticas de temperatura y precipitación de los registros meteorológicos de las estaciones La Argelia, Saraguro y Malacatos, del periodo (2015-2016) proporcionados por el INHAMI.

Elaboración del dendofenograma

Para elaborar el dendofenograma se utilizó los datos climáticos de precipitación y temperatura correspondiente al periodo 2015-2016. Con el fin de conocer el efecto de las variables climáticas de la zona en la aparición de los eventos fenológicos de la especie en estudio, se elaboró un dendofenograma para cada sitio, el gráfico relaciona los datos fenológicos (floración, fructificación), con los datos climáticos (precipitación y temperatura).

Características del suelo donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L.

En cada sitio se preparó tres calicatas de 1,2 m de profundidad, 1m de ancho y 1 m de largo, en las cuales se describió el perfil del suelo, siguiendo las normas contenidas en la "Guía y Claves para la Descripción de Perfiles de Suelos" de la FAO (1975).

En cada uno de los horizontes del suelo identificados se tomó en fundas plásticas una muestra de suelo (1 Kg) y se las trasladó al laboratorio especializado de suelos de la Universidad Nacional de Loja, para la determinación de macro y micronutrientes,

materia orgánica, pH, capacidad de intercambio catiónico, conductividad eléctrica y textura de suelo.

Influencia de las características físico-químicas del suelo en el crecimiento de *Cinchona officinalis* L.

Para determinar la influencia de los macro y micronutrientes en el crecimiento en DAP y altura de la especie, se utilizó información secundaria de las variables dasométricas levantadas por el proyecto “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*”, y en base a ello se calculó el crecimiento de DAP, altura, área basal y volumen promedio por árbol, para el periodo de dos años (2015-2016).

Con el fin de conocer el efecto que tiene los nutrientes de suelo con el crecimiento de la especie en estudio, se elaboró un gráfico donde se relaciona los macro y micronutrientes del suelo expresados en ppm (partes por millón) con el crecimiento en área basal de *Cinchona officinalis* L.

Resultados

Identificación de árboles de *Cinchona officinalis* L.

Para la presente investigación se evaluó árboles de *Cinchona officinalis* L., en cuatro sitios en la provincia de Loja (Tabla 1), los mismos que se encuentran en parcelas permanentes levantadas por el proyecto “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*”.

Tabla 1. Árboles de *Cinchona officinalis* L., de cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja.

SITIO	NÚMERO DE PARCELAS	NÚMERO TOTAL DE ÁRBOLES POR PARCELA			NÚMERO TOTAL DE ÁRBOLES
		P 1	P2	P3	
EL NAQUE	1	24			24
URITUSINGA	3	6	8	8	22
SAN SIMÓN	2	12	13		25
SELVA ALEGRE	2	18	8		26
TOTAL	8				97

Fuente: Archivo del proyecto Cinchona-UNL-2015-2016

Relación existente entre fases fenológicas de la especie y los factores climáticos de la zona

Datos climáticos de la Estación Meteorológica Saraguro

Para obtener datos de precipitación y temperatura del sitio Selva Alegre, se recabo información secundaria de la Estación Meteorológica Saraguro (Tabla 2).

Tabla 2. Datos de precipitación y temperatura “Estación Meteorológica Saraguro”

Periodo	Año	2015						2016			
	Mes	Abr	May	Jun	Jul	Nov	Mar	May	Jun	Jul	Nov
Variables Meteorológicas	Precipitación (mm)	75,8	51,5	103,4	51,5	50,0	106,7	72,4	41,7	33,9	70,4
	Temperatura (°C)	15,6	15,4	15,2	15,3	14,3	15,7	15,5	15,0	14,7	15,2

Fuente: INAMHI, 2016

Datos climáticos de la Estación Meteorológica La Argelia.

Para obtener datos de precipitación y temperatura de los sitios San Simón y Uritusinga, se recabo información secundaria de la Estación Meteorológica La Argelia (Tabla 3).

Tabla 3. Datos de precipitación y temperatura “Estación Meteorológica La Argelia”

Periodo	Año	2015							2016			
	Mes	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Dic	Mar	May	Jun	Jul	Nov
Variables Meteorológicas	Precipitación (mm)	69,3	141,8	94,2	30,3	50,4	71,4	122,1	71,6	59,4	58,8	91,0
	Temperatura (°C)	17,2	15,8	16,1	16,7	16,9	15,9	16,6	16,6	16,3	15,9	15,5

Fuente: INAMHI, 2016

Datos climáticos de la Estación Meteorológica Malacatos.

Para obtener datos de precipitación y temperatura del sitio El Naque, se recabo información secundaria de la Estación Meteorológica Malacatos (Tabla 4).

Tabla 4. Datos de precipitación y temperatura de la “Estación Meteorológica Malacatos”

Periodo	Año	2015						2016				
	Mes	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Mar	May	Jun	Jul	Nov
Variables Meteorológicas	Precipitación (mm)	240,7	30,3	23,7	7,4	4,3	0,5	120,6	72,9	19,5	10,1	56,9
	Temperatura (°C)	17,5	17,5	17,8	17	17,5	17,7	20,2	20,1	20,0	19,9	20,9

Fuente: INAMHI, 2016

Calendario fenológico de *Cinchona officinalis* L., de los cuatro sitios de estudio en la provincia de Loja.

Con la información fenológica y climática obtenida durante dos años de observación se elaboró el calendario fenológico de *Cinchona officinalis* L., para los cuatro sitios de estudio (Figura 2).

Selva Alegre			EL Naque			San Simón			Uritusinga		
Mes	Flo	Fruc	Mes	Flo	Fruc	Mes	Flo	Fruc	Mes	Flo	Fruc
2015			2015			2015			2015		
Abr	41,4	24,8	Mar	5,8	33,9	Abr	6,8	16,7	Mar	15,8	45,3
May	38,9	15,0	Abr	9,9	13,8	May	0,2	5,21	Abr	26,7	42,0
Jun	9,7	7,9	May	14,2	10,0	Jun	6,1	16,5	May	5,9	24,8
Jul	4,3	9,8	Jun	20,4	10,8	Jul	2,7	7,7	Jun	13,1	52,0
Nov	0,0	7,8	Jul	6,7	9,6	Ago	13,6	11,5	Jul	12,0	33,9
			Ago	22,7	21,3	Dic	26,6	9,2	Ago	16,0	42,5
									Dic	28,2	22,1
2016											
Mar	7,8	13,1	Mar	1,0	5,0	Mar	6,4	12,2	Mar	13,0	25,4
May	11,9	8,6	May	2,7	1,3	May	3,9	8,3	May	5,6	9,5
Jun	12,8	18,5	Jun	5,6	2,3	Jun	5,8	12,5	Jun	6,8	51,3
Jul	8,6	27,7	Jul	3,3	1,9	Jul	3,1	4,5	Jul	8,6	24,1
Nov	3,2	20,3	Nov	0,0	10,2	Nov	12,5	6,8	Nov	6,3	11,3

LEYENDA

Ausencia del fenómeno

Presencia del fenómeno con una magnitud de 1-25%

Presencia del fenómeno con una magnitud de 26-50%

Presencia del fenómeno con una magnitud de 51-75%

Presencia del fenómeno con una magnitud de 76-100%



Figura 2. Calendario fenológico de los cuatro sitios de estudio.

Cinchona officinalis L., la época de floración y fructificación duran todo el año, la mayoría en bajas intensidades, lo cual garantiza la presencia de semillas durante todo el año.

Relación entre la fenología de *Cinchona officinalis* L., y las variables climáticas por sitio

Dendofenograma de *Cinchona officinalis* L., del sitio El Naque

La floración y fructificación de *Cinchona officinalis* L., en el sitio El Naque, comprende periodos constantes durante todo el año. La floración, alcanza su pico máximo en el mes de agosto del 2015 con 22,7%; para luego experimentar un descenso de intensidad en su totalidad en el mes de noviembre del 2016 con el 0%. En cuanto a fructificación, su pico máximo de intensidad alcanza en marzo del 2015 con 33,9%; descendiendo en el mes de mayo del 2016 con el 1,3%. No se logra observar una relación clara entre la fenología de la especie y las variables climáticas, ya que la precipitación varía mucho en cada mes y la temperatura se mantuvo constante durante todo el año (Figura 3).

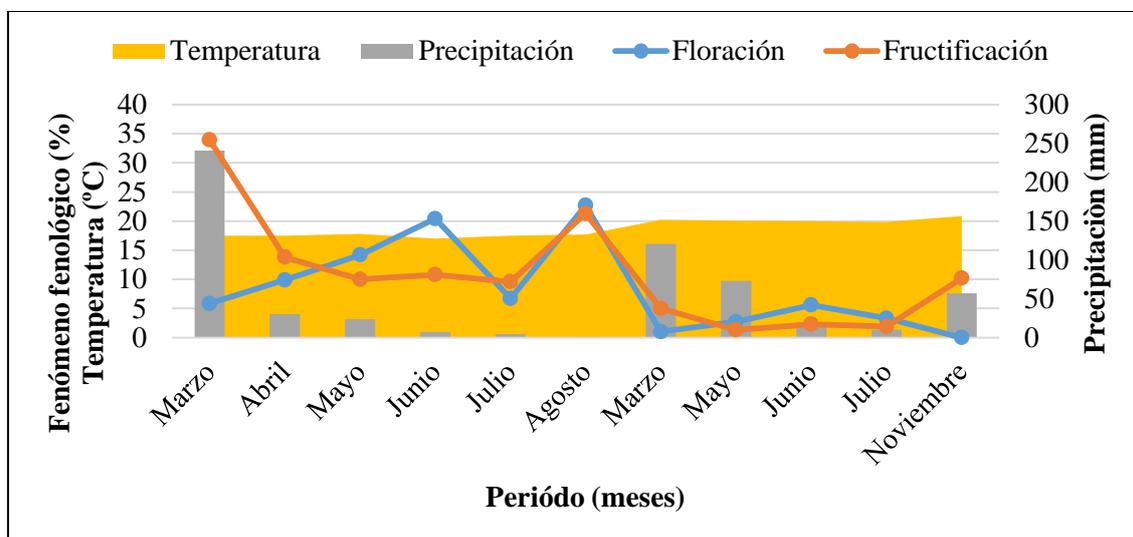


Figura 3. Dendofenograma de *Cinchona officinalis* L., sitio El Naque.

Dendofenograma de *Cinchona officinalis* L., del sitio Uritusinga

La floración y fructificación de *Cinchona officinalis* en el sitio Uritusinga, comprende periodos constantes durante todo el año. La floración, alcanza su intensidad máxima en el mes de diciembre del 2015 con el 28,2%; y en el mes de mayo del 2016 donde la intensidad es menor con el 5,6%. En cuanto a fructificación, la intensidad máxima

alcanzada es en el mes de junio del 2015 con el 52% y la mínima es el mes de mayo del 2016 con el 9,5%. No evidenciándose una relación clara entre la fenología de la especie y las variables climáticas, ya que la precipitación varía mucho en cada mes y la temperatura se mantuvo constante durante todo el año (Figura 4).

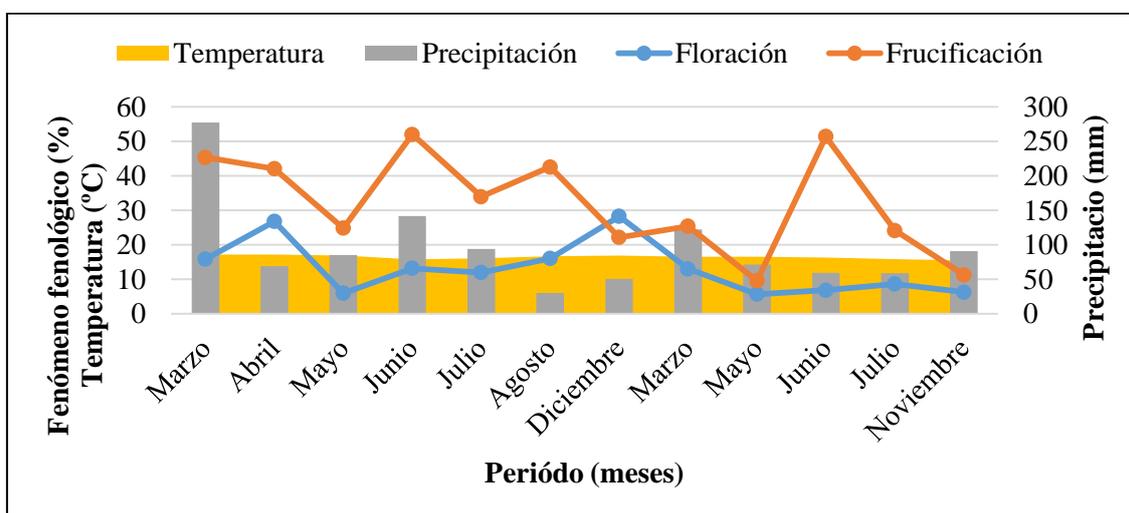


Figura 4. Dendofenograma de *Cinchona officinalis* L., sitio Uritusinga.

Dendofenograma de *Cinchona officinalis* L., del sitio San Simón

La floración y fructificación de *Cinchona officinalis* L., en el sitio San Simón, comprende periodos constantes durante todo el año. La floración, alcanza su intensidad máxima en el mes de diciembre del 2015 con el 26,6% y la mínima en el mes de mayo del mismo año con el 0,2%. En cuanto a fructificación, el máximo alcanzado es en abril del 2015 con 16,7% y la mínima en julio del 2016 con el 4,5%. No encontrándose una relación clara entre la fenología de la especie y las variables climáticas, ya que la precipitación varía mucho en cada mes y la temperatura se mantuvo constante durante todo el año (Figura 5).

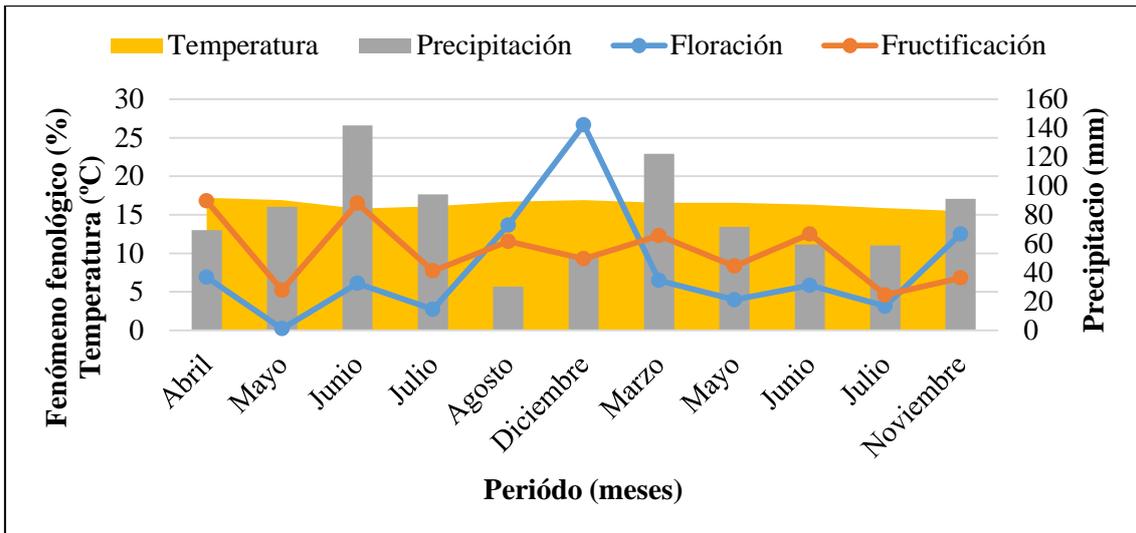


Figura 5. Dendofenograma de *Cinchona officinalis* L., sitio San Simón.

Dendofenograma de *Cinchona officinalis* L., del sitio Selva Alegre

La floración y fructificación de *Cinchona officinalis* en el sitio Selva Alegre, comprende periodos constantes durante todo el año. La floración, alcanza su pico máximo en el mes de abril del 2015 con 41,4%; y en noviembre del mismo año el fenómeno no se presenta en su totalidad. En cuanto a fructificación, el máximo alcanzado es en julio del 2016 con 27,7% y el mínimo de intensidad es en noviembre del 2015 con 7,8%. No evidenciándose una relación clara entre la fenología de la especie y las variables climáticas, ya que la precipitación varía mucho en cada mes y la temperatura se mantuvo constante durante todo el año (Figura 6).

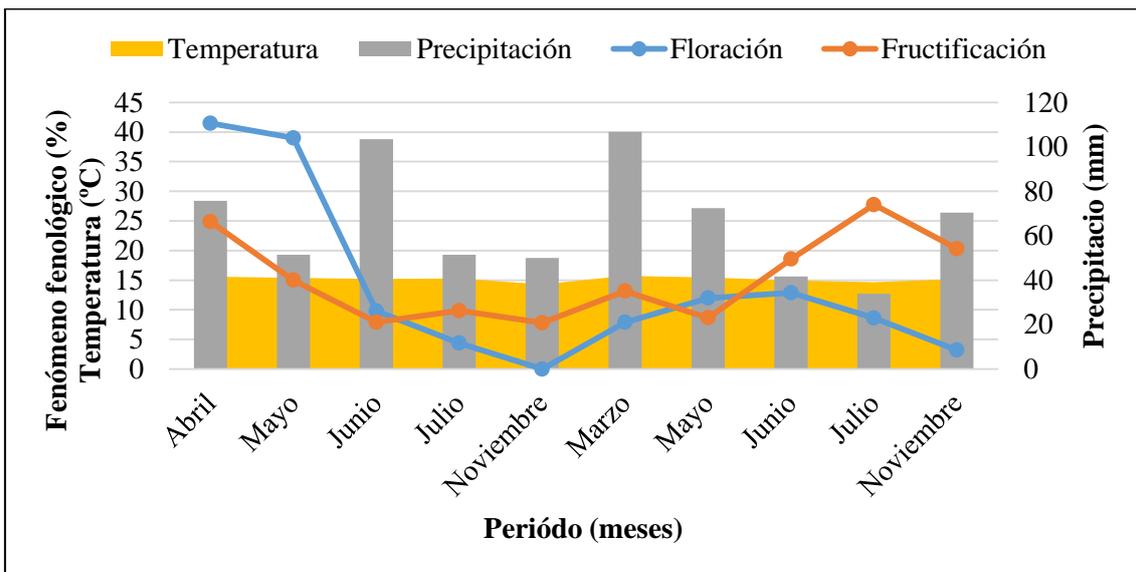


Figura 6. Dendofenograma *Cinchona officinalis* L., sitio Selva Alegre.

Influencia de las características del suelo en el crecimiento de *Cinchona officinalis* L.

En base al análisis textural del suelo donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L., se determinó que para el sitio Selva alegre encontramos un suelo con clase textural de Franco Arenoso; así mismo para el Naque la clase textural es Franco Arcilloso; en San Simón tenemos un suelo Franco Arenoso; y por último, en Uritusinga se determinó un suelo Franco Arcilloso. Según el análisis de pH del suelo, en este caso para los cuatro sitios de estudios, el pH oscila entre 4,6 a 4,8 dando como resultado un suelo muy ácido. Por último, los suelos con mayor contenido de materia orgánica son los suelos del sitio San Simón; seguidos por el sitio El Naque, Uritusinga y por último Selva Alegre.

En cuanto a macro y micronutrientes, el nitrógeno (N), se lo encuentra en mayores concentraciones en los suelos del sitio El Naque con 94,47 ppm; al igual que el hierro (Fe), con 777,40 ppm; el óxido de potasio (K₂O), este mineral tiene mayores concentraciones en los suelos del sitio Selva Alegre con 78,33 ppm; óxido de fósforo (P₂O₅), está en mayores concentraciones en suelos del sitio San Simón con 50,54 ppm; el manganeso (Mn), este mineral se encuentra en mayores concentraciones en suelos del sitio Selva Alegre con 9,70 ppm; y por último, el zinc (Zn), ese mineral está en mayores concentraciones en el sitio Selva Alegre con 5,20 ppm (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis fisicoquímico del suelo donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L., en los cuatro sitios de estudio.

Sitio	Selva Alegre	El Naque	San Simón	Uritusinga
Textura	FoAo	FoAc	FoAo	FoAc
pH	4,85	4,75	4,89	4,67
M.O (%)	1,95	4,73	8,18	3,07
N (ppm)	30,52	94,47	55,08	51,74
P₂O₅ (ppm)	7,34	24,51	50,54	12,44
K₂O (ppm)	78,33	17,99	27,53	39,95
Mn (ppm)	9,70	2,34	3,15	9,44
Fe (ppm)	239,38	777,40	244,49	441,01
Zn (ppm)	5,20	0,77	0,64	0,41

pH: coeficiente de acides y basicidad; **M.O:** Materia orgánica; **N:** Nitrógeno; **P₂O₅:** Óxido de fosforo; **K₂O:** Óxido de potasio; **Mg:** Manganeso; **Fe:** Hierro y **Zn:** Zinc.

Crecimiento de *Cinchona officinalis* L., en los cuatro sitios de estudio.

En cuanto a crecimiento, el sitio con mayor incremento de diámetro promedio por individuo es San Simón incrementando 0,36 cm de DAP; en altura promedio por individuo, el sitio con mayor incremento es Uritusinga incrementando 0,28 m; en área basal y volumen promedio por individuo, el mayor incremento se dio en el sitio Selva Alegre, con 0,00048 m² y 0,0027 m³ (Tabla 6)

Tabla 6. Incremento promedio de las variables dasométricas de los árboles de los cuatro sitios de estudio, en el periodo 2015-2016.

Sitio	DAP (cm)	Altura (m)	Área basal (m ²)	Volumen (m ³)
Selva Alegre	0,27	0,12	0,00048	0,0027
El Naque	0,14	0,22	0,00016	0,0009
San Simón	0,36	0,20	0,00016	0,0013
Uritusinga	0,17	0,28	0,00033	0,0010

Relación del crecimiento en área basal, con los nutrientes del suelo de cada sitio, donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L., en la provincia de Loja.

A continuación, se aprecia la relación de los nutrientes del suelo con en el crecimiento en área basal y volumen de *Cinchona officinalis* L.

Los suelos de los cuatro sitios de estudio son ricos en hierro, pero se puede apreciar que hubo mayor crecimiento en área basal en el sitio Selva Alegre con un 0,00048 m², donde estos suelos son ricos en potasio con 78,33 ppm y hierro con 239.38 ppm (Figura 7).

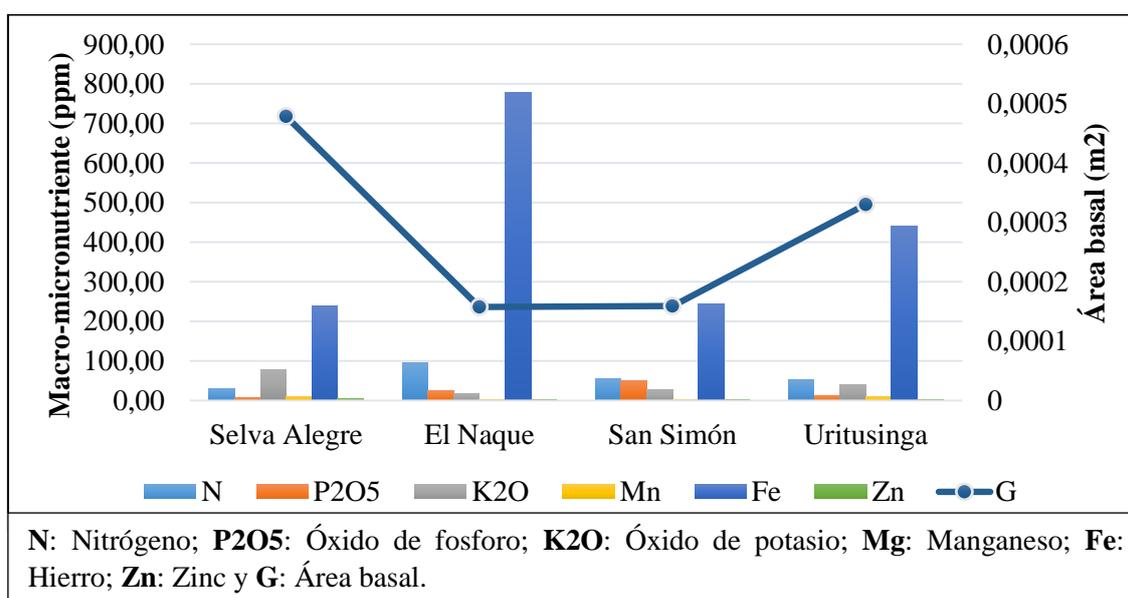


Figura 7. Relación del crecimiento en área basal, con los nutrientes del suelo de cada sitio, donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L., en la provincia de Loja.

Para el caso del crecimiento volumétrico, el sitio con mayor incremento en volumen es el sitio Selva Alegre con 0,0027 m³, estos suelos tienen mayores concentraciones de potasio con 78,33 ppm y hierro un 239,38 ppm (Figura 8).

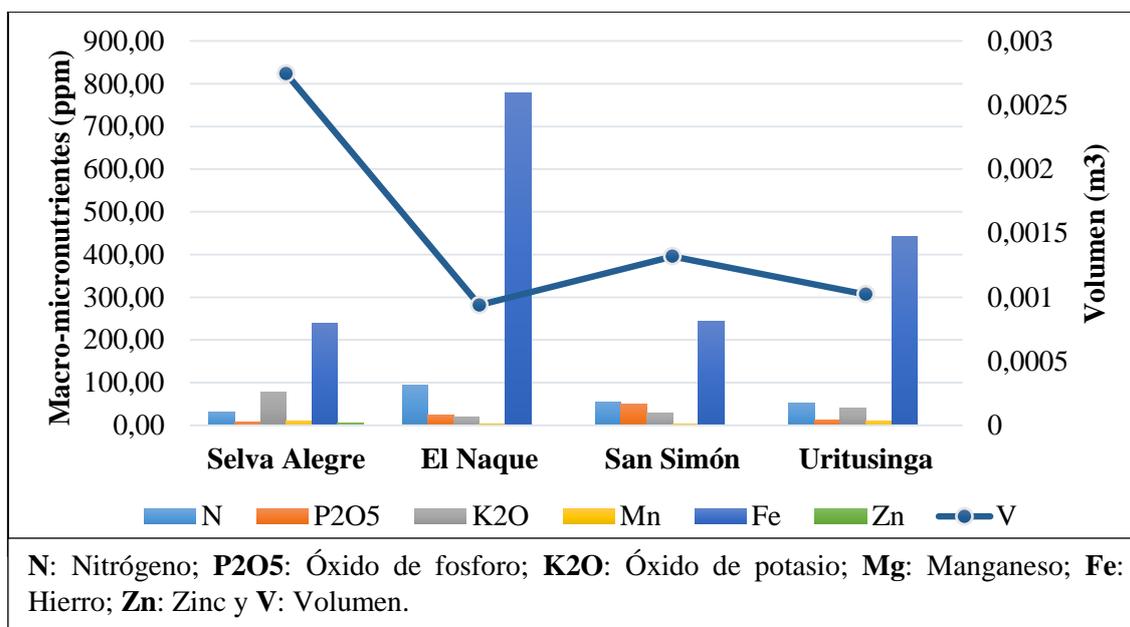


Figura 8. Relación del crecimiento en volumen, con los nutrientes del suelo de cada sitio, donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L., en la provincia de Loja.

Discusión

Fenología de *Cinchona officinalis* L.

La **floración**, en el sitio Selva Alegre este fenómeno se presentó con mayor intensidad en los meses de abril 2015, al igual que en Uritusinga donde este fenómeno ocurrió con mayor intensidad en el mes de abril del 2015, en San Simón y Uritusinga ambos sitios en el mes de diciembre del 2015 ocurrió el fenómeno con mayor porcentaje. Por otro lado en El Naque los meses de junio y agosto del 2015 presentan mayor porcentaje de ocurrencia del fenómeno. En cuanto a **fructificación** este fenómeno tuvo mayor ocurrencia durante los meses de abril, marzo, junio y agosto del 2015 en los cuatro sitios, únicamente, en Selva alegre exactamente en el mes de julio del 2016 este fenómeno se presentó con mayor intensidad. Por otro lado los meses con menos ocurrencia del fenómeno el mes de mayo respectivamente para los cuatro sitios de estudio.

Estas afirmaciones fenológicas coinciden con las de Días y Loján (2004), los cuales manifiestan que tanto el fenómeno de floración como de fructificación se da durante todo el año, con periodos variables. Así mismo Aponte y Sanmartin (2011), manifiestan que la fenología de *Cinchona officinalis* se presenta durante todo el año con periodos variables de ocurrencia, notándose e la mayoría de los casos no existir una relación con los eventos meteorológicos.

De acuerdo con varios autores la fenología de muchas especies no responde igualmente a todas las variables ambientales e, incluso puede no existir relación alguna entre el clima y su fenología. (Cifuentes *et al*, 2010)

Características del suelo y la relación en el crecimiento de *Cinchona officinalis* L.

La relación entre las características del suelo con el crecimiento en área basal, en este caso como ya se lo había mencionado anteriormente únicamente Selva Alegre tuvo mayor crecimiento en área basal, y en este sitio el suelo es rico principalmente en hierro, nitrógeno y potasio, este último mineral solo en estos suelos se los encuentra en mayores concentraciones, ya que el hierro y el nitrógeno se los encuentra en todos los suelos en concentraciones similares. Además, existe muy poca vegetación creciendo junto a ella, debido a que ha sido eliminada para darle uso al suelo en pastoreo, esto ha creado grandes claros de bosque y este es el lugar idóneo para que esta especie se desarrolle. Estos suelos presentan una clase textural de Franco Arcillo y son suelos muy ácidos. En cuanto a los demás sitios el incremento de área basal es muy inferior a Selva Alegre, pese a tener suelos muy ricos en hierro y nitrógeno, fósforo, al igual estos suelos son muy ácidos y con una clase textural de Franco Arenosos. Concerniente a la relación entre las características del suelo con el crecimiento en volumen, al igual que en área basal, Selva Alegre también incremento el volumen con respecto a los demás sitios.

Conclusiones

- Las fases fenológicas en los cuatro sitios de estudio no tienen temporadas bien definidas de ocurrencia del fenómeno, ya que debido a que si se observó cierto porcentaje de ocurrencia durante todos los meses del periodo comprendido.
- No existe una relación entre los fenómenos fenológicos y los eventos meteorológicos en cada sitio.

- La floración en Selva Alegre es mayor con respecto a los demás sitios con un porcentaje promedio de 13,92% durante todo el periodo de evaluación.
- La fructificación en Uritusinga es mayor con respecto a los demás sitios con un porcentaje promedio de 33,96% durante todo el periodo de evaluación.
- Los ciclos fenológicos no fueron iguales en los meses del año 2015 con los meses del año 2016.
- Los suelos donde crecen *Cinchona officinalis* L., son muy ricos en hierro, nitrógeno y materia orgánica; además, su contenido de acidez es muy alto para todos los sitios. También, en todos los suelos las proporciones de partículas de arena eran mayores a las de limo y arcilla.
- El hierro (Fe) es el elemento que se encuentra en mayores concentraciones en el suelo de los cuatro sitios de estudio, donde crece *Cinchona officinalis* L.
- En el sitio Selva Alegre se obtuvo el mayor crecimiento de área basal y volumen promedio por individuo durante el periodo de evaluación de dos años.

Agradecimientos

A las Autoridades de la Universidad Nacional de Loja, y al Equipo Técnico del Proyecto de Investigación: “Procesos biotecnológicos para iniciar el mejoramiento genético de *Cinchona officinalis* L., proveniente de relictos boscosos de la provincia de Loja”, por el apoyo financiero y técnico brindado para la ejecución de la presente investigación.

Bibliografía

Aguirre, N., & Weber, M., (2007). Enriquecimiento de plantaciones forestales como herramienta para la rehabilitación de ambientes degradados en la región sur Ecuatoriana. Loja, Ecuador.

Anda, A. (2002). La Cascarilla. Ed. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja-Ecuador.

Aponte, C., & Sanmartín, B., (2011). Fenología y ensayos de germinación de diez especies forestales nativas, con potencial productivo maderable y no maderable del bosque protector el bosque de la parroquia San Pedro de Vilcabamba, Loja. Tesis Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja Loja-Ecuador

Buitron, X. (1999). Uso y Comercio de Plantas Medicinales. Cambridge.

Cifuentes, L., Moreno, F., & Arango, D., (2010). Fenología reproductiva y productividad de *Oenocarpus bataua* (Mart.) en bosques inundables del Chocó Biogeográfico, Colombia. *Biota Neotropica*, 10(4).

Condoy, A., & Herrera, C., (2011). Fenología y germinación de especies nativas del bosque andino en la comuna Collana-Catacocha, provincia de Loja. Tesis de Ingeniería Forestal. Loja, Ecuador.

Díaz, M., & Loján, M., (2004) Fenología y propagación en vivero de especies forestales nativas del bosque protector “El Bosque”. Tesis Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

FAO, 1975. Guía para la descripción de perfiles de suelos. FAO, 70 p., Roma.

Fournier, L. (1976). El Dendrofenograma, una presentación gráfica del comportamiento fenológico de los árboles. *Biología Tropical*.

Fuller, H. (1969). *Botánica General*. México D.F.

Huachi, L. (2008). Mejoramiento del suelo mediante la producción de un abono. Quito, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.uisek.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/193/1/MEJORAMIENTO%20DEL%20SUELO%20MEDIANTE%20LA%20PRODUCCION%20DE%20UN%20ABONO%20ORGANICO.pdf>

INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), (2015). Datos históricos, anuarios meteorológicos 2015-2016. Quito: INAMHI.

Ramón, C., & Reyes, F. (2005). Determinación del grado de erosión actual y potencial de los suelos del cantón Catamayo. Loja, Ecuador.

Vázquez, B. (2011). FENOLOGÌA. THE GLOBE PROGRAM. Obtenido de http://www.globeargentina.org/guia_del_maestro_web/fenologia/fenologiaweb.pdf