



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS

AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**Trabajo de titulación presentado como requisito previo a la obtención del
título de Ingeniero Forestal**

**ESTUDIO FENOLÓGICO DE *Cinchona pubescens* Vahl. (CASCARILLA), EN DOS
ECOSISTEMAS UBICADOS EN LA COMUNIDAD PUCARÁ ALTO (ZONA DE
INTAG), PARROQUIA APUELA, CANTÓN COTACACHI – IMBABURA**

AUTOR

Cristian Santiago Changoluisa Tumbaco

DIRECTOR

Ing. Jorge Luis Cué García, Ph.D.

IBARRA – ECUADOR

2020

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS

AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

ESTUDIO FENOLÓGICO DE *Cinchona pubescens* Vahl. (CASCARILLA), EN DOS ECOSISTEMAS UBICADOS EN LA COMUNIDAD PUCARÁ ALTO (ZONA DE INTAG), PARROQUIA APUELA, CANTÓN COTACACHI – IMBABURA

Trabajo de titulación revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza la presentación como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADO

Ing. Jorge Luis Cué García, Ph.D.

Director de trabajo de titulación


Ph.D. Jorge Luis Cue
DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, Mgs.

Tribunal de trabajo de titulación



Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez, Mgs.

Tribunal de trabajo de titulación



Andrés Manolo Carrión Burgos, Mgs.

Tribunal de trabajo de titulación


UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

Ibarra – Ecuador

2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio digital institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
Cédula de identidad:	1727530659	
Apellidos y nombres:	Changoluisa Tumbaco Cristian Santiago	
Dirección:	Tabacundo, calle Bolívar y Gonzales Suárez	
Email:	cschangoluisat@utn.edu.ec	
Teléfono fijo:	022-365-397	Teléfono móvil: 0987764816

DATOS DE LA OBRA	
Título:	ESTUDIO FENOLÓGICO DE <i>Cinchona pubescens</i> Vahl. (CASCARILLA), EN DOS ECOSISTEMAS UBICADOS EN LA COMUNIDAD PUCARÁ ALTO (ZONA DE INTAG), PARROQUIA APUELA, CANTÓN COTACACHI – IMBABURA
Autor:	Cristian Santiago Changoluisa Tumbaco
Fecha:	11 de junio 2020
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
Programa:	Pregrado
Título por el que opta:	Ingeniero Forestal
Director:	Ing. Jorge Luis Cué García, Ph.D.

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Cristian Santiago Changoluisa Tumbaco, con cédula de ciudadanía Nro. 172753065-9; en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago la entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

3. CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto, la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 11 de junio 2020

EL AUTOR:



.....
Cristian Santiago Changoluisa Tumbaco
C.C.: 1727530659

ACEPTACIÓN:

.....
Ing. Bethy Chavez
JEFA DE BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DEL AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Cristian Santiago Changoluisa Tumbaco, con cédula de identidad Nro. 172753065-9; manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de titulación denominado ESTUDIO FENOLÓGICO DE *Cinchona pubescens* Vahl. (CASCARILLA), EN DOS ECOSISTEMAS UBICADOS EN LA COMUNIDAD PUCARÁ ALTO (ZONA DE INTAG), PARROQUIA APUELA, CANTÓN COTACACHI – IMBABURA, que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniero Forestal en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

.....

Cristian Santiago Changoluisa Tumbaco

C.C.: 1727530659

Ibarra, 11 de junio 2020

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA – UTN

Fecha: 11 de junio 2020

Cristian Santiago Changoluisa Tumbaco: “**ESTUDIO FENOLÓGICO DE *Cinchona pubescens* Vahl. (CASCARILLA), EN DOS ECOSISTEMAS UBICADOS EN LA COMUNIDAD PUCARÁ ALTO (ZONA DE INTAG), PARROQUIA APUELA, CANTÓN COTACACHI – IMBABURA**” /Trabajo de titulación. Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 11 de junio 2020, 77 páginas

DIRECTOR: Ing. Jorge Luis Cué García, Ph.D.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el comportamiento fenológico de *Cinchona pubescens* Vahl, (cascarilla), en dos formaciones vegetales, ubicados en la comunidad Pucará Alto, parroquia Apuela, cantón Cotacachi - Imbabura, entre los objetivos específicos se encuentran: Determinar el comportamiento fenológico de la especie *Cinchona pubescens* Vahl; que se desarrolla tanto en sistema silvopastoril, como en bosque secundario.

Fecha: 11 de junio 2020


Ph.D. Jorge Luis Cué
DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN



.....
Cristian Santiago Changoluisa Tumbaco
Autor

DEDICATORIA

Sin duda, todo el esfuerzo y trabajo que se refleja en este documento, se lo dedico a lo que considero más importante en la vida, mi familia. Abuelita, madre y hermana, bellas mujeres que con coraje y sabiduría supieron ser mi motor, apoyo y admiración para cumplir cada una de mis metas, y que con su esfuerzo hoy reflejo haber logrado este momento.

A la persona que envolvió mi alma en la ternura de su belleza, para enseñarme a ser fuerte ante los desafíos presentados y apoyarme en el transcurso de mi formación académica y personal.

Finalmente, tan merecedoras de mi dedicación son ellas como la naturaleza misma, que en un mundo industrializado busca sobrevivir escondida y sumisa en valiosos rincones de este hermoso país, conjunto con ella sus campesinos, en donde se almacena sabiduría ancestral y diversidad cultural.

AGRADECIMIENTO

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

Al cuerpo docente de la carrera de Ingeniería Forestal por haber contribuido con los conocimientos teóricos-técnicos para mi formación profesional. Más a aquellos que me brindaron su amistad y conocimiento pleno Ing. María Vizcaino, Ing. Mario Añazco, Ing. Walter Palacios; producto de mi admiración e interés por los bosques.

A los que conformamos el equipo de investigación del CUICID, proyecto “Métodos de conservación de semillas de *Alnus nepalensis* y *Cinchona pubescens* Vahl. en la zona de Intag” que con su sabiduría y sapiencia se logró concretar uno de los objetivos del proyecto.

A mi tribunal de investigación Director Ing. Jorge Cue García y Asesores Ing. Hugo Vallejos, Ing. Hugo Paredes e Ing. Manolo Carrión, por haber marcado las directrices correctas y fundamentales para guiar esta ardua investigación. De igual manera al señor Miguel Sierra y señora, que facilitaron el desarrollo de la investigación dentro de su propiedad.

Por otro lado, a todos los compañeros y amigos que supieron acompañarme a lo largo de esta formación, en especial a la gran amistad y apoyo que pude encontrar en personas como: Ronny, David, Jefferson, Mario, Yajaira, Evelyn, Daniela, William (...); quienes aportaron a la realización de esta investigación.

Finalmente, aquellas personas que, cualquier muestra de agradecimiento les queda corto por haberme brindado demasiado, a mi abuelita Angélica Cabascango, madre Rosa Tumbaco y hermana Rosmery Changoluisa por generar el respaldo y valores necesarios para poder culminar mi carrera, además a, Juana Robalino, quien con su amor, sinceridad y ternura supo darme valor y dirección en mis decisiones.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Págs.
PORTADA	ii
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	iii
CESIÓN DE DERECHOS DEL AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	v
REGISTRO BIBLIOGRÁFICO.....	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	2
1.1.1 General.....	2
1.1.2 Específicos.....	2
1.2 Preguntas directrices.....	2
CAPÍTULO II.....	3
MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 Fundamentación legal.....	3
2.1.1 Constitución de la República del Ecuador del 2008.....	3
2.1.2 Código Orgánico del Ambiente (COA, 2018).....	3
2.1.3 Plan Nacional de desarrollo (2017-2021).....	4

2.1.4	Línea de investigación.	4
2.2	Fundamentación teórica.....	4
2.2.1	Fenología.	4
2.2.2	Género Cinchona.	10
2.2.3	<i>Cinchona pubescens</i> Vahl.....	12
2.2.4	Etapas del ciclo de regeneración.....	15
2.2.5	Ecosistemas forestales	17
CAPÍTULO III		21
MATERIALES Y MÉTODOS		21
3.1	Ubicación.....	21
3.1.1	Política.	21
3.1.2	Geográfica.....	22
3.1.3	Límites.	22
3.2	Datos climáticos	22
3.3	Materiales, equipos y software	22
3.3.1	Materiales.....	22
3.3.2	Equipos.	23
3.3.3	Software.....	23
3.4	Metodología.....	23
3.4.1	Delimitación del área de estudio.....	23
3.4.2	Población.	24
3.4.3	Tamaño y selección de la muestra	25
3.4.4	Evaluación fenológica.....	27
3.4.5	Diseño del calendario fenológico	30
CAPÍTULO IV.....		31

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1 Sistema silvopastoril.....	31
4.1.1 Foliación	31
4.1.2 Floración.....	33
4.1.3 Fructificación.....	34
4.2 Bosque secundario.....	36
4.2.1 Foliación	36
4.2.2 Floración.....	38
4.2.3 Fructificación.....	40
4.3 Calendario fenológico de <i>C. pubescens</i> Vahl.....	41
4.3.1 Calendario fenológico en sistema silvopastoril	41
4.3.2 Calendario fenológico en Bosque secundario.....	43
CAPÍTULO V	45
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
4.4 Conclusiones.....	45
4.5 Recomendaciones	46
CAPÍTULO VI.....	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
CAPITULO VII	55
ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

	Págs.
Tabla 1 Descripción taxonómica de <i>C. pubescens</i>	13
Tabla 2 Clasificación de los Sistemas Agroforestales	20
Tabla 3 Poblaciones de los sitios de estudio.....	25
Tabla 4 Criterios de evaluación fenotípica para los individuos de <i>C. pubescens</i>	26
Tabla 5 Escala de valoración de fenofases	27
Tabla 6 Variables de evaluación fenológica.....	29
Tabla 7 Masividad de la fenofase de acuerdo con rango IP	30

ÍNDICE DE FIGURAS

	Págs.
Figura 1. Dibujo de <i>Cinchona pubescens</i> Vahl.....	14
Figura 2. Mapa de ubicación del sitio de estudio.	21
Figura 3. Método de evaluación individual del árbol.....	28
Figura 4. Gráfica del evento: Foliación de <i>C.pubescens</i> en sistema silvopastoril	32
Figura 5. Gráfica del evento: Floración de <i>C.pubescens</i> en sistema silvopastoril	34
Figura 6. Gráfica del evento: Fructificación de <i>C.pubescens</i> en sistema silvopastoril.	36
Figura 7. Gráfica del evento: Foliación de <i>C.pubescens</i> en bosque secundario.....	38
Figura 8. Gráfica del evento: Floración de <i>C.pubescens</i> en bosque secundario.	39

Figura 9. Gráfica del evento: Fructificación de <i>C. pubescens</i> en bosque secundario.	40
Figura 10. Calendario fenológico de <i>C. pubescens</i> en sistema silvopastoril.....	42
Figura 11. Calendario fenológico de <i>C. pubescens</i> en bosque secundario.....	44

ÍNDICE DE ANEXOS

	Págs.
Anexo 1. Gráficas de precipitación sector de Puranquí aledaño a sitio de estudio.	55
Anexo 2. Recolección y prensado de muestras para identificación botánica.	56
Anexo 3. Superficie de los ecosistemas forestales estudiados.	57
Anexo 4. Ubicación y código de individuos de <i>C. pubescens</i> seleccionados.	57
Anexo 5. Matriz de análisis multicriterio para selección de individuo.	58
Anexo 6. Rotulación de los individuos objeto de estudio.	60
Anexo 7. Matriz de registro de campo de estados fenológicos de los individuos.....	61
Anexo 8. Matriz y datos primarios para determinar índice promedio quincenal	62
Anexo 9. Fenofases reproductivas de <i>C. pubescens</i>	63

TÍTULO: ESTUDIO FENOLÓGICO DE *Cinchona pubescens* Vahl. (CASCARILLA), EN DOS ECOSISTEMAS UBICADOS EN LA COMUNIDAD PUCARÁ ALTO (ZONA DE INTAG), PARROQUIA APUELA, CANTÓN COTACACHI – IMBABURA.

Autor: Cristian Santiago Changoluisa Tumbaco

Director de trabajo de titulación: Ing. Jorge Luis Cué García, PhD.

Año: 2020

RESUMEN

La fenología, es uno de los aspectos ecológicos principales cuando de manejo silvicultural y agroforestal se trata. Sin embargo, no todas especies forestales han sido estudiadas a nivel fenológico y otras están en procesos, el conocimiento sigue siendo escaso y fragmentario en trópicos principalmente. En caso de *Cinchona pubescens* Vahl. la información fenológica que existe es limitada. La investigación se desarrolló en el periodo, abril 2018 – mayo 2019, con el objetivo de determinar la fenología de la especie en dos ecosistemas forestales (silvopastoril y bosque secundario), ubicados en Pucará Alto, zona de Intag, Imbabura. Los sitios de estudio fueron establecidos dentro de propiedad privada. Se caracterizaron y seleccionaron individuos de *C. pubescens* en ambos ecosistemas forestales, de acuerdo con análisis multicriterio planteado en Lombardi (2001). Para el seguimiento del comportamiento fenológico vegetativo y reproductivo de la especie se empleó el método semicualitativo de Fournier (1974), con una frecuencia de observación quincenal. El análisis de resultados se realizó mediante el cálculo IP (índice promedio) propuesto por Echavarría (1998), del evento con sus respectivas fenofases. Además, se elevó a porcentaje la manifestación fenológica y se expuso mediante gráficas explicativas. La foliación estuvo presente durante todo el año de manera intensa en ambos ecosistemas. La floración ocurrió una vez en el año, en el periodo enero-mayo en ambos ecosistemas con una masividad intensa. Por otro lado, la fructificación para el sistema silvopastoril ocurrió intensa en el periodo agosto-noviembre con su máximo en octubre (67%), y para el bosque secundario con masividad media en el periodo septiembre-diciembre con su máximo en noviembre (33%). La información generada suministra el conocimiento ecológico forestal y permite una mejor elaboración del Calendario Forestal de la especie con relación a los programas de forestación y reforestación.

Palabras clave: Fenología, foliación, floración, fructificación, fenofases, *Cinchona*

TITLE: ESTUDIO FENOLÓGICO DE *Cinchona pubescens* Vahl. (CASCARILLA), EN DOS ECOSISTEMAS UBICADOS EN LA COMUNIDAD PUCARÁ ALTO (ZONA DE INTAG), PARROQUIA APUELA, CANTÓN COTACACHI – IMBABURA.

Author: Cristian Santiago Changoluisa Tumbaco

Director of degree work: Ing. Jorge Luis Cué García, PhD.

Year: 2020

ABSTRACT

Phenology is one of the main ecological aspects when it comes to silvicultural and agroforestry management. However, not all forest species have been studied at the phenological level and others are in the process, knowledge remains scarce and fragmentary in the tropics mainly. In the case of *Cinchona pubescens* Vahl. the existing phenological information is limited. The objective of the research was to evaluate the phenology of the species in two forest ecosystems (silvopastoral system and secondary forest) located in Pucará Alto, Intag area, Imbabura, for one year from april 2018 to may 2019. Individuals of *C. pubescens* in both forest ecosystems, with multi-criteria analysis proposed in Lombardi (2001). Fournier's (1974) semi-qualitative method was used to monitor the vegetative and reproductive phenological behavior of the species, with a biweekly observation frequency. The analysis of results was carried out by means of calculation IP (average index) proposed by Echavarría (1998), of the event with its respective phenophases. In addition, the phenological manifestation was raised to a percentage and was exposed through explanatory graphs. The foliation was present throughout the year in an intense way in both ecosystems. Flowering occurred once a year, in the january-may period in both ecosystems with intense massiveness. The fruiting for silvopastoral system occurred intense in the august-november period with its maximum in october (67%) and for secondary forest with average massiveness in the september-december period with its maximum in november (33%). The information generated provides the ecological forest knowledge and allows a better elaboration of the Forest Calendar of the species in relation to the afforestation and reforestation programs.

Keywords: Phenology, foliation, flowering, fruiting, phenophase, *Cinchona*

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de trópico gozan de gran riqueza animal y vegetal, en particular, Ecuador, siendo un país megadiverso goza de una riqueza florística extraordinaria (Palacios, 2002). Es poseedor de gran diversidad forestal; recursos que constituyen importantes fuentes de vida, donde principalmente campesinos y pueblos indígenas han encontrado múltiples usos y servicios para la sociedad (Barranantes, Chávez y Vinueza, 2010). Sin embargo, en la actualidad las especies forestales nativas que componen dichos ecosistemas se han reducido notoriamente a causa de las actividades antropogénicas como: tala ilegal, aprovechamiento forestal excesivo, extensión de la frontera agrícola, entre otros; lo que dificulta la generación de conocimiento en los aspectos ecológicos, silviculturales y tecnológicos (Lastra, López y López, 2008).

La fenología, es uno de los aspectos ecológicos más importantes cuando de manejo silvicultural y agroforestal hablamos, así lo afirma Hechavarría (1998). Varios autores exponen a la fenología como, el estudio de eventos periódicos que suceden en una especie y su relación con factores bióticos y abióticos de un determinado sitio (Fournier y Charpantier, 1978; Hechavarría, 1998; Ramírez y Alvarez, 2000; Padilla, 2002; Wong, 2016). A pesar de la importancia que tiene el conocimiento fenológico, son pocos los estudios realizados en el campo forestal, siendo aún muy escaso y fragmentario particularmente en las regiones tropicales, que se limitan a indicar comportamientos de manera aproximada (Fournier, 1969; Padilla, 2002)

Cinchona pubescens Vahl, en el sector de Pucará Alto, parroquia Apuela – Zona de Intag. Es una especie con información fenológica limitada y conocimiento de carácter empírico por campesinos en el sector. Las especies del género *Cinchona* se las conoce comúnmente como: cascarilla, quina, quinina (Palacios, 2016), se le atribuyen valores medicinales a su corteza por la presencia de quinina y otros compuesto; que ayudaron a combatir el paludismo y malaria ya hace 300 años. A parte, su madera ha sido considerada como material de gran interés; inclusive comercial para la construcción de viviendas.

En este sentido, la investigación esta motivada a generar información primordial (estudio fenológico) que permita el conocimiento de las épocas de floración y fructificación, importantes

para la conservación de recursos genéticos, planificación y manejo forestal de bosques primarios y secundarios, como lo mencionan Hechavarría (1998); Vílches, Chazdon, Redondo (2004); y Gómez (2010).

1.1 Objetivos

1.1.1 General.

Evaluar el comportamiento fenológico de *Cinchona pubescens* Vahl, (cascarilla), en dos ecosistemas forestales, ubicados en la comunidad Pucará Alto, parroquia Apuela, cantón Cotacachi - Imbabura, con el fin de aportar con información directriz para la planificación y manejo sustentable de la especie.

1.1.2 Específicos.

- Determinar el comportamiento fenológico de la especie *Cinchona pubescens* Vahl, que se desarrolla en sistema silvopastoril.
- Determinar el comportamiento fenológico de la especie *Cinchona pubescens* Vahl; desarrollada en bosque secundario.
- Elaborar un calendario fenológico del *Cinchona pubescens* Vahl para los ecosistemas estudiados en base a la época de floración, fructificación y foliación.

1.2 Preguntas directrices

- ¿Cuál es el comportamiento fenológico de la especie *Cinchona pubescens* Vahl, en la comunidad Pucará Alto – Zona de Intag en el período de un año?
- ¿Los estados fenológicos evaluados, varían de manera representativa entre los ecosistemas analizados?

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentación legal

El presente estudio se enmarca en la siguiente normativa:

2.1.1 Constitución de la República del Ecuador del 2008.

La Constitución de la República del Ecuador de 2008, en su artículo 10, reconoce a la naturaleza como sujeto de derechos, los mismos que son expresados de forma detallada y en los artículos 71 – 74.

Además, la investigación se ampara en los artículos 14: que cita textualmente “(...) *Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados*”. Artículo 395: que menciona al estado como garantizador un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras (Constitución de la República del Ecuador , 2008)

2.1.2 Código Orgánico del Ambiente (COA, 2018).

En el Código Orgánico Ambiental en el art. 31 relacionado con la conservación de la biodiversidad, menciona que la conservación de la biodiversidad se realizará *in situ* o *ex situ*, en función de sus características ecológicas, niveles de endemismo, categoría de especies amenazadas de extinción, para salvaguardar el patrimonio biológico de la erosión genética, conforme a la política formulada por la Autoridad Ambiental Nacional (COA, 2018). Además, el COA (2018), en función a su fin N° 9 del artículo 3, respalda el desarrollo de la presente investigación, ya que busca establecer mecanismos que promuevan la generación de información ambiental, así como la articulación y coordinación con diferentes entidades públicas y privadas que contribuyan a este fin.

2.1.3 Plan Nacional de desarrollo (2017-2021).

El presente estudio se enmarca en el objetivo, políticas y lineamientos estratégicos siguientes:

Objetivo 3. Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones. En donde se menciona la necesidad de generar investigación y conocimientos de los recursos biológicos del Ecuador a fin de aportar con la protección y manejo de los diferentes ecosistemas que el país posee (SENPLADES, 2017).

Política y lineamiento estratégico 3.3 que plantea establecer e impulsar la generación de bioconocimiento, como una alternativa de producción, así como de bioseguridad que permita precautelar las condiciones ambientales a las que se ven afectados los seres vivos (SENPLADES, 2017).

2.1.4 Línea de investigación.

El estudio se enmarca en la línea de investigación de la carrera: Desarrollo agropecuario y forestal sostenible.

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Fenología.

2.2.1.1 Definición.

Etimológicamente el término fenología se traduce en el estudio de eventos que se registran de forma visible en un individuo (Gómez, 2010). A lo largo del tiempo su concepto se ha ido esclareciendo, varios autores coinciden en exponer a la fenología como, el estudio de eventos periódicos que suceden en una especie y su relación con factores bióticos y abióticos de un determinado sitio (Fournier y Charpantier, 1978; Hechavarría, 1998; Ramírez y Alvarez, 2000; Padilla, 2002; Wong, 2016). La fenología es un campo del conocimiento de la ecología, hay que tomar en cuenta que, los autores que abordan fenología la definen como una disciplina fundamentalmente descriptiva y de observación, que requiere método y precisión en el trabajo de campo, así lo afirma Gómez (2010).

Padilla (2002) y Wong (2016), refieren que las observaciones fenológicas han sido realizadas desde tiempos inmemoriales, principalmente para su aplicación en la agricultura, a pesar de que su término no sea conocido como tal. La duración de la foliación, floración y fructificación son determinantes para definir el comportamiento de las especies forestales principalmente tropicales. Evidentemente los calendarios fenológicos son una herramienta importante en el campo de la ecología y silvicultura, como un componente que permite la planificación y manejo adecuado sobre la supervivencia o éxito reproductivo de especies. Un enfoque sistémico de estos aspectos ha permitido inclusive la adaptación e introducción de especies a nuevos ambientes.

2.2.1.2 Historia.

Son pocos los estudios fenológicos realizados en los ecosistemas de América, en especial en el campo forestal. A partir del año 1960, los estudios fenológicos comienzan a destacar gracias a las publicaciones de Fournier y Salas de especies leñosas bosque tropical húmedo en Costa Rica. Se tiene como referentes en este campo a países de Centroamérica, Brasil y Colombia (Wong, 2016).

En Honduras dedicaron cinco años de trabajo evaluando veintiocho especies maderables del bosque tropical, en donde se exponen los periodos reproductivos de las especies, épocas idóneas de colecta y su relación con los factores ambientales (Ramírez y Álvarez, 2000). Información inclinada a la restauración y recuperación de especies maderables que corren peligro por su consumo.

Así también Padilla (2002), registra información fenología de *Cedrelinga cateniformis* en el parque nacional Yasuní, con resultados interesantes de comportamiento reproductivo y vegetativo de la especie en diferentes sectores, en fines de dar pautas primarias del manejo y propagación de la especie.

Recientemente los estudios fenológicos neotropicales tienden a concentrarse en una sola especie, aunque hay restricciones para hacer generalizaciones a nivel comunidad. En las últimas décadas, los estudios fenológicos no solo describen patrones de comportamiento vegetal, sino también buscan causas de estos (William y Meave; citado por Wong, 2016).

2.2.1.3 Importancia forestal.

Los estudios fenológicos de los árboles son importantes, no solo para la comprensión de la dinámica de las comunidades forestales, sino también como un indicador a la respuesta de las condiciones edáficas y climáticas de una zona (Ceferino, 2016). La fenología puede contribuir a la solución de algunos problemas forestales, debido a que sienta bases para comprender la biología vegetativa y reproductiva de las especies, la dinámica de las comunidades, las interrelaciones planta animal y la evolución de la vida de animales que dependen de plantas para su alimentación (Ochoa, Pérez y de Jong, 2008).

Vilches, Chazdon y Redondo (2004) mencionan la importancia en la conservación de recursos genéticos, manejo forestal de los bosques secundarios y viveros. El conocimiento de las épocas de floración y fructificación son importantes para la planificación y recolección del material genético necesario, pues marca los meses en los que suceden, cuáles son las zonas, lugares e individuos donde se produce frutos. Además, ayuda en detección de las mejores procedencias para “árboles plus”.

El conocimiento de la fenología es muy importante en los trópicos, ya que en éstos, muchas especies presentan baja densidad natural, la cual se acentúa por actividades de extracción selectiva (Plana, 2013). Por otro lado, trata de establecer posibles conexiones causa-efecto entre factores bióticos y abióticos. Se sabe que las fenofases de los árboles responden a los cambios en el tiempo, por ello, el estudio fenológico es de especial interés por los efectos que causa el calentamiento global sobre la condición del bosque (Ochoa y *otros*, 2008).

2.2.1.4 Fenofases.

También conocida como fases fenológicas, es la permanencia de los acontecimientos repetitivos biológicos en la planta, causa de esa duración respecto a los factores bióticos, abióticos y la interrelación entre la fase de una misma o diferente especie (Lugo, citado por Jijon y Torres, 2008). Los individuos y las poblaciones de plantas tropicales poseen una amplia diversidad de patrones fenológicos en cuanto a su periodicidad y sincronía, tanto en el cambio foliar como en la floración y fructificación (Díez, 2002).

Cara, (2006) considera fases fenológicas a los fenómenos observables que comprenden cambios o transformaciones en un corto periodo de tiempo, mientras que, el patrón que ocurre entre dos fases sucesivas se lo denomina etapa o evento. Para describir y estudiar la fenología es necesario conocer el desarrollo de cada evento fenológico y su interacción dentro del medio:

2.2.1.4.1 *Foliación.*

Es el ciclo de vida que comprende las hojas, desde la formación de yemas foliares que dan lugar a la aparición y desarrollo de las hojas de la planta (brotación), hasta su madurez y senectud.

Fournier (1976) enuncia que, la brotación es la acción de emitir hojas, iniciándose por un hinchado de las yemas a lo que sigue la separación de las escamas que antes las protegían, y finalmente la aparición de pequeñas hojas iniciales. El desarrollo de la hoja hasta alcanzar el tamaño y forma definitiva del limbo corresponde a la madurez de esta estructura.

El desprendimiento natural de las hojas, principalmente de árboles y arbustos es la defoliación. Font Quer; citado por Ceferino (2016) plantea que puede ser debido a cambios bruscos de ambiente o provocada por plagas, insectos u hongos patógenos, pero en ningún caso deberá ser realizada por el hombre. Este fenómeno es muy característico en los bosques de clima tropical y también se lo puede visualizar en especies de otras zonas ecológicas. Cedeño citado por Jijon y Torres (2008) mencionan cuatro clases en el brote y caída de las hojas:

Perennifolia: las especies perennifolias no presentan una periodicidad estacional en la caída de las hojas, sino que este fenómeno depende solo de la edad de ella.

Múltiple: el hábito múltiple caracteriza aquellas especies cuyos ejemplares no pierden las hojas simultáneamente sino rama por rama. El rebrote de las hojas se efectúa de la misma manera de tal forma que nunca se encuentra totalmente defoliado.

Intermitente: aquella fase que ocurre en las especies en las cuales a la caída del follaje le sigue inmediatamente la pudrición de las hojas nuevas. En algunos casos inclusive la pudrición o brote de hojas ocurre simultáneamente con la caída del follaje viejo.

Deciduo: es una modificación externa de la fase intermitente, donde el árbol pierde hojas viejas antes que broten las hojas nuevas, esto hace que las ramas de las plantas permanezcan sin hojas por periodos de semanas hasta meses.

2.2.1.4.2 Floración.

Luego del desarrollo vegetativo, los árboles entran en la fase reproductiva. Es la etapa más importante del ciclo de vida de las plantas, tiempo en cual se desarrollan las flores y se mantienen abiertas para que se lleve a cabo la polinización (Rodríguez, 2016); proceso influenciado por varios factores bióticos y abióticos. La producción de flores de un individuo se entiende como la expresión del conjunto de todo el desarrollo floral, comprende el proceso de formación del pedúnculo de la inflorescencia, formación de los botones florales hasta la apertura de las flores mismas (Padilla, 2002). Este evento es un indicador reproductivo que determina la sostenibilidad futura de la especie (Wong, 2016).

Fenner (1998) menciona que la producción de flores y su mantenimiento requieren un gasto considerable de energía, para la formación de tejido fotosintético y néctar, debido a aquello, las estructuras y tejidos vegetales de los individuos adaptan su funcionamiento para que dicha producción sea la adecuada.

Los patrones de floración son variados, desde especies que florecen continuamente asegurando una reproducción constante (especies pioneras) hasta especies que florecen anualmente (especies climáticas). De acuerdo con Proenca y Gibbs citados por Ceferino (2016) existen diferentes tipos de floración; desde floración en masa (sincronía durante un periodo corto), floración pulsada (flujos repetitivos), o estado continuo de floración (un poco por día sobre un largo periodo).

2.2.1.4.3 Fructificación.

La fructificación guarda relación directa a su evento predecesor (floración) y sus factores causales están asociados. Abarca el crecimiento inicial del fruto, su formación hasta la madurez. Generalmente los patrones de fructificación obedecen al comportamiento de la floración, sin embargo, puede ocurrir que los patrones de fructificación varíen con respecto a los patrones de floración; gran producción de flores no necesariamente garantiza gran producción de frutos, como

cuando los frutos no se forman o poseen tiempos de maduración prolongados y variables. La comprensión de estos patrones es esencial para el conocimiento ecológico y evolutivo de del neotrópico (Díez, 2002). En regiones tropicales hay usualmente algunas especies en fruto en cualquier momento del año, algunos árboles tienen varias generaciones de frutos en sus copas simultáneamente; ya que florecen continuamente o en intervalos de tiempo muy cortos, y las especies individuales tienden a tener periodos de fructificación largos (Díez, 2002). La precipitación y su periodicidad es uno de los principales factores que estimula la ocurrencia de patrones fenológicos, en lo que respecta a fructificación Bawa citado por Díez (2002), mantiene la hipótesis del “tiempo óptimo para la dispersión de semillas y la germinación”, es decir la fructificación de las especies dispersadas por el viento debería producirse durante los períodos secos del año y con mayores vientos, ya que la mayor o menor humedad tiene una fuerte influencia sobre estos procesos.

2.2.1.5 *Aplicaciones de la fenología*

Los estudios fenológicos han permitido obtener conocimientos y numerosas aplicaciones tanto científicas como prácticas. En las científicas; es utilizada para estudiar la interacción entre planta-animal, que involucra la polinización, la dispersión de semillas y la predación, también se investiga el comportamiento de los patrones fenológicos sobre las épocas de floración, fructificación, la cantidad de follaje, brotación de hojas y frutos, y su relación con factores climáticos o estímulos ambientales (Amazonia Forestal, 2011). En las aplicaciones prácticas; la información es utilizada para determinar estrategias de manejo (podas, riego, fertilización y tratamientos silviculturales) y establecer calendarios para la recolección de frutos y semillas (Gómez, 2010).

En el sector forestal ha contribuido en optimizar el rendimiento de las especies de mayor importancia económicamente para hombre en el aprovechamiento forestal, la fenología ha favorecido en la toma de decisiones de cuánto y cómo realizar los planes de corta, pues tiene un efecto directo sobre la regeneración de especies vegetales, así como en el comportamiento, migración y dieta de la fauna (Amazonia Forestal, 2011).

Wielgolaski, (1974) manifiesta que la fenología en la agricultura se ha utilizado para comprender el impacto del clima y las condiciones del suelo en el calendario de eventos biológicos en plantas de importancia comercial y ornamental. La información adquirida permite

predecir la fecha de un determinado evento de una fenofase anterior de la misma o de otra especie en el mismo año. Quintero, (2010) utiliza la fenología con varios propósitos como: la calendarización para el combate de plagas, enfermedades y malezas en la época de mayor incidencia, programación de asistencia técnica en base a la fenología, entre otros.

2.2.1.6 Calendario fenológico

Ahas, Jaagus, y Aasa, (2000) describe que el calendario es la representación estacional de la estadística de los eventos fenológicos seleccionados que se repiten anualmente, y se define como las fechas de inicios, su duración y los intervalos entre ellas. Lieth, (1973) afirma que el calendario fenológico son eventos fenológicos marcados con fecha, contruidos y superpuestos en el calendario astronómico o civil que describen y explican los aspectos estacionales de los fenómenos ecológicos. Mientras que, Hopp, (1974) señala que es la compilación de la apertura de las hojas, floración, fructificación y caída de hojas, junto a las observaciones climatológicas para mostrar como difieren las áreas.

2.2.2 Género Cinchona.

El género *Cinchona*, es uno de los géneros de importancia comercial dentro de la familia Rubiaceae, después del género *Coffea* de acuerdo con Hodge, (1947). Posee alrededor de 23 especies de árboles y arbustos que se distribuye a lo largo de los Andes, desde Costa Rica hasta Argentina (Gómez, Beraun, Gómez R y Llatas, 2016). Las especies del género *Cinchona* son conocidas por el valor medicinal de su corteza, que ha sido utilizada mundialmente como remedio contra la malaria y el paludismo por más de 300 años, esto ha implicado la destrucción de miles de árboles, muchas veces sin haber usado su madera o haberlo reemplazado por otro individuo. En 1944 se sintetizó la quinina, por ende, *C. pubescens* Vahl perdió gran parte de su importancia (Romero, 2015; Gómez y otros, 2016). El uso excesivo de estas especies ha implicado que sus poblaciones naturales bajen drásticamente y en algunos de los casos estén amenazadas; por ello es fundamental realizar trabajos que apoyen su conservación in situ y ex situ (Romero, 2015).

América Latina conoce a las especies de *Cinchona* con el genérico Quina, así lo menciona ANACAFÉ (2004). Sin embargo, en varias localidades del Ecuador y parte del Perú, conocen a

la especie con los nombres de: cascarilla, cascarillero y cuaranjo (Palacios, 2016). El clima donde se distribuyen las especies del género *Cinchona* corresponde predominantemente al de "Ceja de Selva" o "Ceja de montaña", generalmente cálido y húmedo, con precipitaciones abundantes y persistentes y nubosidad casi todo el año (Zevallos, 1998).

2.2.2.1 Historia.

Resulta difícil establecer un año en el cual haya sido descubierta la quina. Se sabe que los indígenas, son los primeros descubridores de las propiedades medicinales de esta importante planta a la cual la denominaban “*quina-quina*” (Romero, 2015). Se piensa además, que los conocimientos indios de la planta fueron guardados por más de un siglo hacia los españoles. De manera que, la fecha del descubrimiento de sus virtudes antipalúdicas suele asignarse al año 1630 o 1631 en que el Corregidor de Loja, Ecuador, Juan López de Cañizares, fuera curado con ella (Romero, 2015).

Para que el medicamento tome popularidad en 1638, tuvo que curar, (por indicación de Cañizares), de la enfermedad del paludismo a Doña Francisca Henríquez de Ribera, esposa del 4^{to} Conde de Chinchón y Virrey del Perú. Al ver el éxito de la sustancia en 1646 el médico español Pedro Barba realiza un primer estudio (Romero, 2015).

Consecutivamente el producto fue explotado en fórmulas secretas por el inglés Talbot en Francia, y por los judíos Mendes en Portugal. Sydenham y Morton divulgaron la quina en Inglaterra, y Torti desde 1717 comenzó a establecer el valor específico del medicamento (Romero, 2015).

De ahí en adelante, se desencadenaron un sinnúmero de estudios del género, con el objetivo de generar una industria. Finalmente la labor se coronó con éxito debido a los esfuerzos de Charles Ledger, un inglés que vivía en Bolivia, quien obtuvo y mandó a Europa en el año de 1865, semillas de un tipo superior de *Cinchona*, con lo cual se hizo posible el desenvolvimiento de una industria extensiva en Java, siendo en la actualidad el lugar de origen de la mayor parte de quinina que se produce en el mundo (Popenoe, 1942).

2.2.2.2 Importancia.

El árbol de la quina está considerado en el grupo de plantas medicinales de mayor importancia en el mundo debido a que ayudó a combatir las fiebres recurrentes o malaria, ya que su corteza contiene quinina y otros alcaloides fenólicos (Campos, Cerna y Chico, 2014).

En efecto, la quinina, quinidina, cinconina y cinconidina han sido registradas como los cuatro principales alcaloides del árbol de la quina, además del ácido quínico, ácido quinotánico y la quinovina; por esta razón, la corteza tiene diversas propiedades terapéuticas, tales como: tónica, anti fermentativa, antipirética, anticeboreica y anti malárica. Al mismo tiempo, la quina no sólo es reconocida por su valor medicinal, sino también, por su alto valor maderable (Campos y otros, 2014).

El género tiene gran importancia histórica para Ecuador, debido a que la *cascarilla* fue originalmente descrita de Loja y ha sido declarada planta nacional del Ecuador. Ya que la corteza de varias especies fue usada para tratar el paludismo, cuyas referencias se remontan al tiempo de la colonia (Palacios, 2016).

2.2.3 Cinchona pubescens Vahl.

A pesar de que la situación poblacional de la especie es aparentemente segura como lo refleja Zeballos (1998), resulta complicado encontrar referencias de la descripción específica de *C. pubescens*, debido a su género extremadamente variado y que en muchas ocasiones los individuos representan cruces o híbridos (Popenoe, 1942). Es por ello que la especie ha ido generando algunos sinónimos botánicos, entre el más mencionado *C. succiruba* Pavón (Popenoe, 1942).

2.2.3.1 Descripción taxonómica.

La descripción taxonómica de la especie se muestra en la siguiente tabla 1.

Tabla 1*Descripción taxonómica de C. pubescens.*

Nominación taxonómica	Descripción
Grupo:	Euasterids
Orden:	Gentianales
Familia:	Rubiaceae
Género:	<i>Cinchona</i>
Nombre científico:	<i>Cinchona pubescens</i> Vahl.
Nombre común:	Árbol de quinina, cinchona roja, cascarilla roja, quina, árbol rojo entre otros.

Fuente: (Zeballos, 1998; Guamán, 2014)**Elaborado por:** El Autor

2.2.3.2 Descripción Botánica.

- **Aspectos generales:** El árbol alcanza los 20 m de altura, con fuste cilíndrico irregular de hasta 40 cm de diámetro; ramificación simpodial de copa globosa a globosa irregular. Su corteza externa es de color marrón plumbeo, de apariencia fisurada, con lenticelas distribuidas irregular. Corteza interna de rojiza a rojo amarillento; secreción inconspicua; sabor amargo ligeramente dulce.
- **Hojas:** hojas simples, opuestas y decusadas con pubescencia; ovaladas, de 8 a 29 cm de largo y 5 a 18 cm de ancho; pecíolo de 3 a 7 cm de longitud; ápice agudo o acuminado, base obtusa y borde sinuado; formas elípticas, elíptico-cordadas o cordadas; penninerva curva, venas ligera o abundantemente pubescentes, pelos de hasta 2mm de largo; color verde oscuro.
- **Flores:** panículas de hasta 15cm de longitud; flores hermafroditas, actinomorfas, subsésiles, cáliz gamosépalos con cinco dientes cortos; corola blanca, roja o rosada, gamopétala con abundantes pelos de 8 a 12 mm de largo.
- **Fruto:** cápsula oblongo-lanceolada o lanceolada, generalmente glabras; de 1.5 a 2 cm de largo por 3 mm de ancho, con numerosas semillas aladas distribuidas en cinco valvas (ver Figura 1).

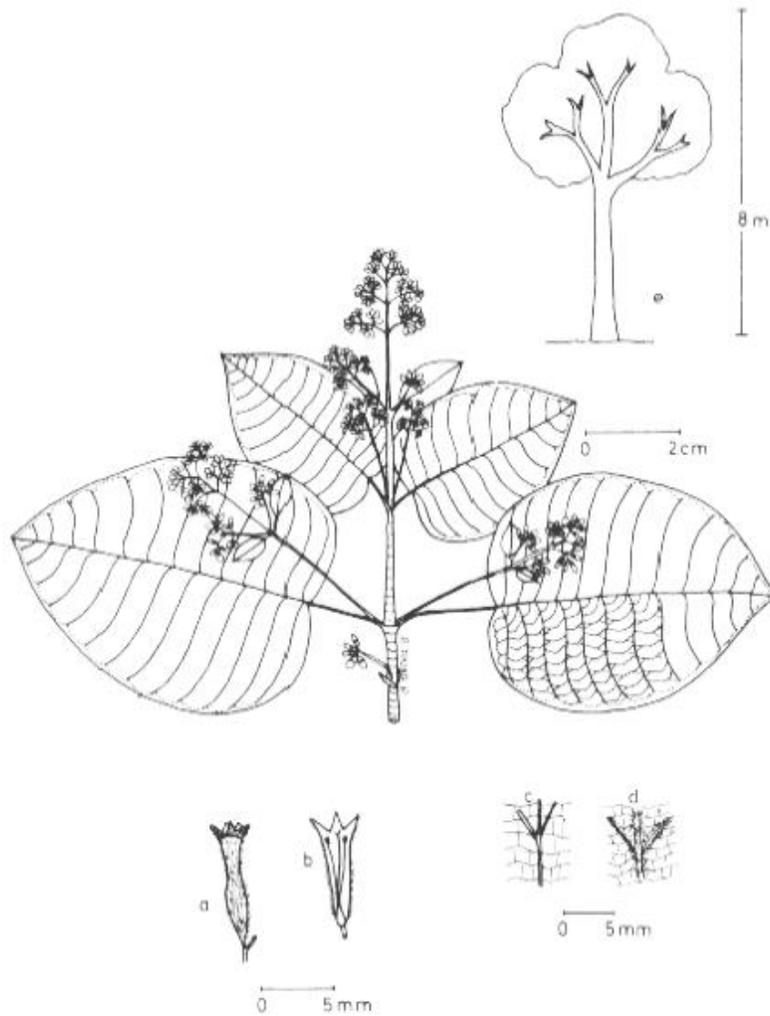


Figura 1. Dibujo de *Cinchona pubescens* Vahl.

Nota: a) Flor; b) corte de flor; c) hoja por el haz; d) envés; e) forma de crecimiento

Fuente: Zeballos (1998).

2.2.3.3 *Distribución geográfica.*

De acuerdo con Hodge citado por Zeballos (1998), esta especie se distribuye desde Costa Rica hasta Bolivia, entre los 400 a 3200 ms.n.m. En Ecuador *C. pubescens* tiene la distribución más amplia en comparación con las demás especies, residiendo en una amplia gama de hábitats como: zonas agrícolas, bosques naturales, bosques plantados, pastizales, áreas perturbadas, entre otros (Barukcic y Sola, 2015). En el Ecuador se encuentra a la especie con más frecuencia entre volcanes, así como en las montañas de los Andes, ya que tienden a crecer en zonas rocosas (Barukcic y Sola, 2015).

2.2.3.4 Precipitación y temperatura.

La precipitación pluvial anual debe ser un poco menos de 2000 mm si está distribuida igualmente durante el año; si se presentan temporadas secas notorias se requiere un mínimo de 3500 mm. Se deben evitar las regiones con períodos secos prolongados. Las áreas muy altas en las montañas también son inadecuadas debido a las heladas nocturnas (ANACAFÉ, 2004).

Soporta temperaturas bajas de hasta 6,5 °C y altas hasta 25 °C Las variaciones de temperatura y precipitación están en función de la altitud y latitud. Las zonas altas con topografía ondulada y empinada son las que influyen significativamente en el microclima (ANACAFÉ, 2004).

2.2.4 Etapas del ciclo de regeneración.

2.2.4.1 Polinización.

En el caso de las angiospermas, la polinización es la llegada del polen al estigma, la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico. El grado en el que el éxito de la polinización se ve afectado por distintos factores bióticos y abióticos; depende del vector principal de polinización y del sistema de apareamiento de las especies de plantas (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2016). Por ejemplo, las plantas dioicas o autoincompatibles que dependen de vectores animales para la polinización, pueden verse críticamente afectadas por la reducción de los tamaños poblacionales o la extinción de sus polinizadores (Williams y Winfree, citado por INIA, 2016). De igual manera, las especies que utilizan al viento como vector de dispersión del polen pueden verse afectadas por factores abióticos como la intensidad y dirección del viento, así como la temperatura y humedad ambiental (Plana, 2013).

Los sistemas de polinización en los bosques tropicales son especialmente eficientes, pues a pesar de que una gran proporción de las especies de plantas de estos ecosistemas poseen individuos muy dispersos en el bosque, y mecanismos de fecundación cruzada obligada por autoincompatibilidad o dioicismo (Díez, 2002). La gran mayoría de plantas forestales tropicales son polinizadas por animales como principal vector, por lo que muchas especies en su evolución, han adaptado estructuras específicas para ciertos polinizadores (Plana, 2013). Las flores

pequeñas de la quina requieren ayuda de insectos para su polinización; no florece ni fructifica a intervalos fijos, ésta varía de un año a otro de acuerdo con las condiciones ambientales, fuertes vientos hacen disminuir la cantidad de flores para su posible polinización, afectando directamente la cantidad de frutos y semillas producidas (INIA, 2016).

2.2.4.2 *Dispersión y depredación de semillas.*

Las especies vegetales han desarrollado diferentes mecanismos de dispersión de sus semillas, lo cual sugiere que la separación espacial entre progenitores y descendientes confiere ciertas ventajas. Estos mecanismos incluyen modificaciones para la dispersión por animales, por el viento, el agua o la auto-dispersión; como es el caso del árbol de *Cinchona*, que posee semilla alada para una dispersión anemocoria (por el viento).

A pesar de esto, la dispersión de las semillas es por lo general limitada y lo más común es observar una rápida disminución en la densidad de semillas dispersadas conforme se incrementa la distancia al individuo progenitor. Sin embargo, los patrones de sobrevivencia de las semillas son variables y dependen de varios factores, pero principalmente de la variación espacial en las características del hábitat, así como de la depredación por insectos, aves y roedores, y el ataque de patógenos (Howe y Smallwood; Manson y otros; Wenny citado por INIA, 2016).

2.2.4.3 *Germinación.*

En las semillas ésta consiste en la emergencia y desarrollo del embrión, y a partir de estas ser capaz de generar una planta y llegar a la etapa reproductora (Jijon y Torres, 2008). Evenari (1957) dividió el proceso de germinación en tres fases: I) ocurrencia de la imbibición; II) producción y activación del metabolismo vegetal, donde ocurre la síntesis de 13 ácidos nucleicos y proteínas, también se incrementan las actividades enzimáticas, así como la degradación inicial de las reservas; III) emergencia de la radícula, concluyendo el proceso germinativo.

Este proceso puede verse afectado por factores bióticos como la depredación, la herbívora y la competencia (Guevara y otros citado por INIA 2016). Por otra parte, también son cruciales las características del suelo como el grado de compactación, la capacidad de infiltración, el contenido de materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes. El INIA (2016) en uno de sus

proyectos concluye que, “*la germinación de las semillas de quina es una secuencia de eventos, influenciada directamente por factores internos (actividad metabólica, regulación genética) y externos (humedad, temperatura, luz, oxígeno, CO₂, substrato) que interactúan permanentemente*”.

2.2.5 Ecosistemas forestales

La ecología forestal es el área encargada de estudiar la estructura y dinámica de los ecosistemas forestales. Entiéndase a estos como la interacción de seres bióticos y abióticos, que se desarrollan en un sitio y condiciones determinadas, en donde el componente forestal domina la dinámica del ecosistema. En este concepto, los ecosistemas forestales; propiamente dichos bosques, mantienen características extrínsecas e intrínsecas específicas que, según el criterio del autor, permiten identificarlos y clasificarlos.

2.2.5.1 Grupos ecológicos

El comportamiento de los individuos en la naturaleza responde a la interacción de las características genéticas y de los factores ambientales; esta combinación permite expresiones diferentes de comportamientos, de forma continua. Causa por la cual ha resultado difícil, para los entendidos, homogenizar criterios para llegar a una única clasificación ampliamente reconocida. Tradicionalmente se los grupos ecológicos se han clasificado en base a su tolerancia a la sombra, autores reconocidos dividieron inicialmente en dos grupos: pioneros (o nómadas) y tolerantes a la sombra (especies climax). Finegan citado por Plana (2013), en base a revisiones bibliográficas propone una clasificación similar, pero llama a los grupos “gremios” y los clasifica entre heliófitas efímeras o pioneras, heliófitas durables o secundarias tardías y especies esciófitas en lo que parece la clasificación más actualizada.

2.2.5.2 Bosque primario y secundario

Para el manejo es importante distinguir entre tipo de bosque primario o secundario, debido a las características ecológicas propias que posee cada uno y las funciones que puede cumplir. El bosque primario es un sistema dominado por árboles que actúan entre sí y con otros organismos, cuya presencia y mezcla son determinadas, en gran medida, por el sitio (clima y suelo). El

bosque secundario hace referencia a aquella vegetación leñosa, que crece en tierras abandonadas, después de que su vegetación original fue destruida por actividad humana; sin embargo, para varios autores este concepto sigue aún en discusión (Louman, Quirós y Nilsson, 2001).

La estructura y composición del bosque secundario cambia ampliamente respecto al bosque primario e igualmente cambia a lo largo de la sucesión. Algunos de estos cambios, como por ejemplo el área basal o el volumen de madera son relativamente rápidos y, en general, se puede hablar de que la regeneración y crecimiento de los bosques secundarios es relativamente rápida (Finegan citado por Louman y *otros*, 2001). Varios estudios indican a *Cinchona* como una especie pionera, aunque de requerimientos estrictos (sombra y humedad), es común encontrar a la especie en claros de bosque húmedo, de cejas de montaña y zonas de amortiguamiento con permanente neblina.

2.2.5.3 *Silvicultura*

Esta, se considera como la ciencia y arte de cultivar el bosque y sus posibles productos, en base a los conocimientos históricos y características generales de las especies. La silvicultura implica la planificación de actividades a largo plazo y con información científica, con la intención de llevar al bosque a un objetivo meta (Louman y *otros*, 2001). La silvicultura vincula la ecología del bosque a las necesidades de manejo y uso económico del mismo. La intervención silvícola del hombre dentro de estos ecosistemas ha permitido generar cambios en cuanto a dinámica y estructura. No obstante, el componente forestal aun sobresale guardando las cualidades de un ecosistema forestal. La intensidad y tratamientos silvícolas aplicados dentro del bosque determinan la formación y buen aprovechamiento de los sistemas silviculturales producto de la intervención humana.

2.2.5.4 *Sistemas silviculturales*

Las perturbaciones a diferencia de las sucesiones forestales suceden por acciones antropogénicas, estas perturbaciones bien manejadas logran la formación de sistemas silviculturales. Dicho de otra manera, un sistema silvicultural es la sucesión lógica de prácticas, técnicas y actividades que se realizan para mantener, remover y reemplazar productos forestales;

de acuerdo a un objetivo, y que resultan en bosques con ciertas características (Louman y *otros*, 2001). La necesidad de productos forestales siempre ha superado la capacidad productiva del bosque, lo que ha llevado a la explotación y pérdida del mismo, los argumentos de manejo silvicultural serían en todo caso la respuesta para cumplir estas necesidades sin dañar el bosque.

De acuerdo con Wadsworth (2000), estos argumentos de incremento de producción y sostenibilidad, aunque valederos, no son aplicados lo suficiente por los países de trópico principalmente. Esto se debe a la divergencia que existe las realidades de un campesino dueño del bosque y del comprador y fin del producto. Las condiciones del campesino harán que aun con técnicas silvícolas aplicadas, su bosque como tal no llegue a ser sostenible. Son muchas las razones de esta anomalía, por consiguiente, la integración de técnicas silvícolas, pecuarias y agrícolas en un solo sistema es una oportunidad para acercar al manejo forestal sostenible a la gente. En esta integración surgen los sistemas agroforestales.

2.2.5.4.1 Sistemas agroforestales

Como se indica anteriormente la combinación de cultivos y árboles en un mismo sistema se la denomina agroforestal. La forma como se combine estos elementos es uno de los criterios usados para determinar el tipo de sistema, dentro de los cuales existen prácticas y técnicas que los distinguen unos de otros. En la tabla 2, se mencionan solo algunas prácticas y técnicas que pueden darse dentro de cada sistema, se debe tomar en cuenta que estas decisiones se toman entorno a un objetivo y condiciones socio-ambientales específicas.

Tabla 2
Clasificación de los Sistemas Agroforestales

Sistema	Combinación	Práctica	Técnica
Agrosilvícola	cultivo-árbol	Cerca viva	Plantación tres bolillos dos hileras; poda apical, foliar, radicular; disposición a favor o en contra al viento.
		árboles en lindero barrera rompeviento banco de proteínas	
Silvopastoril	animal-árbol	Potrero con árboles nativos	establecimiento y enriquecimiento de pasto; asocio de especies; segmentación de parcelas
		Banco de proteínas (con pastoreo directo)	
		árboles en pasturas	
Agrosilvopastoril	cultivo-animal-árbol	Pastoreo en plantaciones forestales	Surcado lineal, inclinado, curvo; asocio frutal-forrajero, gramínea-forrajero, frutal-maderero; disposición de animales menores o medianos.
		chagras	
		entomoforestería	
		huertos familiares	
		Acuaforestería	

Fuente: (Wadsworth, 2000; Luoman y otros, 2001)

Elaborado por: El Autor.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación

3.1.1 Política.

La investigación se realizó en la propiedad del Sr. Miguel Sierra, ubicada en el sector de Pucará Alto, parroquia Apuela, cantón Cotacachi, zona de Intag, provincia de Imbabura (ver Figura 2).

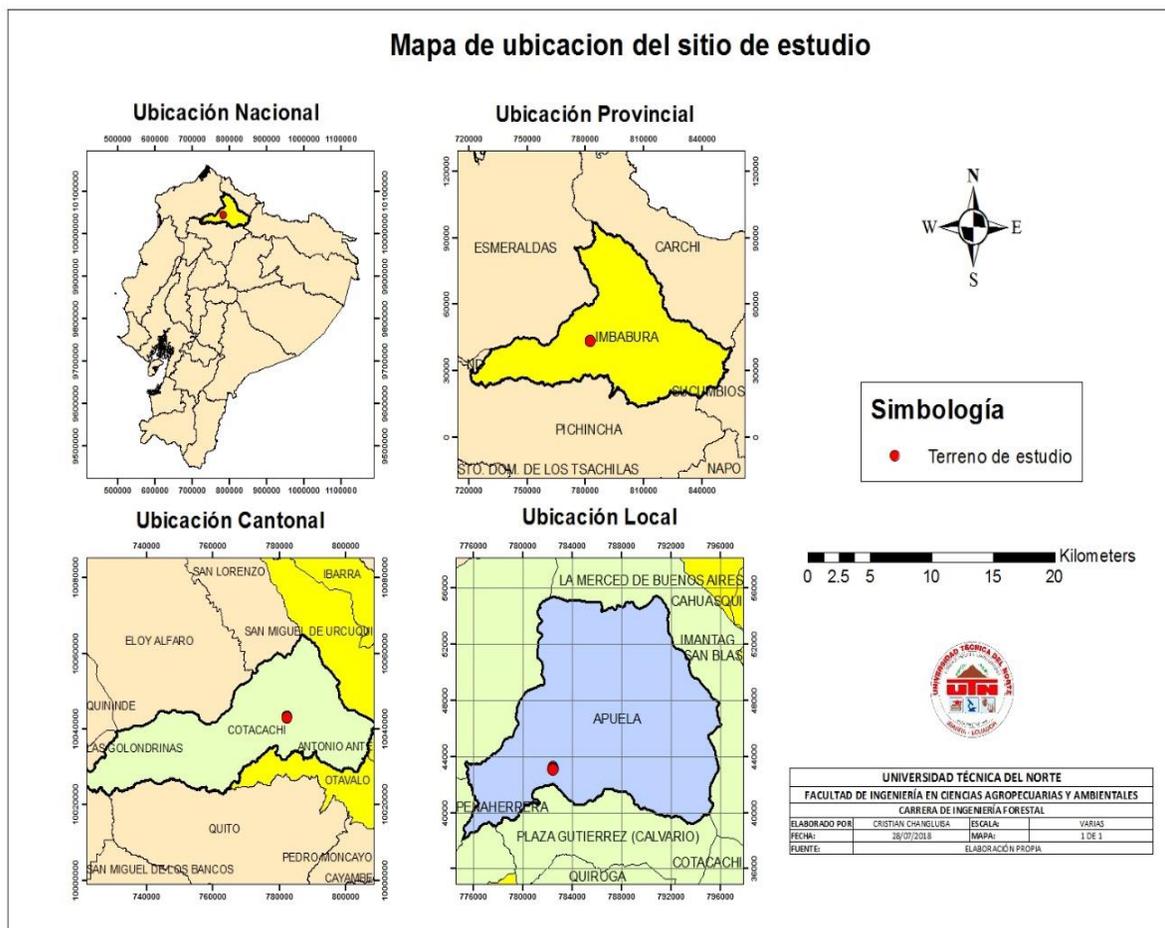


Figura 2. Mapa de ubicación del sitio de estudio.

3.1.2 Geográfica.

El predio de Don Miguel Sierra se encuentra localizada a una latitud de 0°21'55"N, una longitud de 78°29'29" W y altitud los 2100-2350 m.s.n.m (Registro de Campo, 2018).

3.1.3 Límites.

El predio de Don Miguel Sierra limita al Norte: comuna de Santa Rosa, al Oeste: con la propiedad de Eladio Almeida, al Este: con la propiedad de Mesías Játiva y al Sur: con la vía irubí (Sierra, comunicación personal, 2018).

3.2 Datos climáticos

En el sector de Pucará, el relieve presenta montañas, depresiones y llanuras, con una pendiente de 32 – 42 %. El clima que presenta es templado húmedo, con una precipitación media anual de 1500 a 1750 mm y temperaturas promedio entre 18°C a 20°C. Además, se puede evidenciar una época seca entre los meses de junio y septiembre y otra época lluviosa en los meses de octubre a mayo (PDOT-GAD Apuela, 2015).

Al no registrar una estación meteorológica cerca, se consideraron los datos de precipitación mensual y total del sector de Puranquí; aledaño al sitio de estudio, del registro levantado y facilitado por Charles Venator (2018) que muestra el Anexo 1.

3.3 Materiales, equipos y software

3.3.1 Materiales.

- Hoja de campo
- Machete
- Útiles de escritorio
- Tableros de campo
- Fundas plásticas
- Martillo y clavos
- Rótulos de tol
- Estacas (Para balizar)

- Pintura y brochas
- Piola color rojo

3.3.2 Equipos.

- GPS
- Hipsómetro de Suunto
- Cámara fotográfica
- Grabadora de voz
- Cinta métrica
- Podadora aérea
- Binoculares Bushnel 20x
- Computadora
- Brújula

3.3.3 Software.

- Microsoft office
- SAS Planet
- ArcGis 10.3
- InfoStat 2008

3.4 Metodología

3.4.1 Delimitación del área de estudio.

Se desarrollaron tres exploraciones de campo guiadas, alcanzando el objetivo de ubicar el predio del Sr. Miguel Sierra, quien a través de una entrevista manifestó la presencia la especie forestal “cascarilla” (*C. pubescens* Vahl) dentro del sitio (Sierra, comunicación personal, 2018). Una y recolección de muestras en el sitio, permitió la identificación botánica de la especie, la cual la realizó el Ing. Walter Palacios, dendrólogo reconocido del Ecuador (ver Anexo 2).

En el predio se determinó dos ecosistemas forestales con presencia adecuada de la especie. El primero identificado como sistema silvopastoril de práctica: árboles dispersos en pasturas

(Loján, 1990); y cercana a la misma, un remanente boscoso (bosque secundario). Los puntos del área de estudio fueron tomados con GPS Garmin 64s, y proyectados mediante el software ArcMap 10.5, obteniendo una extensión de 1,84 ha y 1,52 ha respectivamente (ver Anexo 3). Para garantizar la seguridad de la investigación, previamente se acordó evitar el aprovechamiento de los individuos objetos de estudio con el propietario, como lo sugiere Ramírez y Álvarez (2000).

3.4.2 Población.

Se estimaron poblaciones tanto en Sistema silvopastoril de práctica: árboles dispersos en pasturas; que a partir de aquí solo se mencionará al sistema como tal, y bosque secundario con la fórmula de densidad poblacional (ecuación 1).

$$D = N/A$$

Ecu. (1)

Fuente: (BOLFOR, Mostacedo, & Fredericksen, 2000)

Donde:

D= Densidad poblacional
N= Número de individuos
A= Área determinada

En ambos casos se realizaron parcelas al azar de 500 m² y se registró el número de individuos de *C. pubescens*, los datos obtenidos se analizaron mediante Excel, de esa manera se obtuvo las densidades poblacionales de 0,023 ind/m² para sistema silvopastoril, y 0,002 ind/m² para ecosistema de bosque secundario. Con estos valores fue posible estimar la población existente de la especie respectivamente como muestra la tabla 3.

Tabla 3*Poblaciones de los sitios de estudio*

Ecosistema	Densidad	Extensión (m²)	Población estimada
S. silvopastoril de práctica “árboles dispersos en pasturas”	0,023	18477	425 individuos
Bosque secundario	0,002	15291	31 individuos

Nota: el número de individuos ha sido redondeado, puesto que esta magnitud no permite decimales.

Elaborado por: El Autor

3.4.3 Tamaño y selección de la muestra

Para la evaluación fenológica de la especie *C. pubescens*, se tomaron muestras de 15 individuos en sistema silvopastoril y 7 individuos en Bosque secundario (ver Anexo 4) de acuerdo con Fournier y Champartier (1978) y Hechavarría (1998), quienes mencionan la selección mínima de 5 especies en orden de aparición. Además, se consideró ciertos aspectos metodológicos como: árboles fenotípicamente sanos, ubicación respecto al área de estudio, facilidad de ingreso, capacidad reproductiva, cantidad de individuos disponibles.

El método de selección de la muestra se lo realizó con adaptaciones acorde a las condiciones de los ecosistemas seleccionados. Se han tomado en cuenta criterios metodológicos planteados por Hechavarría (1998); BOLFOR y otros (2000); Lombardi y Navarrete (2001) y se han combinado sus aportes de manera que:

3.4.3.1 Método de selección del Sistema silvopastoril.

Debido a que el número de árboles fue suficientemente amplio, la selección de los individuos se la realizó trazando tres transectos de 10x100 m en sentido Este – Oeste, con una separación de 50 m entre ellos. Se levantaron parcelas circulares de 12,56 m de radio con una separación de 20 m entre parcelas. Se evaluaron los individuos de la especie *C. pubescens* dentro de la parcela mediante análisis multicriterio y se registró los resultados en matriz de campo (ver Anexo 5). Los criterios evaluados fueron calificados como de acuerdo con la siguiente tabla 4.

Tabla 4*Crterios de evaluaci3n fenot3pica para los individuos de C. pubescens*

Crterios		Calificaci3n
Rectitud de fuste	4	Recto y cil3ndrico
	3	Ligeramente torcido
	2	Torcido
	1	Muy torcido
3ngulo de inserci3n de las ramas	4	De 60° a 90°
	3	De 30° a 60°
	2	De 0° a 30°
Forma de la copa	4	Columnar
	3	Semicolumnar
	2	Columnar irregular
	1	Pocas ramas
Estado fitosanitario	4	100 % sano
	3	75 % sano
	2	50 % sano
	1	25 % sano

Fuente: Lombardi (2001).

El an3lisis permiti3 calificar al individuo m3s apto dentro de cada parcela para ser evaluado fenol3gicamente. Esta actividad se la replic3 hasta completar un total de quince parcelas (cinco por transecto), con lo cual se logr3 la selecci3n de los 15 individuos muestra, para la observaci3n fenol3gica.

3.4.3.2 M3todo de selecci3n del Bosque secundario

Para esta formaci3n vegetal, al no tener un conocimiento claro de la distribuci3n de la especie dentro del mismo, la selecci3n de los individuos se la realiz3 trazando cinco transectos de 20 m de ancho en sentido Norte – Sur, con una separaci3n m3nima de 20 m entre los mismos. La longitud de los transectos dependi3 de la aparici3n de los individuos a lo largo del mismo. Se aplico el an3lisis multicriterio anterior en parcelas circulares de 14 m de radio. Se logr3 la selecci3n de 7 individuos separados considerablemente (m3nimo 20 metros entre ellos), cumpliendo as3 con las principales especificaciones de Fournier y Charpantier (1975); Echavarria (1998)

3.4.3.3 *Rotulado*

En ambas formaciones vegetales, los individuos seleccionados se etiquetaron con placas de metal atadas con una piola plástica alrededor del árbol (ver Anexo 6). La etiqueta cuenta con: el código de la formación vegetal, número de transecto y árbol. Además, se registró las coordenadas del individuo, así como el punto de observación para la evaluación de las variables fenológicas con ayuda de GPS Garmin 64s.

3.4.4 **Evaluación fenológica.**

3.4.4.1 *Tiempo y técnica de seguimiento.*

En ambas formaciones vegetales la evaluación del comportamiento fenológico se registró en el periodo comprendido entre abril 2018 – mayo 2019, con una frecuencia de observación quincenal.

La evaluación fenológica se realizó mediante una variante metodológica del método semicuantitativo propuesto por Fournier (1974) y posterior el estudio fenológico realizado por Fournier y Charpantier (1975). Las observaciones de cada individuo se realizaron dividiendo la copa en cuatro cuadrantes equitativos; como se muestra en la figura 3.

Tabla 5
Escala de valoración de fenofases

Escala	Estado del fenómeno
0	Ausencia de la fenofase.
1	Presencia de la fenofase entre 1 – 25%
2	Presencia de la fenofase entre 26 – 50%
3	Presencia de la fenofase entre 51 – 75%
4	Presencia de la fenofase entre 76 – 100%

Fuente: Fournier (1974).
Elaborado por: El Autor

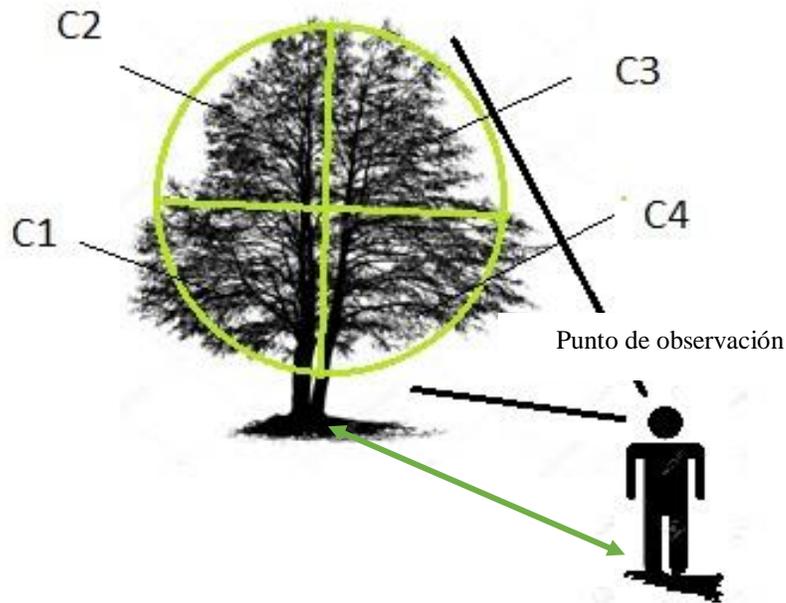


Figura 3. Método de evaluación individual del árbol

Fuente: Aponte y Sanmatin, (2011).

En cada cuadrante se evaluaron las diferentes variables con escala Fournier (Tabla 5). Los valores fueron tomados con binoculares marca: Bushnell 20x (aumento: 20x, objetivo: 25mm) desde un mismo punto de observación, registrados en una hoja de campo (ver Anexo 7) y digitalizados para su análisis conjunto.

3.4.4.2 Variables de evaluación

La investigación; al ser de tipo cualitativa, analiza variables de la misma orientación. Las características fenotípicas expresan cualidades observables con patrones de manifestación definidos por las condiciones ambientales del sitio. Estos patrones conocidos como fenofases, son las variables que se evaluaron en este estudio. Para el desarrollo del estudio se consideraron las variables y especificaciones de la tabla 6. Mismas que fueron estimadas de acuerdo la percepción de un solo observador.

Tabla 6
Variables de evaluación fenológica.

	Evento	Fenofase	Descripción
Fase vegetativa	Foliación	Brotadura	Aquella aparición de pequeñas hojas iniciales que aparecen después del hinchamiento de la yema; se identifica por la diferencia de color.
		H. Madura	Hojas que han cumplido con su desarrollo, presentan tamaño y forma definitivos de su limbo.
	Floración	F. Botón	Formación del pedúnculo de la inflorescencia y botones o primordios florales.
F. Adulta		Desde la apertura de la flor, hasta la caída de sus pétalos.	
Fase reproductiva	Fructificación	F. Joven	Formación del fruto luego de la caída de pétalos, proceso franco de desarrollo del óvulo fecundado.
		F. Maduro	Se observa cambio de color, tamaño u otros aspectos que demuestran madurez.
		F. Abierto	En frutos dehiscentes, la apertura de las valvas que forman la cápsula del fruto

Fuente: Hechavarría (1998).

3.4.4.3 *Análisis de resultados.*

Con los valores que se identificaron con la escala Fournier (1974), se determina el Índice Promedios quincenal, individual (IP_i) y total (IP) por cada fenofase mediante las ecuaciones 1 y 2, que expresan la masividad de la fenofase (Tabla 7). Además, con la asignación de aquellos valores se calculó el porcentaje de manifestación quincenal correspondiente a cada muestra de la especie, empleando la ecuación 3 (Anexo 8).

$$IP_i = \frac{\sum \text{valor de escala} \times \text{individuo}}{n \times 4}$$

Ecu. (2)

Fuente: Hechavarría (1998).

Donde:

IP_i = Índice promedio quincenal individual
 \sum = sumatoria valores Fournier de cada individuo
n = número de cuadrantes

$$IP = \frac{(IP_{i1} + IP_{i2} + \dots + n)}{n}$$

Ecu. (3)

Fuente: Hechavarría (1998).

Donde:

IP = Índice promedio quincenal total
IPi = Índice promedio quincenal individual
n = número total de individuos evaluados

Tabla 7

Masividad de la fenofase de acuerdo con rango IP

Nivel IP	Significancia
< 1	Masividad débil
1 y < 2	Masividad media
≥ 2	Masividad intensa

Fuente: Hechavarría (1998), adaptado por Cué y Rodríguez (2018).

Elaborado por: El Autor.

$$P = \left(\frac{\sum a_{ij}}{n \times 16} \right) \times 100$$

Ecu. (4)

Fuente: (Cárdenas y otros, 2015)

Donde:

P= porcentaje ponderado quincenal de la fenofase (%)
 $\sum a_{ij}$ = sumatoria de todos los valores reales de la escala de cada individuo
i= individuos
j= fenofases
n= número muestral
16= valor máximo que puede alcanzar un individuo en una fenofase

3.4.5 Diseño del calendario fenológico

El calendario fenológico se realizó con la información resultante del comportamiento fenológico vegetativo y reproductivo de los doce meses de investigación, la información fue ordenada y sistematizada en matrices individuales para cada especie. La representación de cada evento se realizó con escala Fournier (1974) en base al porcentaje de manifestación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación fenológica de la especie *C. pubescens* Vahl del sector Pucará Alto en Intag, por un año, mostró los siguientes resultados:

4.1 Sistema silvopastoril

De acuerdo con Loján (1990), este S. silvopastoril se desarrolla en la práctica denominada “Árboles dispersos en pasturas”. El comportamiento fenológico de la especie se encuentra disperso en el terreno en combinación con pasturas.

4.1.1 Foliación

Las copas de los individuos no se mostraron desprovistas de hojas a lo largo del año. Por cuanto, la foliación presentó las fenofases analizadas durante todo el periodo de estudio, en diversos grados. Cabe recalcar que estos grados fluctuaron sobre el 50%, reflejando un comportamiento de especie perennifolia, similar comportamiento registra Villar, Marcelo y Baselly (2018), en *C. offinalis*.

En cuanto a la fenofase brotadura la masividad se mantuvo intensa, se observó presencia permanente de yemas foliares durante todo el año con un rango entre 50 – 70%, es preciso mencionar que entre finales de enero y mediados de abril la manifestación de la brotadura muestra un descenso interesante, aunque no menor al 40% (ver Figura 4). Se asume que este declive se relaciona a la producción de botones y flores adultas que ocurre dicho periodo.

Esta relación entre el descenso en la producción de forraje y la producción de flores ha sido registrada ya en varios estudios realizados en el trópico. Fournier (1969), estudió fenología en las diferentes localidades de Costa Rica donde encontró una correlación negativa entre la presencia de follaje y la floración. Esto debido a la propia fisiología del individuo, de forma que al entrar en periodo de floración los objetivos de los tejidos y funciones de la planta se alteran, en respuesta una menor producción de hojas para poder desarrollar, proteger y reservar energía para la futura producción de flores y frutos, conocida como fenología reproductiva.

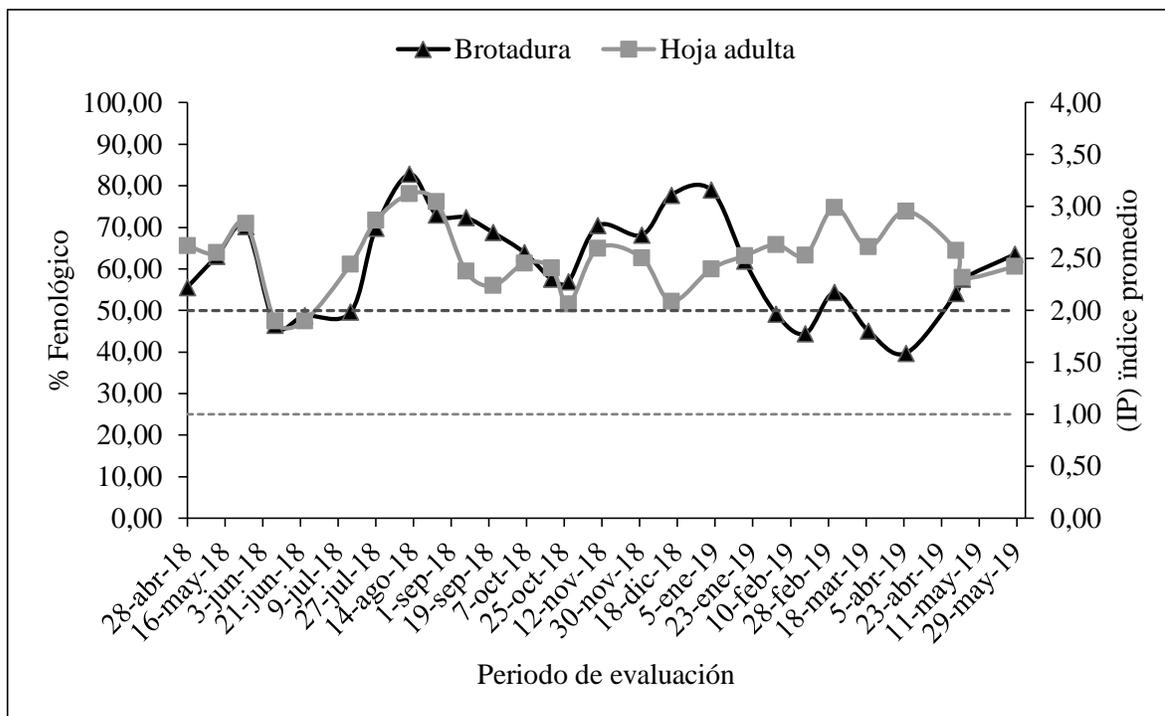


Figura 4. Representación gráfica del evento: Foliación de *C. pubescens* en sistema silvopastoril.
Nota: Masividad baja (IP = <1); media (IP = 1 < 2); intensa (IP = > 2).

La actividad de hoja madura se mantuvo intensa en un promedio de 60%; el pico más bajo registrado es del 47% en el mes de junio, por lo cual estas se registraron todo el año de manera abundante (Figura 4). Característica que, según Gómez (2010) define a la especie como perennifolia. Este comportamiento se justifica dado a la producción permanente de brotadura registrada y el constante reemplazo de follaje adulto que no se vio afectado por variaciones climáticas.

Franco (1978) al estudiar fenológicamente 28 especies forestales, encontró que existen especies que brotan hojas antes de que caigan las viejas, presentando sus copas provistas de hojas durante todo el año. De igual forma Villasana y Suarez (1997) dentro de la reserva forestal Imataca en Venezuela, determinaron la presencia de hojas maduras por encima del 50% durante todo el año en las especies estudiadas, lo cual refleja características de especies siempre verdes del bosque.

4.1.2 Floración

La especie refleja este comportamiento entre los meses enero - mayo, donde se registró la presencia de lluvias con precipitaciones entre 220-350 mm (ver Anexo 1). Durante el estudio fue la única época que se observó la ocurrencia del fenómeno, esta sincronía durante un corto periodo de tiempo define al evento como una floración en masa de acuerdo con lo expuesto por Proenca y Gibbs, citados por Ceferino (2016).

En cuanto la flor en botón comienza a hacerse evidente por el mes de enero (<10%), la especie comienzan su etapa de floración, que tiene una duración de cinco meses. Los botones florales (ver Anexo 9) alcanzaron su máxima actividad en el mes de abril con un 56% de manifestación, que se clasifica como intensa según la equivalencia IP planteada por Hechavarría (1998). Para los meses subsiguientes la masividad de la flor en botón desciende paulatinamente, hasta desaparecer en junio.

Solo un mes después de haber iniciado los botones florales su manifestación, se pudo evidenciar los primeros indicios de flor adulta (<1%). Luego, para los meses de abril y mayo la masividad de este fenómeno pasó de media a intensa respectivamente. El pico máximo registrado corresponde al 59% en el mes de mayo, en adelante se observó el declive del fenómeno hasta perderse por completo para finales de julio (ver Figura 5). De manera que, el desfase de tiempo que tiene el inicio, punto máximo y desaparición de flor adulta con su fenofase predecesora es de un mes. Con lo cual se infiere que el tiempo de desarrollo y formación de la flor, desde que se encuentra en botón hasta que se abre para mostrar su color rosa (ver Anexo 9) y desprender su olor en particular dulce y agradable, es un mes aproximadamente.

El comportamiento de este evento se asemeja no solo a comportamientos registrados de la misma especie en condiciones similares, si no también, de otras especies del género *Cinchona* (Acosta, 1950), y Rubeaceas afines que comparten altitudes desde los 1800 hasta los 3000 m.s.n.m. Al estudiar la floración de *C. officinalis* en diferentes relictos boscosos de la provincia de Loja, Padilla (2017) registró la presencia del evento durante todo el periodo de evaluación en los diferentes relictos. Aunque, la mayor ocurrencia del fenómeno se concentra en los meses de abril-mayo que coincide con *C. pubescens* analizada en esta investigación. Las manifestaciones espontaneas registradas por Padilla (2017) durante su estudio, fueron indistintas

en cada relicto, fenómeno que no se comparte en el sistema silvopastoril de *C. pubescens*. Esto debido a la espontaneidad que esta especie refleja, la cual es influenciada por estímulos ambientales y mecanismos genéticos y fisiológicos como lo plantea Aguirre, Díaz y Palacios (2015).

Varias especies arbóreas de Rubiaceas comparten de igual manera la ocurrencia de este evento analizado. Reynel y otros (2003) en las especies arbóreas de esta familia que analiza, reflejan que la floración se manifiesta con mayor frecuencia en los meses de abril -agosto, entre la época lluviosa e inicio de época seca. En Borhidi y Pérez (2008) de igual forma, se percibe que varias especies de Rubiaceas que comparten similitud en su estructura morfológica, también notan su floración en el periodo marzo-julio.

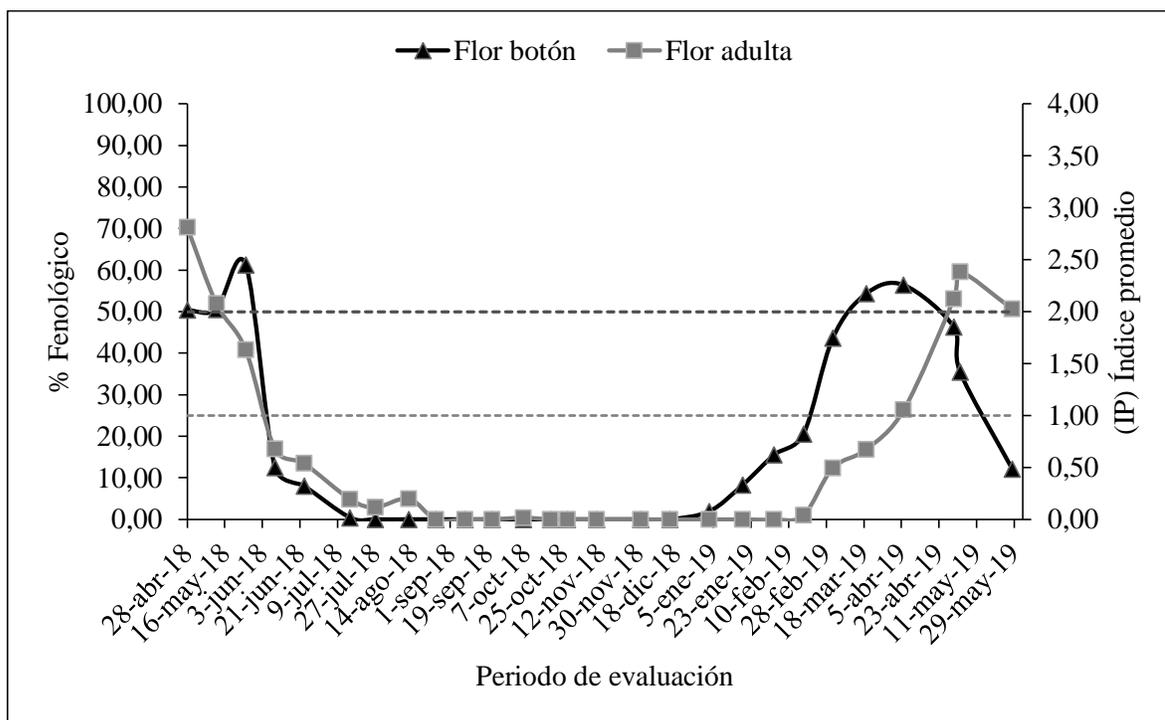


Figura 5. Representación gráfica del evento: Floración de *C. pubescens* en sistema silvopastoril.

Nota: Masividad baja (IP = <1); media (IP =1 y < 2); intensa (IP = > 2).

4.1.3 Fructificación

El proceso de desarrollo de frutos en la especie se hizo visible con manifestación media desde junio. La fructificación plena alcanza el 67% en octubre, el periodo que manifiesta mayor presencia de frutos maduros se concentra en septiembre-noviembre. La presencia de este evento

fue evidente durante seis meses, información que se corrobora con lo publicado por Acosta (1950), quien en sus expediciones manifiesta la cosecha y secado de frutos por parte de los campesinos en los meses comprendidos de julio-octubre. Aunque, debido a su amplia distribución Purslove (1968); Aguirre y *otros* (2015); Padilla (2017) mencionan que la especie puede producir tanto fruto como semilla durante todo el año, en las diferentes condiciones de su distribución.

En junio la ocurrencia de frutos jóvenes (ver Anexo 9) se registró con un 43% de manera que refleja una masividad media, de julio a septiembre la producción se intensifica, el pico máximo registrado en agosto supera el 70%. Posterior, se evidenció un descenso paulatino del fenómeno en los meses subsiguientes, hasta su ausencia en el mes de diciembre. Los frutos maduros se hicieron evidentes con manifestación baja menor al 20% entre junio-agosto, posteriormente para los meses de septiembre a noviembre la especie alcanzó su plena fructificación, mostrándose con manifestación intensa en este periodo (Figura 6). El pico superior alcanzó el 67% en octubre, donde la mayoría de frutos alcanzan una coloración rojiza carmesí, en racimos densos (ver Anexo 9), esta característica de los frutos se traduce como la completa formación de las estructuras que conforman el mismo. Los frutos permanecen en este estado por un corto periodo de tiempo, 4 – 6 semanas antes de iniciar su dehiscencia y caída natural de los mismos. Por lo cual este es el periodo idóneo para la recolección de frutos maduros. Valga la aclaración, al mencionar que este evento reproductivo de la especie tuvo lugar en la denominada época seca.

Acosta (1950), menciona que la recolección de semillas de *Cinchona* debe hacerse antes de que las capsulas se abran, con mayor frecuencia en los meses julio-octubre. La fructificación en *C. officinalis* registrada por Padilla (2017) sucede durante todo el año de forma indistinta en los diferentes relictos analizados, sin embargo, entre los meses de junio-agosto la frecuencia de este evento es mayor. En ningún caso la fructificación coincide del todo con la analizada en esta investigación. Esto pudo deberse a causas inmediatas generadas por estímulos ambientales o mecanismos genéticos y fisiológicos que determinan la función de un fenotipo argumento planteado por Aguirre y *otros*, (2015). O deberse, a la existencia de marcadas diferencias en las fenofases entre especies e inclusive individuos de la misma especie, además de la influencia de

factores de latitud y longitud, tipo de suelo, competencia, horas luz; expuestos por Cabrera y Ordoñez (2004).

La dehiscencia se hace evidente solo un par de semanas después de los primeros indicios de fruto maduro. La permanencia de las cápsulas abiertas en los individuos es durante todo el año, manteniendo promedios de manifestación intensos (>50%) en los meses diciembre - enero consecutivos a la maduración de los frutos. A partir de estos meses la masividad de esta fenofase comienza a descender, manteniéndose entre el 20 y 30% durante los siguientes tres meses. Finalmente declina su masividad hasta débil para el mes de junio.

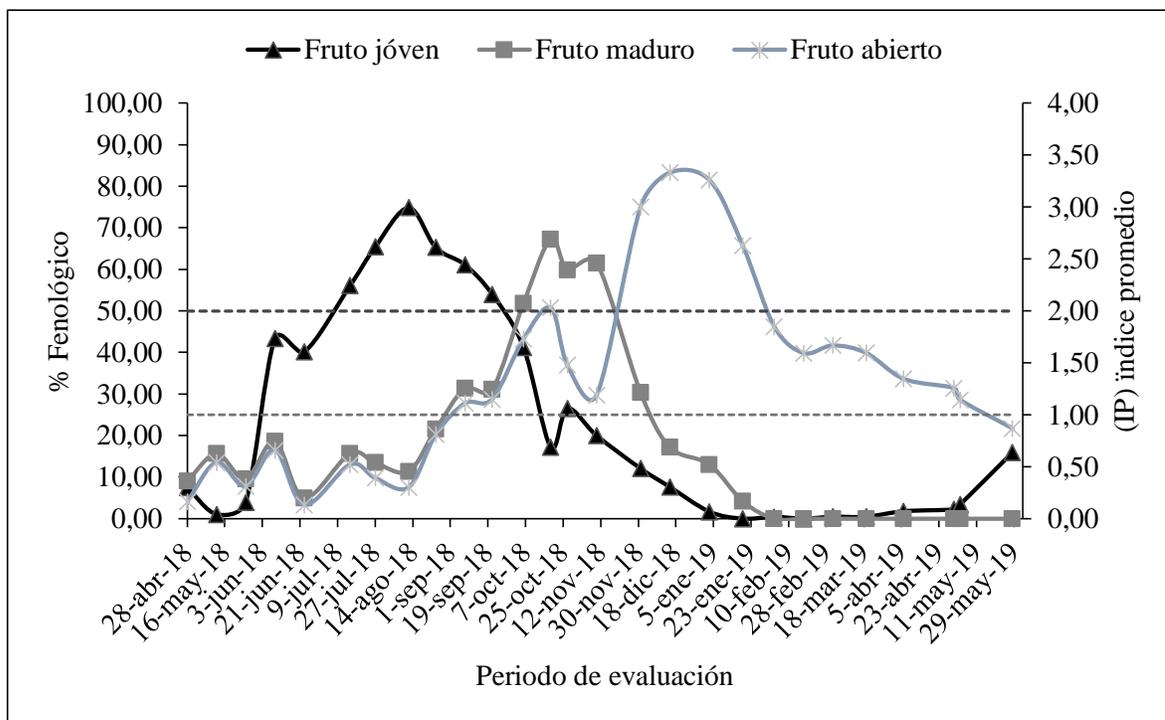


Figura 6. Representación gráfica del evento: Fructificación de *C. pubescens* en sistema silvopastoril.

Nota: Masividad baja (IP = <1); media (IP = 1 y < 2); intensa (IP = > 2).

4.2 Bosque secundario

4.2.1 Foliación

La especie desarrollada en condiciones de bosque secundario, registró una carga foliar de mayor intensidad que el sistema analizado anteriormente. La ocurrencia de brotes foliares no llegó a ser débil en ningún momento, su producción varió entre media e intensa durante todo el

año. Los valores máximos que se registraron fueron en septiembre (73%) y en diciembre (85%). Esta producción también permite una presencia permanente de hojas en completa formación (hojas maduras), el comportamiento perenne es propio de su género y especie, si se analiza la información expuesta por Pérez, Jiménez y Fonfría (2004).

Una actividad de brotadura mayor al sistema silvopastoril puede deberse a fenómenos meteorológicos y bióticos, adicional la interacción propia de estos, así lo expresa Aguirre y *otros* (2013). Por un lado, las precipitaciones comenzaron en septiembre (25mm), luego el mes con mayor precipitación fue noviembre (278mm). Además, las condiciones de bosque secundario conllevan a la especie a verse en competencia con otras. En el estrato superior las copas captan la mayor cantidad de agua, los árboles son coposos y cargados, más cuando hay lluvias para poder captar e infiltrar la mayor cantidad de agua y mantener la humedad dentro de su sistema. Aguirre y *otros* (2013) manifiestan que, cuando existen lluvias la disposición tanto de agua como nutrientes es mayoritaria, con lo que las especies logran producir la energía necesaria para una carga foliar mayor.

La manifestación de las hojas maduras fue observada durante todo el periodo de manera abundante, los puntos máximos sobrepasan el 80% en los meses julio-agosto y el 70% en los meses marzo-abril. La pérdida de hojas de la especie no es apreciable debido a su baja manifestación y su reemplazo constante. Jackson citado por Gómez (2010), propuso un modelo para explicar el comportamiento de la sustitución foliar en plantas tropicales; teniendo en cuenta la intensidad de las variaciones estacionales en la temperatura y la humedad relativa del aire (que varía de acuerdo con la precipitación). El modelo presupone que, en un clima no estacional, el comportamiento más ventajoso sería que las hojas viejas permanecieran fotosintetizando hasta la emergencia de las nuevas, lo que explicaría el patrón observado en *C. pubescens*.

Es importante mencionar que cuando la brotadura alcanzó su pico más elevado en diciembre la producción de hojas maduras marcó su pico mínimo (40%), este declive ocurrido en diciembre es corroborado por Villasana y Suárez (1997) que registran el mismo efecto en varias especies arbóreas. En este punto la trayectoria de las variables en la gráfica cambia, se vuelve negativa para la brotadura; entendiéndose como un declive de su producción, y asciende paulatinamente en el tiempo para la variable hoja madura. Habiendo entendido eso se permite

suponer que la formación y desarrollo de hojas maduras en la especie *C. Pubescens* tarda dos meses aproximadamente.

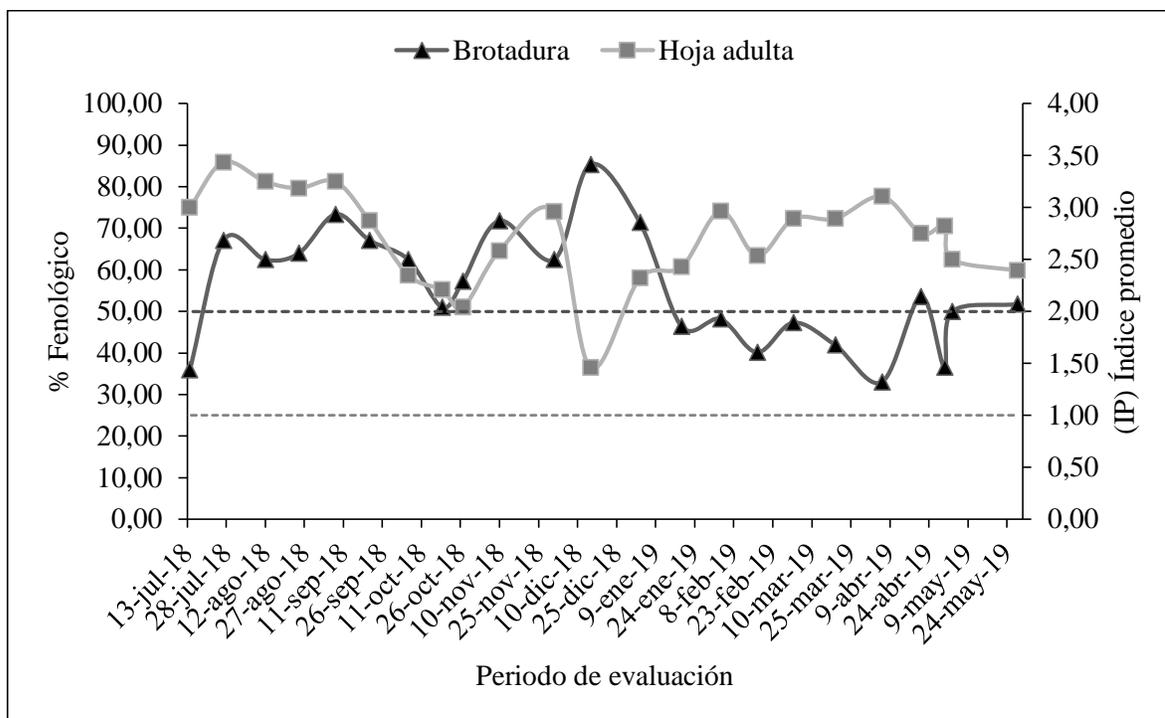


Figura 7. Representación gráfica del evento: Foliación de *C. pubescens* en bosque secundario.

Nota: Masividad baja (IP = <1); media (IP =1 y < 2); intensa (IP = > 2).

4.2.2 Floración

El evento registró su mayor concentración una vez en el año con una duración de cinco meses, característica de una floración en masa. Aun que se registraron periodos variables de manifestación en los meses de julio y octubre, estos no llegan a mostrarse por encima del 10%, siendo esta una manifestación esporádica que no se relaciona a las variables meteorológicas del sitio, corroborado por Padilla (2017). La flor en botón fue evidente desde diciembre con una intensidad baja (<5%), para los siguientes meses el fenómeno aumentó hasta un máximo de 61% en abril. La fenofase flor adulta, comenzó a aumentar su tendencia desde el mes de febrero, el desarrollo de la masividad pasó de media a intensa en los siguientes meses marzo-abril. La mayor producción del fenómeno se registró con un porcentaje del 60% en el mes de mayo (ver Figura 8). La ocurrencia del evento se mostró en los meses donde las lluvias fueron menores.

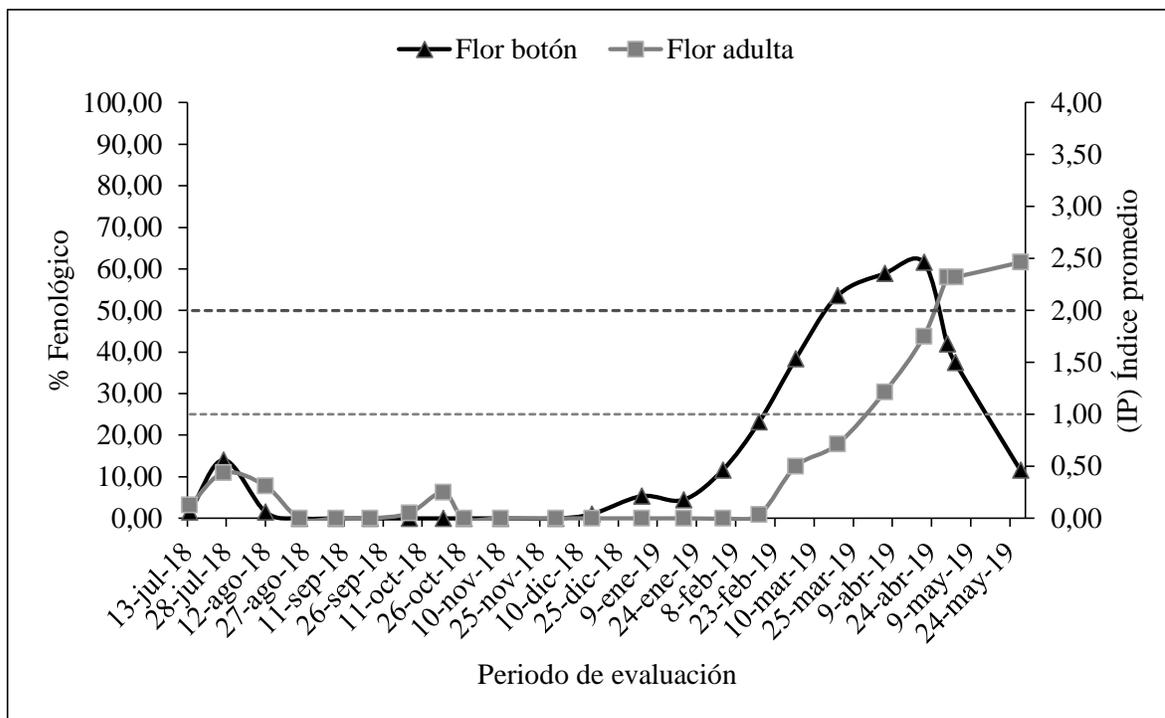


Figura 8. Representación gráfica del evento: Floración de *C. pubescens* en bosque secundario.

Nota: Masividad baja (IP = <1); media (IP =1 y < 2); intensa (IP = > 2).

El periodo de floración que comprende la flor en botón y adulta se concentra de enero a mayo guardando similitud con el anterior sistema. La manifestación coincide siendo intensa ambos casos, lo que puede suponer que la ocurrencia de este evento fenológico sea propia de la especie *C. pubescens* y de su género *Cinchona*. Además, varias especies colonizadoras comparten esta característica, donde la ausencia de lluvias y aumento de temperatura estimula la producción de flores. Plana (2013) menciona que, el estrés hídrico que se genera sobre la especie en esta temporada hace que los objetivos de producción fisiológica del individuo cambien, las especies reaccionan almacenando energía, para lo cual florece y produce frutos para perpetuar su existencia.

Padilla (2015), corrobora este hecho, reflejando floración de *C. Officinales* en la temporada seca, además Acosta (1950), dentro de su estudio en *Cinchonas* refleja la ocurrencia de la floración con mayor frecuencia en los meses de abril y mayo.

4.2.3 Fructificación

La fructificación en este ecosistema llegó a una masividad media, concentrándose entre los meses de septiembre-diciembre. A pesar de la actividad intensa de frutos tiernos (>80%) percibida de agosto a octubre, la producción de frutos maduros aptos para la cosecha no es de tal masividad, lo que da a entender que, alrededor del 40% de frutos tiernos logran completar su desarrollo (ver Figura 9). Los porcentajes pueden verse disminuidos por factores como: disponibilidad de luz, posición del individuo en el dosel, competencia, humedad relativa; expuestos en Aguirre y *otros* (2013). Por otro lado, la producción de este evento en este ecosistema es menor al anterior, este hecho es reflejado en varios estudios, entre ellos Günter, Stimm y Weber (2004), registra una mayor intensidad de los eventos, en un ecosistema intervenido que en condiciones de bosque.

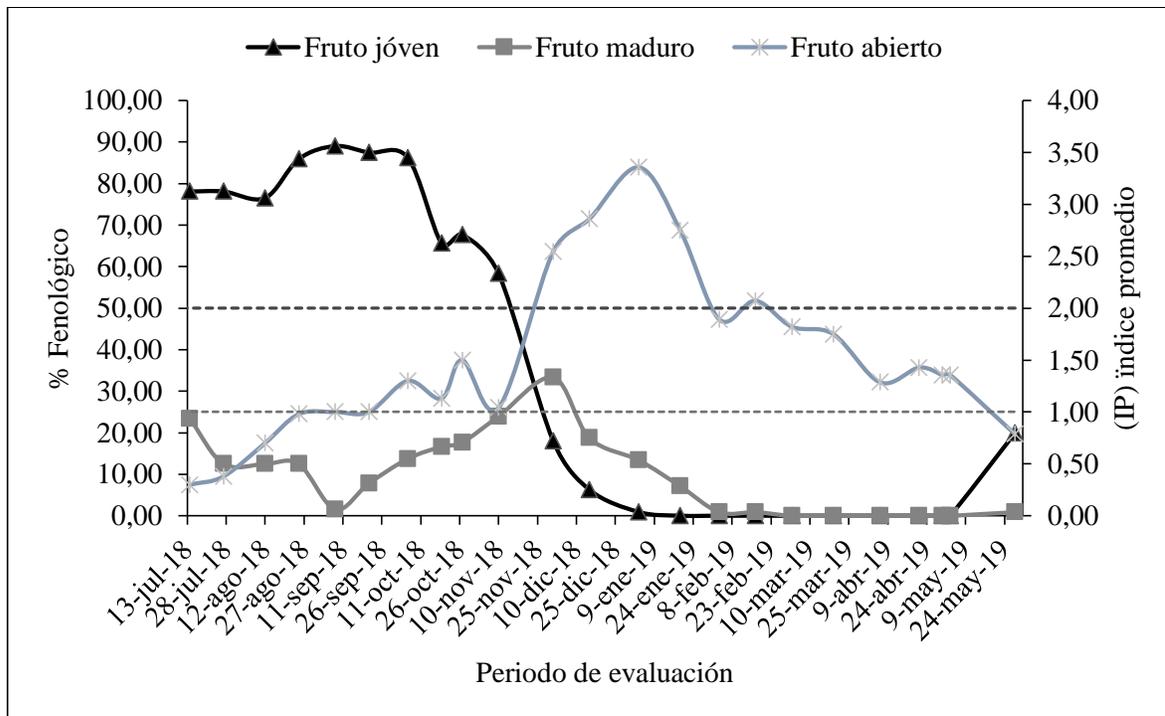


Figura 9. Representación gráfica del evento: Fructificación de *C. pubescens* en bosque secundario.

Nota: Masividad baja (IP = <1); media (IP = 1 y < 2); intensa (IP = > 2).

Por lo tanto, los meses óptimos de recolección de semillas de esta especie *C. pubescens* en bosque secundario, están comprendidos entre mediados de octubre y diciembre. Cabe recalcar que la maduración de frutos en este ecosistema es paulatina, por tal se puede encontrar estas estructuras desde finales de agosto en porcentajes bajos (<15%).

La manifestación de frutos abiertos fue intensa en los meses de diciembre a enero, registrando valores entre 50% y 80% respectivamente. Para los siguientes meses la permanencia de frutos abiertos declina paulatinamente (ver Figura 9), es preciso mencionar una mayor permanencia de frutos abiertos en el individuo en época lluviosa, esto debido a la disminución de los vientos y el fortalecimiento de las estructuras en ambientes fríos. La ocurrencia de este evento coincide con la información que plantea Villar y otros (2018), sobre la fenología de *C. Officinalis*.

4.3 Calendario fenológico de *C. pubescens* Vahl.

Con la información obtenida, se elaboró el calendario fenológico de la especie en dos formaciones vegetales del sector de Pucará Alto. Pudiendo servir como herramienta guía en la planificación de actividades de colecta o propagación vegetativa para el correcto manejo silvicultural de la especie.

4.3.1 Calendario fenológico en sistema silvopastoril

En la figura 10 se muestra la ocurrencia de las fenofases estudiadas en *C. Pubescens* en los meses comprendidos entre abril 2018 y mayo 2019, de la práctica silvopastoril denominada Árboles dispersos en pasturas. Se aprecia la presencia de foliación permanente en sus fenofases analizadas, la floración ocurrió con mayor intensidad en los meses de abril-mayo en cada año. El periodo de fructificación comienza desde junio con la fenofase fruto joven, en medida de su desarrollo se determinó el periodo de recolección de semilla en el periodo septiembre-noviembre 2018.

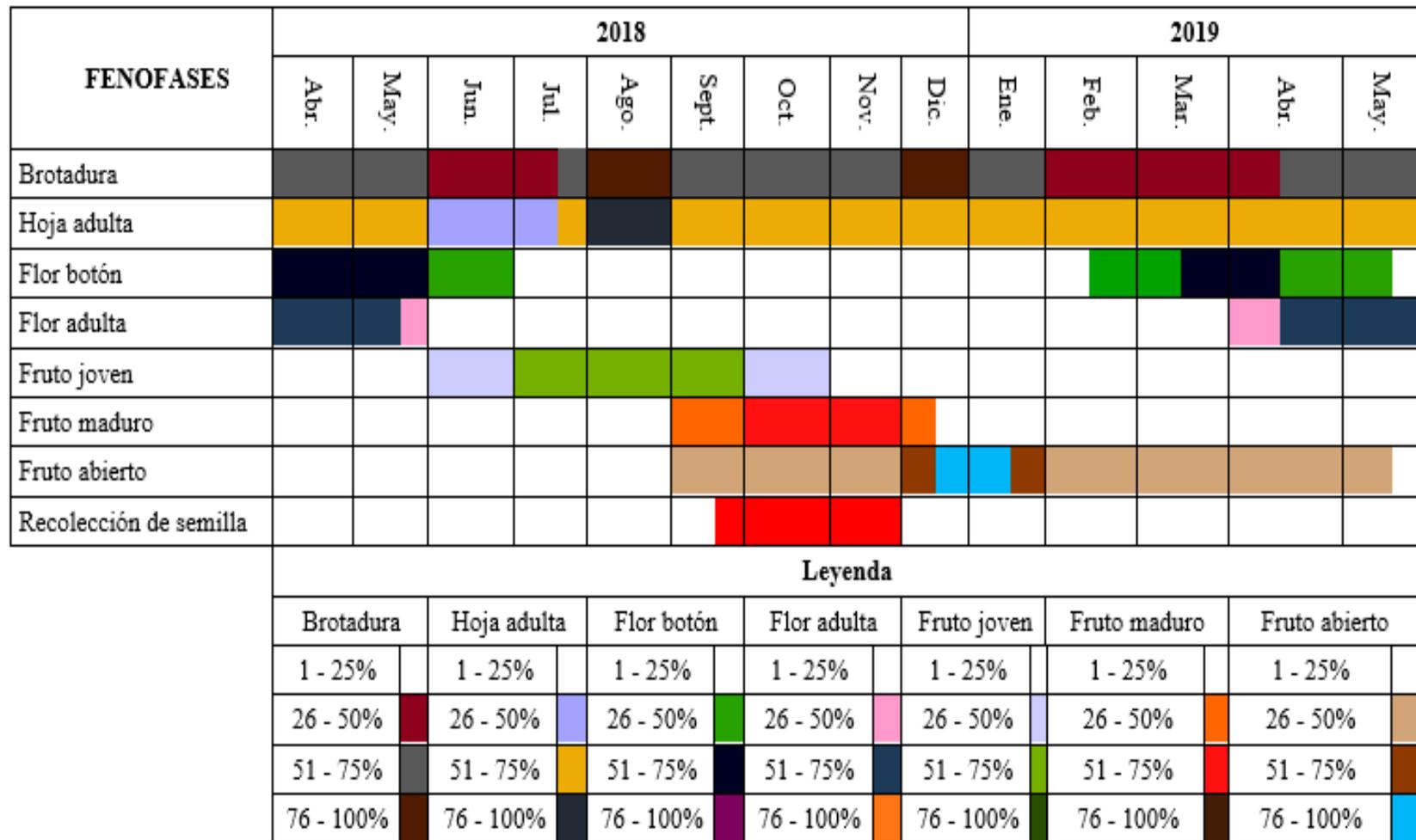


Figura 10. Calendario fenológico de *C. pubescens* en sistema silvopastoril.

4.3.2 Calendario fenológico en Bosque secundario

En este ecosistema las fenofases se registraron en el periodo entre junio 2018 y mayo 2019. En la figura 11 se expone, la presencia continua las fenofases relacionadas a la foliación; la ocurrencia de la floración entre los meses de marzo a mayo; un periodo de fructificación comprendido de junio a diciembre, con una mayor manifestación de la fenofase fruto joven. El periodo de recolección de semilla se determinó en los meses octubre-diciembre, en donde es necesario resaltar que la manifestación de frutos aptos para la cosecha (maduros) no supera el 40%, siendo media su masividad. La especie puede presentar diferentes fenofases reproductivas en una misma panícula.

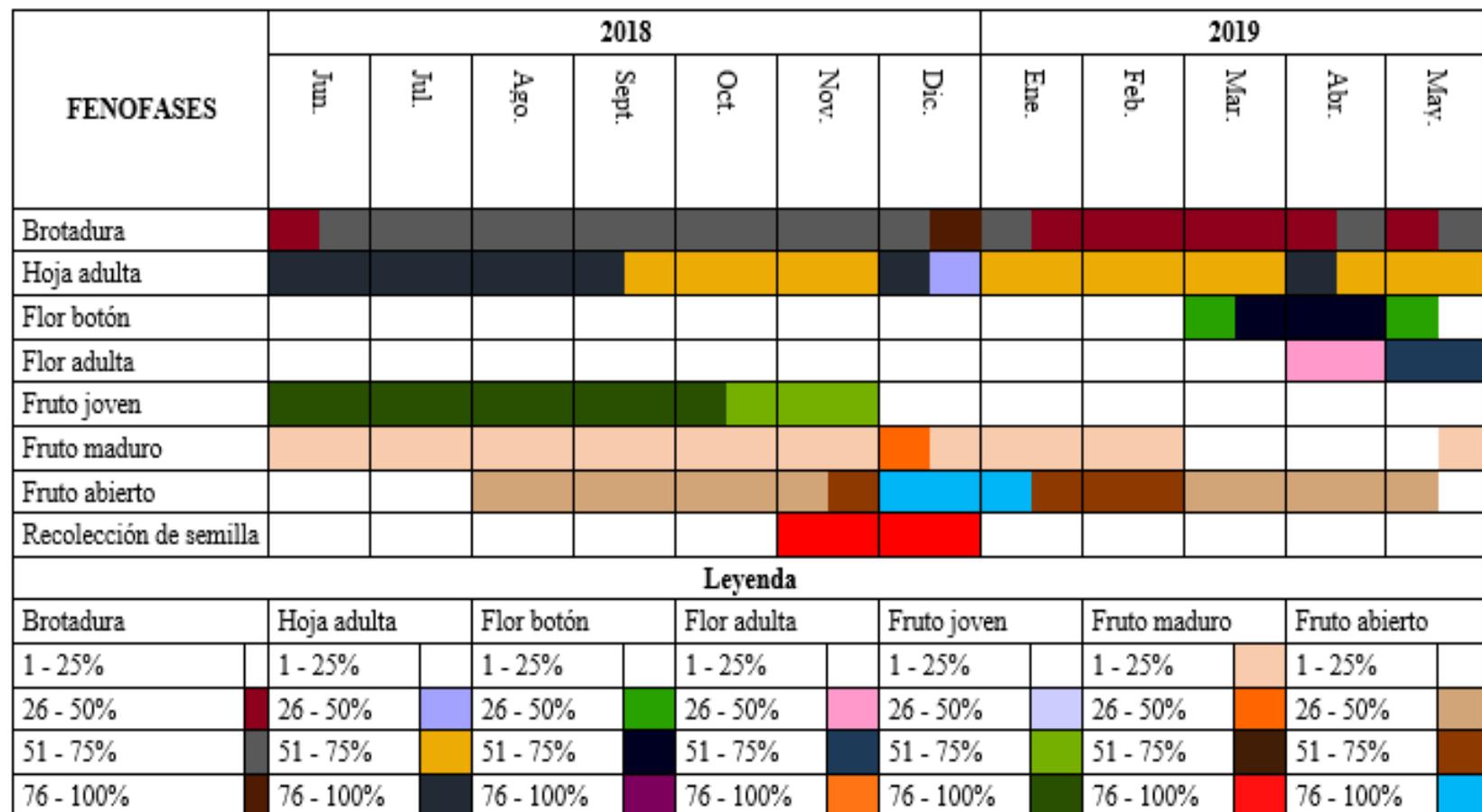


Figura 11. Calendario fenológico de *C. pubescens* en bosque secundario de la comunidad de Pucará

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.4 Conclusiones

- El comportamiento fenológico de la especie *C. pubescens* Vahl. en sistema silvopastoril de práctica “árboles dispersos en pasturas” reflejó: la presencia del evento foliación durante todo el periodo de evaluación mostrándose como intenso, una floración en masa registrada en los meses enero-mayo con su pico en mayo (59%) y una fructificación dehiscente intensa en los meses septiembre-noviembre con su pico en octubre (67%).
- El comportamiento fenológico de *C. pubescens* Vahl. en bosque secundario, se expresó con una presencia de: foliación permanente de intensa masividad, floración de febrero-mayo con pico de actividad intensa en el mes de abril (61%) y fructificación media en los meses septiembre-diciembre con su pico en diciembre (33%).
- Los periodos de colecta identificados corresponden a agosto – noviembre para sistema silvopastoril y septiembre – diciembre para bosque secundario. La capsula tarda en abrirse de 4 a 6 semanas luego de estar maduro el fruto.
- El Calendario Fenológico de la especie aporta al conocimiento ecológico forestal de la misma, así como el manejo y planificación de programas de recolección de semillas, la regeneración natural, el establecimiento de viveros y plantaciones forestales de la especie.

4.5 Recomendaciones

- Utilizar la información generada, en la planificación de colectas con fines de propagación y manejo de la especie *C. pubescens* Vahl.
- Continuar con el estudio de la fenología de la especie *C. pubescens* Vahl. en el sitio investigado para conocer si existe cambios en producción de frutos, semilla o temas de interés.
- Se recomienda tomar datos meteorológicos del sitio que sirva de respaldo dado la importancia del clima en este tipo de investigaciones.
- Tomar en cuenta factores como el fotoperiodo, características estructurales del ecosistema, ubicación gregaria de los individuos y sus inmediatas asociaciones; ya que podrían influenciar la iniciación, mantenimiento y declinación de los eventos fenológicos de la especie.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Solis, M. (1950). *Las Cinchonas del Ecuador*. Quito.
- Aguirre Mendoza, Z., Díaz Ordoñez, L., & Palacios, B. (2015). Fenología de especies forestales nativas en el jardín Botánico el Padmi, Zamora Chinchipe, Ecuador. *CEDAMAZ*, V(1), 68-80.
- Aguirre, L., Anderson, E., Brehem, G., Herzong, S., Jorgensen, P., Kattan, G., . . . Toledo, C. (2013). Fenología y relaciones ecológicas interespecíficas de la Biota Andina frente al Cambio Climático. *Cambio climático y biodiversidad de los andes tropicales*, 83-111.
- Ahas, R., Jaagus, J., & Aasa, A. (2000). The phenological calendar of Estonia and its correlation with mean air temperature. *Int J Biometeorol*, 159–166.
- AmazoniaForestal. (Octubre de 2011). *BosqueNatural.org*. Obtenido de BosqueNatural.org: <https://amazoniaforestal.blogspot.com/2011/10/la-fenologia.html?showComment=1556599503548#c3328958203756606111>
- ANACAFÉ. (Julio de 2004). *Anacafé®*. Obtenido de Cultivo de Quina: http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Cultivo_de_quina
- Asamblea constituyente del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Monecristy.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). *Código Orgánico del Ambiente*. Quito: Editorial Ncional.
- Barranantes, G., Chávez, H., & Vinuesa, M. (2010). *El Bosque en Ecuador. Una visión transformada para el desarrollo y la conservación*. Quito.
- Barukcic, A., & Sola, M. J. (2015). *Desarrollo de formulaciones fito-cosméticas antioxidantes empleando como sustancia activa el extrato seco de Chinchona Pubescens Vahl, RUBIACEAE (Cascarilla) (tesis posgrado)*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.

- BOLFOR, Mostacedo, B., & Fredericksen, T. S. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis de ecología forestal*. (D. Nash, Ed.) Santa Cruz, Bolivia: El País.
- Borhidi, A., & Pérez, N. D. (2008). *Coussareae, Gardenieae, Hedyotideae, Mussaendeae, Naucleae, Rondeletieae (Rubiaceae)* (Vol. I). México D.F: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cabrera, M., & Ordóñez, H. (2004). *Fenología, almacenamiento de semillas y propagación a nivel de vivero de diez especies forestales Nativas del sur del Ecuador*. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Campos, J., Cerna, L., & Chico, J. (2014). Efecto del ácido gálico, nitrato de potasio, y agua de coco en la germinación de semillas de quina, *Cinchona Pubescens*. *REBIOLEST*.
- Cara García, J. A. (2006). La observación fenológica en agrometeorología. *Ambienta*, 64-69.
- Cárdenas, M., Londoño, V., Llano, M., González, Á., Rivera, K., Vargas, J., . . . Moreno, M. (2015). Fenología de cuatro especies arbóreas de bosque seco tropical en el Jardín Botánico Universitario, Universidad del Valle (Cali), Colombia. *Actualidades biológicas*, 37, 121-130.
- Ceferino, J. O. (2016). *Estudio fenológico de (Bursera graveolens y eritroxylum glaucum) en la Reserva Ecológica Arenillas (tesis pregrado)*. Loja: Centro universitario Pasaje.
- COA. (2018). *Código Orgánico del Ambiente*. Quito: Asamblea Nacional.
- Constitución de la República del Ecuador . (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito: Asamblea Costituyente. Recuperado el 19 de Junio de 2018, de <http://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/ec/ec030es.pdf>
- Cuasque, Y. A. (2019). *Metodos de conservacion para semillas de Cinchona pubescens Valh. provenientes de la comunidad de Pucará, Zona de Intag, Provincia de Imbabura*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Díez, C. (2002). *Biología reproductiva de las plantas de los bosques tropicales*. Departamento de Ciencias Forestales. Medellin: Universidad Nacional de Colombia.

- Fenner, M. (1998). The phenology of growth and reproduction in plants. *Perspectives in plant Ecology, Evolution and Systematics*, 78-91.
- Fournier, L. (1969). Estudio preliminar sobre la floración e el Roble de la Sabana, *Tabebuia pentaphylla* (L). *Biología Tropical*, 259-267.
- Fournier, L. A. (20 de Agosto de 1974). Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba*, 422-423.
- Fournier, L. A., & Charpantier, C. (1978). El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de características fenológicas de los árboles tropicales. *Cespedia. Suplemento*, 7, 25-26.
- Franco, W. (1978). *Fenología de especies poretales: su relación con el clima y el suelo, su importancia para el manejo del bosque*. Merida-Venezuela: Universidad de los Andes.
- GAD Cantonal de Cotacachi. (2015). Plan de desarrollo y de Ordenamiento del canton Cotacachi.
- García, L. (1997). *Estudio fenológico y crecimiento de once especies leñosas del matorral espinoso Tamaulipeco en Linares, Nuevo León, México*. Linares, N.L.: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Gómez, A., Beraun, L. A., Gómez R, O. J., & Llatas, E. (2016). *Trabajo presentado en la XII Congreso Nacional Forestal CONAFOR, Lima, Perú*. Obtenido de Identificación de la regeneración natural de la quina roja o cascarilla *Cinchona Pubescens*, Vahl, por la morfología de sus estadios naturales en el Bosque de Neblina de Upaypitec, distrito de Kañaris, región Lambayeque.: <http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/380/3/Gomez-identificacion.pdf>
- Gómez, M. L. (2010). *Fenología reproductiva de especies nativas presentes en la jurisdicción de CORANTIOQUIA, un paso hacia la conservación* (Vol. I). Medellín: Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, CORANTOQUIA.

- Guamán, P. (2014). *Identificación de Hongos Micorrízicos Arbusculares en plantas de Cinchona spp. en sitios perturbados y no perturbados de la provincia de Loja (Tesis pregrado)*. Loja.
- Gunter, S., Stimm, B., & Weber, M. (2004). Silvicultural contributions towards sustainable management and servation of forest genetic resources in Southern Ecuador. *LYONIA*, 75-91.
- Hechavarría, O. K. (1998). *Aspectos metodológicos sobre la fenología de árboles forestales*. Obtenido de Alianza de Servicios de inforemación Agropecuaria (SIDALC): <http://orton.catie.ac.cr/>
- Hodge, W. H. (1947). *Cinchona Procurement in Latin America. Economic Botany*. . : University of Massachusetts (229-257 p.).
- Hopp, R. J. (1974). Plant Phenology Observation Networks. *Phenology and Seasonality Modeling*, 1-2.
- INIAP. (23 de Mayo de 2008). *Informe Nacional sobre el estado de los recursos fitogenpeticos para la agricultura y la alimentación*. Quito. Obtenido de <https://www.ecoticias.com/eco-america/78959/Ecuador-pais-megadiverso>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA]. (2016). *Procesos de regeneración natural de la quina o cascarilla (Cinchona spp.) En los bosques de neblina del distrito de Kañaris región Lambayeque*. Instituto nacional de Información Agraria. Kañaris: Ministerio de Agricultura y Riego (Perú).
- Jijon, W., & Torres, K. (2008). *Fenologia de cinco especies forestales en el bosque natural del cantón Mocache y parcelas establecidas en la represa Daule - Peripa (tesis pregrado)*. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Lastra, J., López, M., & López, S. (Diciembre de 2008). Tendencias del cambio climático global y los eventos extremo asociados. *Ra Ximhai*, 625 - 633.
- Lieth, H. (1973). Phenology in Productivity Studies . *Analysis of Temperate Forest Ecosystems*, 4-5.

- Loján, L. (1990). *Agroforestería I: Prácticas agroforestales de los Andes*. Quito: Programa de desarrollo forestal participativo en los Andes.
- Lombardi, Y., & Nalvarte, A. W. (2001). *Establecimiento y manejo de fuentes semilleras, ensayos de especies y procesos forestales, aspectos técnicos y metodológicos*. Organización Internacional de Maderas Tropicales. Tela, Atlántida: Escuela Nacional de ciencias Forestales.
- Louman, B., Quirós, D., & Nilsson, M. (2001). *Silvicultura de Boques Latifoliados Húmedos con énfasis en América Central*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE.
- Mosandl, R., Günter, S., Hildebrandt, P., & Stimm, B. (2013, corregido 2018). *NUEVOS BOSQUES PARA ECUADOR serie de reportes técnicos en el Proyecto DFG*. Obtenido de ResearchGate: file:///C:/Users/Personal/Downloads/RTno.2CompendioinformativodeespeciesderbolesnativosenlaProvinciadeLoja_Ecuador.pdf
- Moya, A. (1994). *Auge y crisis de la cascarilla en la audiencia de Quito, siglo XVIII*. Quito: FLACSO, sede Ecuador.
- Ochoa, S., Pérez Hernández, I., & de Jong, B. H. (2008). Fenología reproductiva de las especies arbúreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco , México. *Biología Tropical* vol. 56, 657-673.
- Oliva, M., Vacalla, F., Pérez, D., & Tucto, A. (2014). *Recolección de semillas especies forestales nativas: experiencia en Molinopampa, Amazonas-Perú*. Chachapoyas: IIAP.
- Padilla Rosales, S. (2017). *Estudio fenológico y análisis de las características del suelo donde se desarrolla Cinchona officinalis L. en cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja*. Loja: Universidad nacional de Loja.
- Padilla, R. (2002). *Fenología de Cedrelinga Cateniformis (Duke) en el parque nacional Yasuní y su difución mediante un folleto informativo*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

- Palacios, W. (2016). *Árboles del Ecuador*. Ibarra: UTN.
- Palacios, W. A. (2002). *Guía para Estudios de Flora y Vegetación*. Quito: Fundación Jatun Sacha/Prigrama SUR.
- PDOT-GAD Apuela. (2015). *Plan de desarrollo y de Ordenamiento del canton Cotacachi*. Cotacachi.
- Pérez Fernández, J., Jiménez Artacho, C., & Fonfría Díaz, J. (2004). *LAS QUINAS DE CALDAS*. Madrid: UMC.
- Plana Bach, E. (2013). *Introducción a la ecología y dinámica del Bosque Tropical*. Obtenido de Kené Instituto de estudios Forestales y Ambientales: <http://www.keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Ecosistemas/183.pdf>
- Popenoe, W. (1942). *bdigital.unal*. Obtenido de Cultivo de la Quina [Cinchona] en Guatemala: <http://bdigital.unal.edu.co/33937/1/33911-128309-1-PB.pdf>
- Prado, L., & Valdebenito, H. (2000). *Contribución a la fenología de especies forestales nativas andinas de Bolivia y Ecuador*. Quito, Ecuador: Intecooperation.
- Purseglove, J. W. (1968). *Tropical crops. Dicotyledons*. London: Longmans: Green & Co.ltd.
- Quintero, R. (7 de Junio de 2010). *Agrometeorología*. Obtenido de Agrometeorología: <http://agrometeoromaluly.blogspot.com/2010/06/fenologia.html>
- Ramírez, J. A., & Álvarez, R. R. (2000). *Estudio fenológico de 28 especies maderables del bosque húmedo troical de Honduras*. Lancetilla: Jardín botánico y centro de investigación Lancetilla. Obtenido de Estudio Fenológico de 28 especies maderables del bosque húmedo tropical de Honduras.
- Registro de Campo. (2018). *Datos de ubicacion de predio Don Miguel Sierra, para fase de campo*. Ibarra.
- Reynel, C., Penninyton, R., Penninyton, T., Flores, C., & Daza, A. (2003). *Árboles útiles de la Amazonía peruana*. Obtenido de lamolina.edu.pe:

<http://cdc.lamolina.edu.pe/treediversity/ARBOLES%20UTILES%20de%20la%20amazonia.htm>

Rodríguez Ortíz, P. (2016). La floración . *Infobiología* .

Rodríguez, A., González, G., Álvarez, E., & Castañeda, J. C. (2008). Determinación de gremios ecológicos de ocho especies arbóreas de un bosque tropical de Jalisco, México. *FAO*, 1-09.

Romero, J. M. (2015). Rasgos morfológicos de frutos, semillas y embiones de *Cinchona officinalis* L. (RUBEACEA) en el sur del Ecuador. *Revista ecuatoriana de Medicina y Ciencias biológicas*, 27-35.

SENPLADES. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021*. Quito: Senplades.

Sierra, M. (2018). Especie Forestal *Cinchona pubescens*, Vahl conocida como: La "cascarilla". (C. Changoluisa, Entrevistador)

Silvera, A. G., Macedo, L. A., Rengifo, O. J., & Ducep, E. L. (2016). *Identificación de la regeneración natural de la quina roja o cascarilla: Cinchona pubescens, Vahl, por la morfología de sus estadios naturales en el bosque de neblina de Upaypitec, distrito de Kañaris, región Lambayeque*. Recuperado el 6 de 2 de 2019, de <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/575>

Venator, C. (2018). *Registri de campo de precipitación* . Puranquí-Apuela-Intag.

Vílches, B., Chazdon, R., & Redondo, A. (2004). Fenología reproductiva de cinco especies forestales del Bosque Secundario Tropical. *Kurú*, 1-9.

Villar, M., Marcelo, F., & Baselly, J. (Diciembre de 2018). *Calendario fenológico de la Cinchona officinalis L. (El árbol de la quina)*. Obtenido de INIA: <http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/888/1/Arbol%20de%20la%20Quina%20-%20Calendario%20%281%29.pdf>

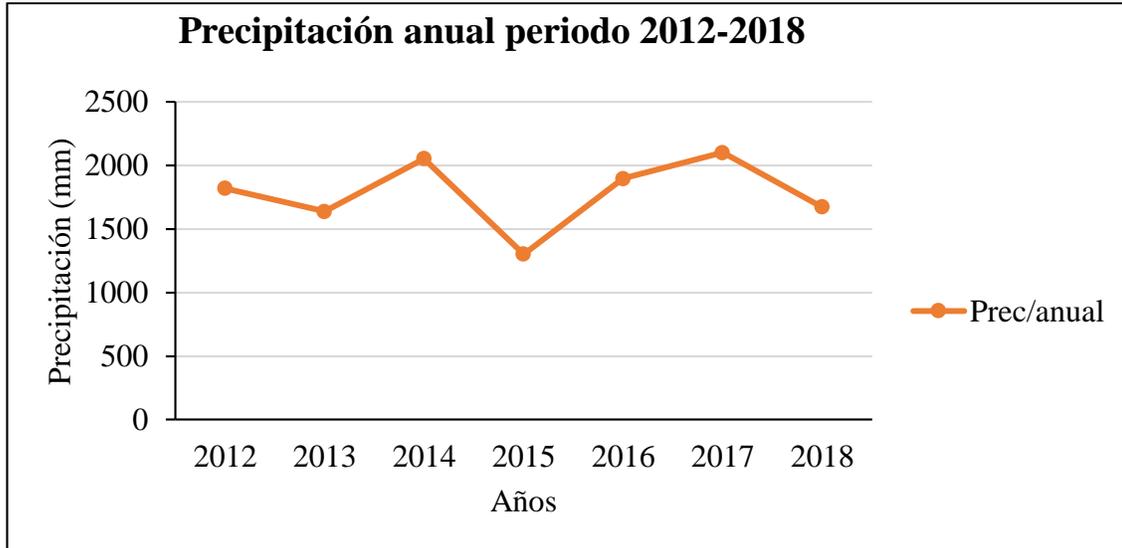
Villasana, R., & Suárez, A. (1997). Estudio fenológico de dieciséis especies forestales presentes en la reserva forestal Imataca Estado de Bolívar-Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, I(49), 13-21.

- Wadsworth, F. H. (2000). *Producción Forestal para América Tropical*. Washington DC: Departamento de agricultura de los EE.UU.
- Wielgolaski, F.-E. (1974). Phenology in Agriculture. *Phenology and Seasonality Modeling*, VIII, 369-381.
- Wong, E. (2016). *Estudio fenológico de *Tabebuia chrysanta* (Jacq.) G. Nicholson y *Tabebuia billbergii* (Bureau & K. Schum.) Standl. en la Reserva Ecológica Arenillas*. Loja: Centro Universitario Machala.
- Zevallos, P. (Enero de 1998). *Taxonomía, distribución geográfica y status de género *Chinchona* en el Perú*. Lima. Obtenido de file:///C:/Users/Personal/Downloads/GENEROCINCHONAENELPERU.pdf

CAPITULO VII

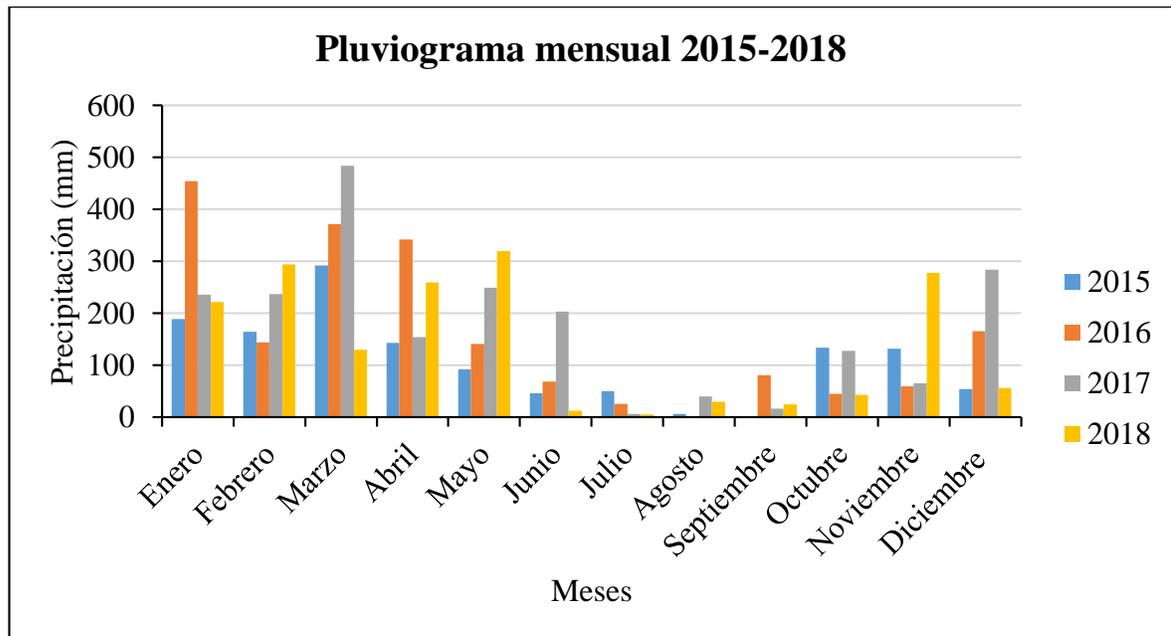
ANEXOS

Anexo 1. Gráficas de precipitación sector de Puranquí aledaño a sitio de estudio.



Fuente: Venator (2018)

Elaborado por: El Autor



Fuente: Venator (2018)

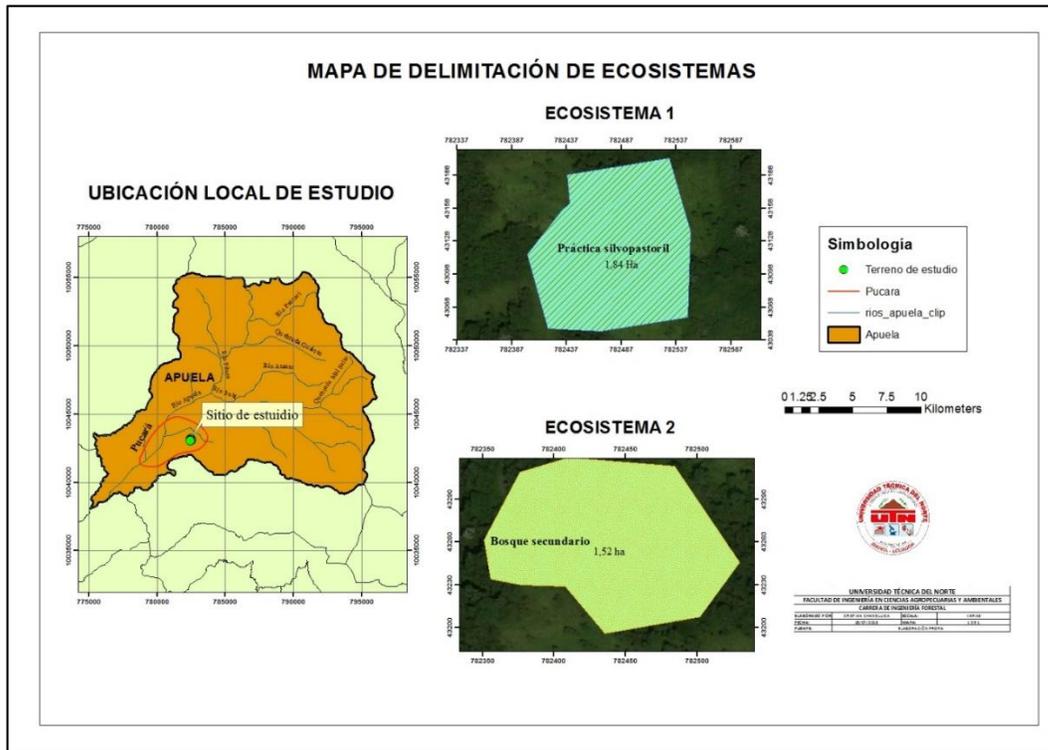
Elaborado por: El Autor

Anexo 2. Recolección y prensado de muestras para identificación botánica.



A) recolección de muestras en campo; B) prensado para posterior identificación en laboratorio.

Anexo 3. Superficie de los ecosistemas forestales estudiados.



Anexo 4. Ubicación y código de individuos de *C. pubescens* seleccionados.



Anexo 5. Matriz de análisis multicriterio para selección de individuo.

		Porcentaje de germinación (%)		Tratamientos		Días a inicio de germinación		Tratamientos	
		T1 - 200 ppm	60,75 B					T1 - 200 ppm	T1 - 200 ppm
		T2 - 400 ppm						T2 - 400 ppm	T2 - 400 ppm
		T3 - 600 ppm	82,5 A					T3 - 600 ppm	T3 - 600 ppm
		T4 - testigo		T4 - testigo				T4 - testigo	
		T1							
	R1			56					
	R2	67							
	R3	59							

	R								
	4	61							
		60							
		,7							
		5							

Fuente: Lombardi (2001)

Elaborado por: El Autor

Anexo 6. Rotulación de los individuos objeto de estudio.



A) Limpieza del perímetro y fuste del individuo; B) Ubicación del código correspondiente

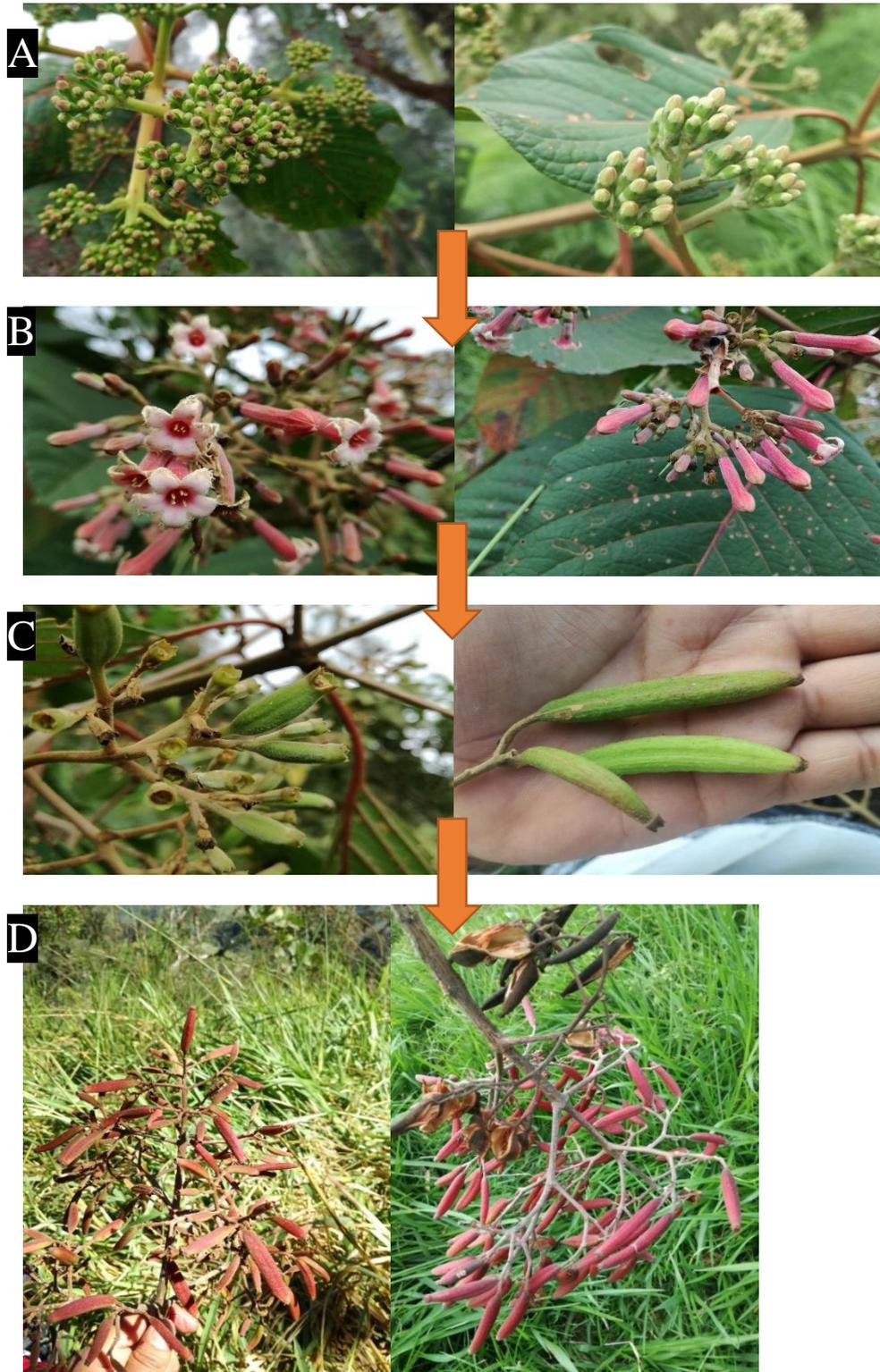
Anexo 8. Matriz y datos primarios para determinar el índice promedio quincenal de cada sitio.

OBSERVADOR :	Cristian Changoluisa	PENDIENTE:	15-30%
FECHA:	10/11/2018	ECOSISTEMA:	P. silvopastoril
ESPECIE:	<i>Cinchona pubescens</i>	ALTITUD PROM:	2300
EDAD:	17 años(aprox)	TIPO DE SUELO:	Templado-húmedo
SECTOR:	Pucará alto	OBSERVACIONES	
PARROQUIA	Apuela		

Individuo	Fl. Bt				Fl. Ad				Fr. Jv				Fr. Ad				Fr.Ab				Brot.				Hj. Ad						
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3												
P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	3	3	0	0	1	2	2	3	2	3	3	4	2	3			
P2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	4	3	3	3	2	3	2	0	2	3	2	4	2	3	2	4			
P3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	4	3	3	2	1	2	3	3	3	4	2	3	3	3	2	2			
P4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4	3	3	4	0	1	2	2	3	4	2	2	2	2	3	1			
P5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	3	3	2	2	1	1	2	1	4	4	3	2	3	3	2	3			
P6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	3	3	2	1	3	2	1	2	2	3	2	3	2	3	2			
P7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3	2	3	0	0	0	2	3	4	3	3	2	3	2	3			
P8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	4	4	0	0	2	2	3	3	2	3	3	2	1	3			
P9	0	0	0	/	0	0	0	/	1	1	1	/	3	2	3	/	2	0	2	/	4	4	1	/	4	3	2	/			
P10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	3	2	1	0	0	0	3	0	1	3	3	0	3			
P11	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	3	2	1	2	2	2	0	2	2	1	3	3	3	3	2	3	2	2			
P12	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	3	2	1	2	2	2	0	2	2	1	3	3	3	3	2	3	2	2			
P13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	2	0	1	0	0	3	3	2	3	3	3	3	3			
P14	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	3	4	2	1	2	1	2	1	4	4	3	3	3	4	3	3			
P15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3	3	3	2	1	0	1	2	4	4	3	3	3	3	3	2			
Suma	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.8	0.8	0.8	2.5	2.5	2.3	2.5	0.8	1.1	1.5	1.3	2.9	3.4	2.3	2.7	2.7	2.9	2.1	2.6			
IP	0.00				0.00				0.80				2.46				1.19				2.81				2.59						

Elaborado por: El Autor

Anexo 9. Fenofases reproductivas de *C. pubescens*



A) Fotografías de fenofase Flor Botón; B) Fotografías de fenofase Flor adulta; C) Fotografías de fenofase Fruto joven; D) Fotografías de fenofase Fruto maduro.