



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**RELACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN CON EL
COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO DE *Cinchona pubescens* Vahl.
EN DOS FORMACIONES VEGETALES, PUCARÁ ALTO, APUELA,
ZONA DE INTAG.**

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

AUTOR

Quilismal Paguay Miguel Ángel

DIRECTOR

Ing. Jorge Luis Cue García, PhD.

IBARRA – ECUADOR

2021

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

RELACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN CON EL COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO DE *Cinchona pubescens* Vahl. EN DOS FORMACIONES VEGETALES, PUCARÁ ALTO, APUELA, ZONA DE INTAG.

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



Escaneado y validado digitalmente por:
**JORGE LUIS
CUE GARCIA**

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

Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, Mgs
Tribunal de trabajo de titulación

.....

Ing. Jorge Luis Ramírez López M.Sc.
Tribunal de trabajo de titulación

.....

Ibarra – Ecuador

2021



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040199309-2		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Quilismal Paguay Miguel Angel		
DIRECCIÓN:	San Gabriel, Calle Rio Babahoyo y Rio Chambo		
EMAIL:	maquilismalp@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0985617655

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	RELACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN CON EL COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO DE <i>Cinchona pubescens</i> Vahl. EN DOS FORMACIONES VEGETALES, PUCARÁ ALTO, APUELA, ZONA DE INTAG.
AUTOR (ES):	Quilismal Paguay Miguel Angel
FECHA:	21 de octubre del 2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Forestal
DIRECTOR:	Ing. Jorge Luis Cué García, Ph.D.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) 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 que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 21 días del mes de octubre del 2021

EL AUTOR:

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a hand-drawn oval. The signature is stylized and appears to read 'Miguel Angel Quilismal Paguay'.

.....
Miguel Angel Quilismal Paguay

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA - UTN

Fecha: 21 de octubre del 2021

Quilismal Paguay Miguel Angel: RELACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN CON EL COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO DE *Cinchona pubescens* Vahl. EN DOS FORMACIONES VEGETALES, PUCARÁ ALTO, APUELA, ZONA DE INTA. /Trabajo de titulación. Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 91 páginas.

DIRECTOR: Ing. Jorge Luis Cué García, PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Determinar la relación de la precipitación con el comportamiento fenológico de *Cinchona pubescens* Vahl. en dos formaciones vegetales. Entre los objetivos específicos se encuentran: Evaluar el comportamiento fenológico de *Cinchona pubescens* Vahl; en un sistema silvopastoril y en bosque secundario, y Determinar la incidencia de la precipitación en el comportamiento fenológico de la especie en un sistema silvopastoril y en bosque secundario.

Fecha: 21 de octubre del 2021



JORGE LUIS
CUE GARCIA

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

.....
Quilismal Paguay Miguel Angel
Autor

DEDICATORIA

Uno de los mayores regalos que me ha dado la vida, es tener la oportunidad de seguir construyendo mi futuro y este trabajo es una pequeña parte de ese futuro que con esfuerzo y dedicación lograré construir. Es por eso, que dedico mi trabajo de titulación a mi madre, a mi guerrera de la vida, a mi amor infinito Clara Elisa Paguay Aza. Quién, con su amor, paciencia, sacrificio, voluntad y humildad, me impulso a ser cada día mejor persona, forjándome hábitos de responsabilidad y honestidad que me han servido en la lucha incansable por cumplir mis sueños.

Miguel A. Quilismal P.

AGRADECIMIENTO

Me gustaría agradecer en estas líneas la ayuda que muchas personas y colegas me han prestado durante el proceso de investigación y redacción de este trabajo.

En primer lugar, quisiera agradecer a mi madre, a mis hermanos y hermanas que, con el anhelo de verme cumplir mis sueños, me han ayudado y apoyado en el transcurso de mi carrera.

A mi tutor, PhD. Jorge Cué, que gracias a sus consejos y correcciones hoy puedo culminar este trabajo. Así mismo, deseo expresar mi gratitud a mis asesores Mgs. Hugo Vallejos y Ms.c. Jorge Ramírez, quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos permitieron el desarrollo de este trabajo, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

A mi enamorada, Maryuri, por ser mi compañera de aula y de vida, por enseñarme a ser mejor persona cada día, por ser mi soporte en mis tiempos de agonía, mi inmenso amor y gratitud para ella.

A todos mis docentes, compañeros y amigos que me ayudaron día a día, de una manera desinteresada en mi formación profesional, gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad.

Al Sr. Nelson Ruiz, por permitirme realizar mi investigación en los predios de la Reserva Comunitaria “Flor de Mayo” mi sincero agradecimiento.

Finalmente, agradecer a la Universidad Técnica del Norte por ser la sede de todo el conocimiento adquirido en estos años.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
REGISTRO BIBLIOGRÁFICO.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	2
1.1.1 Objetivo General	2
1.1.2 Objetivos Específicos	2
1.2 Hipótesis.....	2
1.2.1 Hipótesis nula.....	2
1.2.2 Hipótesis alterna.....	2
2 MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 Fundamentación Legal	3
2.1.1 Constitución de la Republica del Ecuador (2008).....	3
2.1.2 Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025	3
2.1.3 Código Orgánico del Ambiente.....	4
2.1.4 Línea de Investigación	4
2.2 Fundamentación teórica	5
2.2.1 Ecosistemas Forestales	5

2.2.2	Fenología.....	11
2.2.3	Características generales de la especie.....	17
2.2.4	Características generales del género	18
3	MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1	Ubicación del sitio.....	20
3.1.1	Política.....	20
3.1.2	Geográfica	20
3.1.3	Límites.....	21
3.2	Datos climáticos	21
3.3	Materiales y equipos.....	21
3.4	Metodología	22
3.4.1	Delimitación del área de estudio	22
3.4.2	Población.....	22
3.4.3	Tamaño y selección de la muestra.....	23
3.4.4	Selección y marcaje de individuos	24
3.4.5	Técnica y seguimiento.....	25
3.4.6	Variables de Evaluación.....	25
3.4.7	Observación de individuos	26
3.4.8	Análisis de resultados.....	27
3.4.9	Calendario fenológico	29
4	RASULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1	Comportamiento fenológico en sistema silvopastoril	30
4.1.1	Floración.....	30
4.1.2	Fructificación	31
4.1.3	Foliación.....	33
4.1.4	Relación de la precipitación y comportamiento fenológico.....	34
4.2	Comportamiento fenológico en bosque secundario	37

4.2.1	Floración.....	37
4.2.2	Fructificación	39
4.2.3	Foliación.....	41
4.2.4	Relación de la precipitación en el comportamiento fenológico	42
4.3	Comparación de las fenofases de <i>C. pubescens</i> entre el sistema silvopastoril y bosque secundario	45
4.4	Calendario fenológico de <i>C. pubescens</i> Vahl.....	48
4.4.1	Calendario fenológico en sistema silvopastoril.....	48
4.4.2	Calendario fenológico en bosque secundario.....	50
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
5.1	Conclusiones	52
5.2	Recomendaciones.....	53
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
7	ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	<i>Características de los gremios ecológicos</i>	6
Tabla 2.	<i>Clasificación de los sistemas silvopastoriles.....</i>	10
Tabla 3.	<i>Descripción taxonómica de <i>C. pubescens</i> Vahl.</i>	17
Tabla 4.	<i>Materiales, equipos y software</i>	21
Tabla 5.	<i>Densidad poblacional de <i>C. pubescens</i> en los ecosistemas estudiados</i>	23
Tabla 6.	<i>Escala de valoración porcentual de la fenofase.....</i>	25
Tabla 7.	<i>Etapas fenológicas y codificación de las fenofases de <i>C. pubescens</i> Vahl.....</i>	26
Tabla 8.	<i>Escala de valoración de la correlación de Pearson.....</i>	29
Tabla 9.	<i>Relación de las fenofases con la precipitación en sistema silvopastoril durante el año de estudio aplicando la correlación de Pearson.</i>	35
Tabla 10.	<i>Relación de las fenofases con la precipitación en bosque secundario durante el año de estudio aplicando la correlación de Pearson</i>	43

Tabla 11. Valores de comparación del evento fruto abierto, entre sistema silvopastoril (A) y bosque secundario (B), mediante el método comparativo U de Mann Whitney durante el periodo de junio 2019- febrero 2020.....	46
Tabla 12. Resumen comparación de la manifestacion de los eventos fenologicos de silvopasturas y bosque secundario en los distintos meses del año de investigación.	47
Tabla 13. Calendario fenológico sistema silvopastoril	49
Tabla 14. Calendario fenológico bosque secundario	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del sitio de estudio	20
Figura 2. Ejemplo de etiqueta para los individuos seleccionados.....	24
Figura 3. Segmentacion del cuadrante para la toma de datos	26
Figura 4. Representación gráfica del evento floración de <i>C. pubescens</i> . en sistema silvopastoril durante el año de estudio.....	31
Figura 5. Representación gráfica del evento fructificación de <i>C. pubescens</i> en sistema silvopastoril durante el año de estudio.....	32
Figura 6. Representación gráfica del evento foliación de <i>C. pubescens</i> en sistema silvopastoril durante el año de estudio.....	34
Figura 7. Dendrofenograma de la fenología reproductiva (floracion y fructificacion) de <i>C. pubescens</i> en sistema silvopastoril.	36
Figura 8. Dendrofenograma de la fenología vegetativa (foliación) de <i>C. pubescens</i> en sistema silvopastoril.	37
Figura 9. Representación gráfica del evento floración de <i>C. pubescens</i> en sistema silvopastoril durante el año de estudio.....	38
Figura 10. Representación gráfica del evento fructificación de <i>C. pubescens</i> . en bosque secundario durante el año de estudio.....	40
Figura 11. Representación gráfica del evento foliación de <i>C. pubescens</i> . en bosque secundario durante el año de estudio.....	41
Figura 12. Dendrofenograma de la fenología reproductiva (floracion y fructificacion) de <i>C. pubescens</i> en bosque secundario.	44
Figura 13. Dendrofenograma de la fenología vegetativa (foliación) de <i>C. pubescens</i> en bosque secundario.	45

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Mapa de delimitación de las áreas de estudio</i>	64
Anexo 2. <i>Ubicación de los individuos</i>	65
Anexo 3. <i>Matriz de análisis multicriterio para la selección de individuos de <i>C. pubescens</i> Vahl</i>	66
Anexo 4. <i>Matriz, hoja de registro de datos fenológicos</i>	67
Anexo 5. <i>Datos recogidos en campo de <i>Cinchona Pubescens</i> Vahl. en sistema silvopastoril</i>	68
Anexo 6. <i>Datos recogidos en campo de <i>Cinchona Pubescens</i> Vahl. en bosque secundario.</i>	69
Anexo 7. <i>Contrucción de modelos estadísticos para la complementación de datos, aplico un análisis de regresión polinómica para cada uno de los eventos fenológicos...</i>	70
Anexo 8. <i>Valores de precipitación tomados por pluviometro durante 8 años en el sector Purnqui, Zona de Intag</i>	71
Anexo 9. <i>Pluviograma mensual 2012-2020</i>	71
Anexo 10. <i>Indice de promedio mensual de los eventos fenologicos de los individuos de <i>C. pubescens</i> en sistema silvopastoril.</i>	72
Anexo 11. <i>Porcentaje mensual de los eventos fenologicos de los individuos de <i>C. pubescens</i> en sistema silvopastoril.</i>	72
Anexo 12. <i>Porcentaje mensual de los eventos fenologicos de los individuos de <i>C. pubescens</i> en bosque secundario</i>	73
Anexo 13. <i>Indice de promedio mensual de los eventos fenologicos de los individuos de <i>C. pubescens</i> en bosque secundario</i>	73
Anexo 14. <i>Escala de valoración detallada de la correlación de Pearson.</i>	74

TÍTULO: RELACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN CON EL COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO DE *Cinchona pubescens* Vahl. EN DOS FORMACIONES VEGETALES, PUCARÁ ALTO, APUELA, ZONA DE INTAG.

Autor: Miguel Angel Quilismal Paguay

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

Año: 2021

RESUMEN

La fenología de especies forestales es un importante enfoque para la investigación ecológica. Pues permite determinar los patrones fenológicos de distintas especies forestales. Tal es el caso de *Cinchona pubescens* Vahl, la cual registra estudios temporales de comportamiento y relación, entre la variación climática y el desarrollo vegetal. La investigación plantea como objetivo determinar la relación de la precipitación con la fenología de *C. pubescens*, en bosque secundario y silvopasturas. Los ecosistemas se situaron en la Reserva Comunitaria Flor de Mayo, Sector Pucará, parroquia Apuela. Las características fenológicas relacionadas con foliación, floración y fructificación fueron evaluadas a través del índice de intensidad de Fournier. La relación entre precipitación y fenofases se realizó con la correlación de Pearson. La especie mostró todo el año manifestaciones intensas de hoja joven y adulta en los dos ecosistemas. En silvopasturas el pico de floración fue en abril y de fructificación en agosto; para bosque secundario el pico de floración se da en abril y de fructificación en junio y agosto. La precipitación mostró una correlación significativa negativa con los eventos fruto joven ($r = -0,75$; $p = 0,0051$) y fruto adulto ($r = -0,61$; $p = 0,0336$) en silvopasturas. En bosque secundario la correlación se da en fruto adulto ($r = -0,77$; $p = 0,0148$), siendo significativa negativa. La relación, al suscitarse en el periodo donde los niveles de precipitación descendieron, indica que cuando menor sea la precipitación, mayor será la producción de frutos.

Palabras clave: fenología, foliación, floración, fructificación, precipitación, cinchona.

TITLE: RELATIONSHIP OF PRECIPITATION WITH THE PHENOLOGICAL BEHAVIOR OF *Cinchona pubescens* Vahl. IN TWO VEGETABLE FORMATIONS, PUCARÁ ALTO, APUELA, INTAG AREA.

Author: Miguel Angel Quilismal Paguay

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

Year: 2021

ABSTRACT

The phenology of forest species is an important approach to ecological research. It allows to determine the phenological patterns of different forest species. Such is the case of *Cinchona pubescens* Vahl, which records temporal studies of behavior and relationship between climate variation and plant development. The research aims to determine the relationship of precipitation with the phenology of *C. pubescens*, in secondary forest and silvopasturas. The ecosystems were located in the Flor de Mayo Community Reserve, Pucará Sector, Apuela parish. Phenological characteristics related to foliation, flowering and fruiting were evaluated through the Fournier intensity index. The relationship between precipitation and phenophases was performed with Pearson's correlation. The species showed intense manifestations of young and adult leaf throughout the year in both ecosystems. In silvopasturas the peak of flowering was in April and fruiting in August; for secondary forest the peak of flowering occurs in April and fruiting in June and August. Precipitation showed a significant negative correlation with the events young fruit ($r = -0.75$; $p = 0.0051$) and adult fruit ($r = -0.61$; $p = 0.0336$) in silvopastures. In secondary forest the correlation occurs in adult fruit ($r = -0.77$; $p = 0.0148$), being significantly negative. The relationship, arising in the period where precipitation levels decreased, indicates that the lower the precipitation, the higher the fruit production.

Keywords: phenology, foliation, flowering, fruiting, precipitation, cinchona.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El Ecuador es considerado como el país con mayor diversidad biológica por unidad de área en América latina (Palacios, 2016); sin embargo, soporta serios problemas como la destrucción del bosque natural y pérdida de la cobertura forestal. Por otro lado, la preocupación por la destrucción de estos ecosistemas ha ubicado al Ecuador en una de las más altas prioridades para el mundo en iniciativas de conservación (Aponte y Sanmartín, 2011). En la Zona de Intag, se desarrollan investigaciones de conocimiento y comprensión de los patrones fenológicos de distintas especies forestales en los ecosistemas naturales. De modo que, ayude a entender los problemas que causan cambios en rangos de distribución, composición, estructura y funcionamiento de los ecosistemas de la zona (Alvarado et al., 2002).

La fenología de especies forestales ha emergido como un importante enfoque de la investigación ecológica; pues permite conocer los intervalos regulares de eventos vegetativos y reproductivos de las plantas. Además, permite determinar la variación temporal a lo largo del año en función a factores meteorológicos (Hechavarría, 1998; Müller et al., 2016; Villar et al., 2018). Las especies del género *Cinchona* se presentan en hábitats frágiles, por lo que poseen características fenológicas supra-anales (periodo con inicio y bien definido, pero con lapsos de más de un año entre eventos) (Jäger, 2018).

C. pubescens Vhal. (Cascarilla), en la Zona de Intag, específicamente en el sector de Pucará Alto, se la identifica como una especie con información fenológica limitada y conocimiento de carácter empírico por campesinos del sector, por lo que registra estudios temporales de comportamiento fenológico. Mostacedo y Fredericksen (2000) consideran que para determinar la frecuencia y regularidad de una determinada fenofase, es necesario una evaluación de más de dos años para especies forestales. Es así como, a través de la relación entre la precipitación y el comportamiento fenológico, se pretende entender la frecuencia y regularidad de las fenofases de *C. pubescens* en dos formaciones vegetales.

Con la información generada se comprobará la veracidad de los datos obtenidos en evaluaciones anteriores. Además, servirá de base para futuros trabajos de investigación, lo que será de gran utilidad para establecer programas de recolección de semillas, de desarrollo para regeneración natural, de establecimiento de viveros, de plantaciones forestales y de propagación vegetativa. Esto da un aporte acertado al conocimiento de la especie, donde a

aquellas personas interesadas en la repoblación forestal, contribuirá a la toma de decisiones dentro de la planificación de un manejo sustentable de la misma en la Zona de Intag.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Determinar la relación de la precipitación con el comportamiento fenológico de *Cinchona pubescens* Vahl. en dos formaciones vegetales.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el comportamiento fenológico de *Cinchona pubescens* Vahl; en un sistema silvopastoril y en bosque secundario.
- Determinar la incidencia de la precipitación en el comportamiento fenológico de la especie en un sistema silvopastoril y en bosque secundario.

1.2 Hipótesis

1.2.1 Hipótesis nula

Ho: La precipitación no incide en el comportamiento fenológico de *Cinchona pubescens* Vahl en las dos formaciones vegetales.

1.2.2 Hipótesis alterna

Ha: La precipitación incide en el comportamiento fenológico de *Cinchona pubescens* Vahl en las dos formaciones vegetales.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentación Legal

2.1.1 Constitución de la Republica del Ecuador (2008)

Título II; Capítulo Segundo Derechos del buen vivir; Art. 14 que se enfoca en la sección de ambiente sano, se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, declarando la preservación, conservación, biodiversidad e integridad de los espacios naturales del país (Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador, 2008).

Título II; Capítulo Séptimo Derechos de la Naturaleza; Art. 71-74: La Pacha Mama, tiene derecho a que se respete su existencia, mantenimiento restauración y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir, estos servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación. Siendo el estado quien aplique medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales (Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador, 2008).

Título VII; Capítulo Segundo Biodiversidad y Recursos Naturales; Art 395: La Constitución reconoce principios ambientales, donde, el Estado garantizará la conservación de la biodiversidad, ecosistemas y su capacidad de regeneración para asegurar las necesidades de las presentes y futuras generaciones. Mediante la participación permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades (Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador, 2008).

2.1.2 Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025

Eje de Transición Ecológica: Objetivo 11. Conservar, restaurar, proteger y hacer un uso sostenible de los recursos naturales, menciona que, para un equilibrio ambiental y socioeconómico, se crea un modelo de desarrollo donde prime una economía circular. De esta manera, se generar condiciones que permitan un adecuado funcionamiento de las actividades humanas y la transición ecológica. Con esto se logrará una conservación oportuna de los

hábitats, una gestión eficiente de los recursos naturales y la reparación de los ecosistemas (Secretaría Nacional de Planificación, 2021).

2.1.3 Código Orgánico del Ambiente

Art. 27: Los Gobiernos Autónomos Descentralizados deben fomentar la creación de formas de conservación del material genético como; semilleros, huertos semilleros, elaboración de planes, programas, proyectos para la protección, manejo sostenible y restauración del recurso forestal y vida silvestre. Así como para la forestación y reforestación con fines de conservación de su localidad (Código orgánico del Ambiente [COA], 2018).

Art. 29, 30 y 31: Regular e incentivar la participación de personas, comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades para la conservación de la biodiversidad, con una distribución justa y equitativa. Que la conservación del material genético vegetal de manera in situ o ex situ dependerá del estado de vulnerabilidad e importancia que se encuentre, todo esto para salvaguardar el patrimonio genético (COA, 2018).

Art. 83: El mantenimiento y regeneración de las funciones ecológicas, así como la dinámica de los ecosistemas naturales o intervenidos, generan servicios ambientales que son indispensables para el sustento de la vida y a su vez producen beneficios directos o indirectos a la población (COA, 2018).

2.1.4 Línea de Investigación

El estudio se ajusta a la línea de investigación propuesta por la carrera: Desarrollo agropecuario y forestal sostenible.

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Ecosistemas Forestales

El ecosistema es la unidad de estudio de la ecología (Fernández, 2008, p. 27), está formada por las plantas, animales, microorganismos y detritos orgánicos que hay en un área dada, que interactúan entre sí, mientras que para Margalef (1974, citado en Fernández, 2008) el ecosistema es la interacción de individuos de muchas especies en un ambiente de características definidas, que, al ajustarse y regularse, se manifiesta como un flujo de materia y energía (...).

Para Añazco (2010, citado en Basantes, 2015), un ecosistema es un conjunto de elementos bióticos y abióticos que interactúan dentro de un espacio delimitado, recibiendo influencias del exterior y a la vez emitiéndolas hacia él (p. 8). Mencionando que en un ecosistema forestal los elementos bióticos principales son los árboles y los animales; los abióticos son el suelo, el agua y el clima.

2.2.1.1 Gremios ecológicos

Finegan y Delgado (1997, citado en Gallegos et al., 2008) proponen llamar gremios a los grupos. Los gremios agrupan especies que comparten patrones similares de exigencias de: radiación, luz, regeneración natural, crecimiento, polinización y dispersión, además de los patrones generales de potencial de crecimiento, propiedades de la madera y usos generales (Chistama, 2019), es decir, se agrupan especies que tienen un comportamiento ecológico similar.

Otro criterio empleado por Jiménez, A. (2019) es la tolerancia a la sombra, menciona que las especies han desarrollado dos estrategias biológicas conocidas como esciofitismo (tolerancia a la sombra) y heliofitismo (intolerancia), como un recurso que les permitan a las plantas fotosintetizar con altos o bajos niveles de radiación lumínica. Es así como, en la tabla 2, tanto Gallegos et al. (2008) como Tepan y Toledo (2016), y Chistama (2019) presentan una nomenclatura de los gremios en solamente tres categorías. Que, según Jiménez, A. (2019) esta clasificación es la más utilizada actualmente.

Tabla 1. *Características de los gremios ecológicos*

Especies	Características	
	Hábitats	Estrategias
Heliófitas efímeras	Hábitats poco durables.	<ul style="list-style-type: none"> • Intolerantes a la sombra • Alta tasa fotosintética • Intolerancia a la sombra • Madera suave • Vida corta • Reproducción masiva y precoz
Heliófitas durables	Hábitats relativamente durables.	<ul style="list-style-type: none"> • Intolerantes a la sombra • Vida relativamente larga • Menor tiempo de viabilidad de sus semillas • colonizan espacios abiertos • Su regeneración depende del nivel de los disturbios. • Regeneración en intervalos regulares
Esciófitas	Hábitats con condiciones ambientales constantes y duraderas.	<ul style="list-style-type: none"> • Gran tamaño en la madurez • Reproducción a edad madura • Baja tasa fotosintética • Tolerancia a la sombra • Madera dura • Especies longevas • Semillas de medianas a grandes

Fuente: adaptado de Gallegos et al. (2008)

2.2.1.2 *Bosque secundario*

2.2.1.2.1 *Definición*

Existen diversas definiciones para el término bosques secundarios. Sin embargo, varios autores mencionan que estos bosques son el disturbio o perturbación al ecosistema, pudiendo este ser causado naturalmente (fenómenos atmosféricos, geológicos, por la fauna silvestre, etc.), o bien por el hombre como actor principal (disturbios de origen antrópico). En lo que respecta a los disturbios de origen antrópico, Smith et al. (1997); Jadán et al. (2017) y Luzuriaga et al. (2017) coinciden que son los más comunes y ocupan hoy en día una mayor superficie que las naturales.

Mientras que, Smith et al. (1997) propone definir a los bosques secundarios como:

Vegetación leñosa de carácter sucesional que se desarrolla sobre tierras cuya vegetación original fue destruida por actividades humanas. Cuyo grado de recuperación dependerá de la duración e intensidad del uso anterior por cultivos agrícolas o pastos, así como de la proximidad de fuentes de semillas para recolonizar el área disturbada. (p. 3)

2.2.1.2.2 *Características de los bosques secundarios*

Los bosques secundarios dependen mucho de las variaciones en su composición florística. A partir de ello recuperan cronológicamente parámetros taxonómicos, estructurales y funcionales con dependencia del tipo e intensidad de perturbación, distancia al bosque original, presencia de fauna dispersora, topografía y clima local (Jadán et al., 2017).

Algunos bosques secundarios recuperan notablemente rápido la riqueza de especies. Sin embargo, la disposición de las especies en el ecosistema se da lentamente, tomándoles un promedio de recuperación de 20 años para recuperar la riqueza de especies del bosque original y la recuperación total del bosque puede llevar siglos (Chamorro, 2020). Luzuriaga et al. (2017) señalan que la presencia de elementos reforestadores como semillas, esquejes o plántulas en el sitio, influyen en la aceleración de dicha recuperación.

Las especies heliófitas de los bosques secundarios dependen principalmente de la luz solar (Chamorro, 2020, p. 9), por lo que no son exigentes en suelos óptimos y utilizan la mayor parte de su energía en desarrollarse a la brevedad para reproducirse en el menor tiempo posible. (Viquez, 1995, citado en Fuel, 2020).

En algunas zonas andinas del sur del Ecuador existen escasos parches de bosques primarios como efecto de la deforestación, vinculada con la intervención antropogénica. También están presentes considerables superficies de bosques secundarios en altitudes superiores a 1000 m.s.n.m como resultado del abandono de tierras agrícolas, sometidas actualmente a procesos de regeneración natural o sucesión secundaria (Jadán, 2017, p. 142)

2.2.1.2.3 *Importancia de los bosques secundarios*

Los bosques secundarios presentan un papel importante en la conservación del ambiente, se toma en cuenta el aspecto ecológico, social y económico que brindan (Smith et al., 1997). A nivel global, los bosques secundarios son eficientes en la mitigación del cambio climático a través de sus tasas de fijación de carbono superiores en comparación a los bosques primarios (Jadán et al., 2017).

Para los agricultores y emprendedores, los bosques secundarios son considerados como una fuente de productos forestales no maderables (PFNM), puesto que se obtienen; plantas medicinales, plantas alimenticias, forraje para animales, tintes, fibras, frutos comestibles, madera (para construcción, leña y carbón) o para prestar servicios turísticos (Rivadeneira, 2020).

2.2.1.3 Sistema silvopastoril

2.2.1.3.1 Definición

Un sistema es un arreglo o conjunto de componentes, unidos o relacionados de tal manera que forman una entidad o un todo (Mendieta y Rocha, 2007, p. 4).

Artunduaga (2019) cita que los sistemas silvopastoriles son sistemas de producción pecuaria en donde las leñosas perennes (árboles y/o arbustos) interactúan con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales) bajo un sistema de manejo integral con el propósito de usar recursos naturales para obtener productos y beneficios agrícolas, forestales o animales (p. 66). Esta definición coincide con otras definiciones citadas en Gómez (2007).

Por otra parte, Mendieta y Rocha (2007) mencionan que un sistema silvopastoril tiene características estructurales y funcionales. Estructuralmente es un diseño físico de cultivos y animales en el espacio o a través del tiempo; físicamente es una unidad que procesa ingresos tales como radiación solar, agua, nutrimentos, y produce egresos tales como alimentos, leña, fibras (p. 4).

2.2.1.3.2 Importancia de los sistemas silvopastoriles

En los últimos años, Artunduaga (2019) menciona que el uso de sistemas silvopastoriles en la producción ganadera ha tenido un gran auge. Sin embargo, aún falta información y documentación a largo plazo, que permita aumentar los conocimientos sobre las interacciones entre los componentes árbol-pastos-suelo-animal.

Los sistemas silvopastoriles, desde el punto de vista productivo, ecológico, económico y social, constituyen una de las modalidades más prometedoras de los sistemas agroforestales. Puesto que se realiza actividades de producción o protección que combinen los recursos naturales, el capital y el trabajo, y a la vez generen ingresos y ganancias netas, ambientales, sociales y económicas, a largo plazo y de una manera permanente, de tal forma que su utilización actual no perjudique el uso por las futuras generaciones (Ríos 2014, p. 23).

Los beneficios proporcionados por las prácticas silvopastoriles en América Latina se basan en que son amigables con el manejo de la diversidad biológica. En vista de que secuestran una gran cantidad de carbono, demuestra que hay una necesidad imperiosa de introducir estos sistemas como herramienta fundamental para la producción animal y la biodiversidad; a partir de la implantación y generalización de tecnologías adaptables al cambio climático (Alonso, 2011).

En la actualidad, a nivel internacional, existen centros de investigaciones, gobiernos y entidades financieras que tienen como prioridad la evaluación y valorización de alternativas silvopastoriles. Desde esta perspectiva, desarrollan los siguientes servicios ambientales: incremento de la producción y calidad de las pasturas, restauración de suelos degradados, mejoramiento de los recursos hídricos, secuestro de carbono y de gases con efecto invernadero y conservación de la biodiversidad (Alonso, 2011, p. 108). Estas actividades según Ríos (2014), contribuyen a reducir los impactos ecológicos decurrentes de la tala de los bosques para la formación de pasturas.

2.2.1.3.3 Clasificación de los sistemas silvopastoriles

En el mundo, la integración de árboles con pecuaria ha sido puesta en práctica, haciendo uso de distintas técnicas que han perdurado para el aprovechamiento de una determinada área. En la tabla 3, se muestra una propuesta de clasificación de los sistemas silvopastoriles donde Ríos (2014) sugiere que se los clasifique de la siguiente manera:

Tabla 2. *Clasificación de los sistemas silvopastoriles*

Clasificación	Tipo de sistema	Características
Según la duración de la integración de los componentes a lo largo de la explotación del área	Sistemas silvopastoriles temporales	<ul style="list-style-type: none"> • Son temporales cuando la asociación árbol, pastura y animal ocurre hasta un cierto límite del desarrollo del cultivo arbóreo. • El componente pastura/animal es manejado de modo leve para no perjudicar el cultivo arbóreo.
	Sistemas silvopastoriles permanentes	<ul style="list-style-type: none"> • Son permanentes cuando la integración árbol, pastura y animal es planificada para funcionar a lo largo de toda la explotación. • Son arreglos hechos en espaciamiento o densidades intencionales.
La naturaleza del componente arbóreo	Sistemas silvopastoriles con componente arbóreo no sembrado	<ul style="list-style-type: none"> • El componente arbóreo hacía parte o se regeneró de la vegetación natural. • El componente arbóreo se observa disperso erráticamente, sin ordenamiento.
	Sistemas silvopastoriles con componente arbóreo sembrado	<ul style="list-style-type: none"> • El componente arbóreo es sembrado por el productor, y constituye la mayoría de los sistemas silvopastoriles. • Pueden partir de la siembra del árbol en una pastura ya establecida y en uso, se trasplanta al campo plantas del mayor porte posible.

Fuente: adaptado de Ríos (2014)

2.2.1.3.4 *Importancia de los árboles dispersos en potreros*

Los árboles dispersos desempeñan un papel importante en la diversificación de la productividad animal y en la finca, proveen sombra que favorece la disponibilidad de biomasa, tienen un efecto positivo sobre las variables fisiológicas de los animales regulando la temperatura y frecuencia respiratoria, proveen una parte importante del consumo de leña, postes muertos, postes vivos y madera dentro del área de explotación. Además, capturan y transfieren fosforo, potasio, magnesio y calcio hacia el suelo (Ospina, 2003).

De acuerdo con Harvey et al. (2007, citado en Chamorro, 2020), los productores dedican la mayoría de sus tierras a pasturas, aunque en algunas pequeñas áreas son utilizadas para la producción de cultivos para el autoconsumo. Los productores conservan pequeños parches de bosque en sus fincas como recurso para la obtención de productos maderables del bosque, principalmente leña, y para proteger las fuentes de agua; sin embargo, la mayoría de estas áreas están degradadas y abiertas para la entrada del ganado durante la época seca, en la que el crecimiento de los pastos se ve limitado; además, los parches de bosque han sido cosechados en algún momento y se componen de árboles jóvenes de copa pequeña (p. 12-13).

2.2.2 Fenología

La fenología es la ciencia que relaciona los factores climáticos como: temperatura, luz, humedad, precipitación, viento y otros; con el ritmo periódico de los fenómenos biológicos de las plantas en un determinado lugar (Sterringa, 1974; Hechavarría, 1998; Müller et al., 2016; Villar et al., 2018). Es así como resulta ser una de las primeras etapas a realizar dentro del estudio de organismos de cualquier ecosistema utilizando conocimientos de fisiología, ecología, climatología y meteorología.

Jijón y Torres (2008) exponen un análisis que, en cuanto a estudios de fenología, lo que en realidad se hace, es registrar las fechas de ocurrencia de esos fenómenos periódicos (sucesos discretos o variables cualitativas). Pues estos determinan el periodo anual de vida del ser vivo que se está observando.

Entre los fenómenos que se registran están: los que constituyen el período o ciclo anual del cultivo o del animal (fenología) y los que son una medida del crecimiento del ser vivo (fonometría). Ayudándose de ciencias y técnicas permiten observar estos fenómenos en la agricultura, en ganadería, silvicultura y conservación de la naturaleza (de Pedraza y de la Cuadra, 1985; Jijón y Torres, 2008).

2.2.2.1 Importancia Forestal

Sin duda, la fenología al ser una rama de la ecología aporta una valiosa contribución a la conservación del ambiente amenazado (Toharia, 1974). Transformándose en una herramienta importante para descifrar respuestas de los árboles frente a los cambios climáticos, elemental para el conocimiento de la dinámica de las comunidades vegetales y para obtener beneficios de ellas ya sea de madera u otros productos. Así como para generar estrategias de conservación

que garanticen su sobrevivencia, el repoblamiento de ecosistemas y la protección de la flora (Gómez y Macías 2012).

La importancia en el campo de la silvicultura ha sido mencionada por varios autores. En el caso de Fournier y Charpentier (1975), quienes explican que es necesario conocer las fases y el desarrollo de las plantas, para establecer los momentos de recolección de semillas y así entender los procesos de regeneración natural en los bosques. Tales observaciones permiten establecer los momentos de cruzamiento o de colección de polen, posibles ciclos de alta producción de semillas o estacas; así como su envasado y almacenamiento. Sirve para fijar la secuencia de operaciones en el vivero y para que las plantaciones sean hechas cuyas condiciones climáticas sean favorables. Así como también para determinar el periodo más apropiado para efectuar tratamientos silviculturales (Eras et al, 2018).

Además, brinda una comprensión de la dinámica de las comunidades vegetales, que a la vez proporcionan información sobre las respuestas de estos organismos. No solo a las condiciones climáticas, sino que, a condiciones edáficas, topografía, relación entre distintas especies y la diversidad genética. Estas condiciones son determinantes para la sucesión de la población y para asegurar la supervivencia. Así como también, el establecimiento de individuos jóvenes de diferentes localidades (Venegas, 1978; Aponte y Sanmartin, 2011; Ortega y Guanuche, 2016).

Las observaciones fenológicas se han utilizan para la investigación agrícola y ecológica (de Pedraza y de la Cuadra, 1985). Aportando con información sobre los requerimientos bioclimáticos, calendarios agrícolas, zonificaciones agroclimáticas, y herramientas para una planificación de la actividad agrícola y forestal; que últimamente se está resaltando su importancia como indicadores del cambio climático (Yzarra y López, 2017).

2.2.2.2 Fenómenos Fenológicos

Los eventos fenológicos son conocidos como fenofases (Williams y Meave, 2002, p. 408). Es la permanencia de los acontecimientos repetitivos bilógicos en la planta y su duración respecto a los factores bióticos y abióticos; además de la interrelación entre la fase de una misma o diferente especie (Jijón y Torres, 2008). Estos eventos al ser sensibles y depender de los diferentes factores abióticos y bióticos, están en constante cambio, por ende, es importante que la observación y descripción del evento sea al detalle (Bajpai, et al., 2017).

Los primeros eventos incluyen básicamente la brotación de hojas y la caída de hojas, en ocasiones, ambas fenofases se agrupan bajo el término foliación. Las fenofases reproductivas son la floración y la fructificación, que reconoce eventos como: el crecimiento de las yemas foliares, la expansión de la lámina, la senescencia de hojas o flores y la maduración de frutos (Williams y Meave, 2002). A partir de esto se puede hacer la distinción entre fenofases:

2.2.2.2.1 *Floración*

Este evento corresponde al lapso en el cual se desarrollan las flores en las plantas y varía de acuerdo con la especie y a los factores naturales del sitio (Gonzaga et al., 2012). El desarrollo de las flores se da desde el momento en el que se abre el capullo floral de las flores más precoces hasta la marchitez de las tardías. (Venegas, 1978). Para Gonzaga et al. (2012) esta es la primera etapa del proceso reproductivo de las plantas superiores, requisito para la formación de las semillas e indicativo de la madurez de la planta.

Según Ceferino (2016), la floración se la puede clasificar en:

- Floración en masa: sincrónica durante un periodo corto
- Floración pulsada: flujos repetidos
- Estado continuo de floración: un poco por día sobre un largo periodo.

Para determinar la relación entre los parámetros climáticos y floración de especies forestales Vásquez (1995), plantea la siguiente clasificación:

- Especies monomodales estrictos: la floración se muestra cada año, que ocurre durante la estación seca o al inicio del período lluvioso.
- Especies monomodales de transición: la floración se realiza durante la gran estación seca o después, pudiendo llegar a florecer en otras épocas del año.
- Especies bimodales: la floración se da en dos periodos marcados, tan importante uno como otro, siempre a finales de la estación seca, es decir seguido de estación lluviosa.
- Especies arrítmicas: la floración no está bien definida, es decir las especies no muestran un período privilegiado de floración con respecto a los factores climáticos.

2.2.2.2.2 *Fructificación*

Se denomina a la acción y efecto de formar o producir frutos (Bendezu, 2015), se inicia desde la caída de los pétalos, crecimiento inicial del fruto hasta que madura o abre (Guevara, 1997). En regiones tropicales hay usualmente algunas especies en fruto en cualquier momento del año y las especies individuales tienden a tener periodos de fructificación largos (Jijón y Torres, 2008). Según Guevara (1997) una planta es fructificante cuyos frutos desarrollan y prosperan, por lo que se los ha subdividido en:

- Fruto en inicio de desarrollo: caída de pétalos hasta la formación de frutos.
- Fruto verde: cuyo el fruto está en pleno proceso de desarrollo.
- Frutos maduros: se observa cambio de color u otras características que demuestren madurez.
- Frutos abiertos: ha sido preciso definir esta categoría, debido a que existen especies que presentan frutos dehiscentes. Las especies de plantas han desarrollado éste mecanismos como dispersión de sus semillas. En esta fase se ha observado fructificaciones estacionales continuas, cortas e irregulares.

2.2.2.2.3 *Foliación*

Es el ciclo de vida que comprende la formación de yemas foliares que da lugar a la aparición y desarrollo de las hojas de la planta y también llamado brotación. Fournier (1974) 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.

Es el desprendimiento natural de las hojas, principalmente de árboles y arbustos, se le alude a los cambios bruscos de ambiente o por la presencia de plagas, insectos u hongos patógenos (Ceferino, 2016), que 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.

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: a 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.

2.2.2.3 Relación fenología y clima

2.2.2.3.1 Cambio climático

En los últimos años los estudios fenológicos, han tomado una mayor importancia debido al proceso de calentamiento global, se ha observado que los procesos biológicos de supervivencia y éxito reproductivo van expresados en función al nivel de sensibilidad a los indicadores del clima (Márquez et al., 2010). De tal manera, que al observar las variaciones en los periodos reproductivos de las especies, ya sea retrasando o adelantando, revelan que en la actualidad hay un nuevo cambio climático.

Para Marlès et al. (2015), el clima siempre ha evolucionado de un modo natural, esto lo mencionan con base a teorías propuestas por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). Concluyendo de esta manera, que la mayor parte del calentamiento observado durante los últimos 50 años es atribuible a las actividades humanas.

En cuanto a los efectos del cambio climático sobre la fenología de las plantas; según Alvarado et al. (2002), revelan que los eventos fenológicos son particularmente sensibles a la temperatura. Por otro lado, el calentamiento que se ha experimentado en las últimas décadas ya ha mostrado efectos en la fenología, provocando en la mayoría de los casos un adelantamiento de los eventos fenológicos y un alargamiento de la época de desarrollo.

A través de estudios que datan del año 2012, Ganjurjav et al. (2020) demuestran que el cambio climático altera la fenología de las plantas y estos cambios posiblemente impacta en la estructura y función de los ecosistemas. Mientras que varios autores citados por Ganjurjav et al. (2020), mencionan que para todos los biomas del mundo, incluidos los bosques y pastizales, el calentamiento ha avanzado a tal punto de alterar el comportamiento fisiológico y fenológico de las especies forestales.

2.2.2.3.2 *Precipitación*

Habitualmente la precipitación ha sido el elemento meteorológico indispensable en estudios de fenología. Es así como aparece como la relación entre variaciones de suministro de agua y variaciones de procesos biológicos, en particular vegetales (Mejía, 1990). Las fluctuaciones en la disponibilidad de agua no necesariamente se hacen evidentes al analizar los patrones de precipitación debido a que el suelo funciona como un almacén de agua. Por ello, puede ser más revelador analizar el contenido de agua en el suelo y su relación con la fenología.

El comportamiento estacional de la precipitación en ocasiones no explica el comportamiento fenológico (Williams y Meave 2002). Mientras que al analizar otros estudios encontró que la producción estacional de hojas no está correlacionada con la precipitación ni está ligada a la estación seca. En cambio, la caída de hojas parece estar estrechamente relacionada con las variaciones en el fotoperíodo, aunque éstas sean débiles. La precipitación en conjunto con el brillo solar constituye los dos elementos fundamentales en meteorología de climas ecuatoriales. Mientras que elementos del clima como humedad relativa, temperatura, presiones, alcanzan sus mayores variaciones en el ciclo diario, precipitación y brillo solar, nubosidad expresan su comportamiento en el ciclo anual (Mejía, 1990).

Las variables climáticas y meteorológicas a las cuales la fenofase están asociadas son: la radiación solar, temperatura del aire, evaporación, lluvia y humedad del aire, con factores locales como el fotoperíodo y el suelo. Además de elementos bióticos como plagas y enfermedades (Ferrera et al., 2017). Para Williams y Meave (2002) esto es útil para distinguir las dos categorías para las fenofases del ciclo de vida de las plantas: vegetativas y reproductivas.

Hoy en día, los datos climáticos también son necesarios para estimar el crecimiento de las especies forestales; además, para estudiar su balance hídrico, procesos fenológicos y para llevar a cabo investigaciones sobre plagas y enfermedades (Barrio et al., 2018). Para realizar estos estudios, se requieren datos climáticos completos y homogéneos que cubran un período de tiempo suficientemente largo.

2.2.3 Características generales de la especie

2.2.3.1 Descripción de la especie

Encontrar referencias de descripción específica de la especie *C. pubescens*, resulta complicado debido a su género extremadamente variado, que en muchas ocasiones los individuos representan cruces o híbridos (Popenoe, 1942). Es por ello por lo que la especie ha ido generando algunos sinónimos botánicos, entre el más mencionado *C. succiruba* Pavón (Popenoe, 1942).

2.2.3.2 Descripción taxonómica

Tabla 3. Descripción taxonómica de *C. pubescen.* Vahl.

Nominación taxonómica	Descripción
Orden:	Gentianales Juss. ex Bercht. Y J. Presl, 1820
Familia:	Rubiaceae Juss., 1789
Subfamilia:	Cinchonoideae Raf., 1820
Tribu:	Cinchoneae DC., 1807
Género:	<i>Cinchona</i> L., 1753
Nombre científico (especie):	<i>Cinchona pubescens</i> Vahl, 1790
Nombre Común:	Árbol de quinina, cinchona roja, cascarilla roja, quina, árbol rojo entre otros.

Fuente: (Zeballos, 1998; Muséum national d'Histoire naturelle, 2003-2021)

2.2.3.3 Descripción Botánica

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 (Zeballos, 1998; Guamán, 2014).

Hojas simples, opuestas con pubescencia; ovaladas, de 21 a 29 cm de largo y 12 ó 13 cm de ancho, de color verde oscuro, con pecíolo de 3 a 7 cm de longitud; ápice agudo o acuminado, base obtusa y borde sinuado (Guamán, 2014).

Los frutos son de 2 cm de largo por 3 mm de ancho, cilíndricos y encapsulados, con numerosas semillas, las flores son en forma de globo, color rosadas (Zeballos, 1998; Guamán, 2014).

2.2.3.4 Distribución geográfica

De acuerdo con Guamán (2014), esta especie se distribuye desde Costa Rica hasta Bolivia, entre los 400 a 3200 m.s.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.

Acosta (1989), menciona que *C. pubescens*, son nativas de los bosques subandinos del trópico noroeste de sud América, desde Venezuela (al norte) hasta Bolivia (al sur), comprendiendo más de 30 especies y centenar de variedades, entre híbridas y cruzadas, natural y artificialmente. Las montañas boscosas de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia constituyen el hábitat natural de la *C. pubescens*.

C. pubescens necesitan climas cálidos con alta precipitación y humedad casi todo el año para un crecimiento óptimo. En Ecuador, las temperaturas varían entre 10 y 23 ° C y esta especie a menudo crece en áreas con fuertes pendientes de difícil acceso y en hábitats perturbados (Jäger, 2018).

2.2.4 Características generales del género

Cinchona L. es probablemente “el género más importante comercialmente de la familia Rubiaceae después del género *Coffea* L. debido a su corteza que contiene quinina” (Jäger, 2015, p. 133), que es de mucha importancia para la humanidad. Comprende alrededor de 23 especies de árboles y arbustos tropicales de hoja perenne. Se distribuyen desde Costa Rica hasta Bolivia en América del Sur (Jäger, 2018, p. 2); siendo más conocido sus especímenes como Quina o Cascarilla, su hábitat son los bosques andinos de Ecuador, Perú, Venezuela, Colombia y Bolivia (Villar et al., 2018).

2.2.4.1 Historia

El género Cinchona lleva el nombre de la Condesa de Chinchón, esposa del virrey del Perú, nombrado así por el sueco botánico Linnaeus en 1742. Según cuenta la leyenda, la condesa se curó de la malaria al haber sido administrada con la corteza de Cinchona en 1638, después de eso todos los remedios no tuvieron mayor relevancia. Aunque esta historia puede o no ser cierta, Cinchona desde entonces se usaba frecuentemente como remedio contra la malaria, especialmente fue distribuido por los jesuitas en sus viajes mundiales. Cinchona es el árbol nacional de Ecuador y está en el escudo de Armas del Perú (Jäger, 2018, p. 3).

El género Cinchona se introdujo en otras regiones tropicales principalmente para la producción de quinina. 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, quien obtuvo y mandó a Europa en el año de 1865,

semillas de un tipo superior de Cinchona. eso 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).

2.2.4.2 Importancia

El género tiene gran importancia histórica para Ecuador, debido a que la *cascarilla* fue originalmente descrita de Loja y ha sido declarada la 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).

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, et al., 2014).

2.2.4.3 Distribución

En el Ecuador, las especies del género Cinchona se extienden a lo largo de los bosques de las estribaciones externas de los Andes, desde la frontera colombo-ecuatoriana hasta la frontera ecuatoriana-peruana (bosques de la provincia de Loja), es decir la faja de distribución de cinchona en el Ecuador, corresponde exactamente con la faja vegetativa subandina, desde los 600 metros y un poco más alto hasta los 3000, según las especies y variedades (Acosta, 1989).

CAPÍTULO III

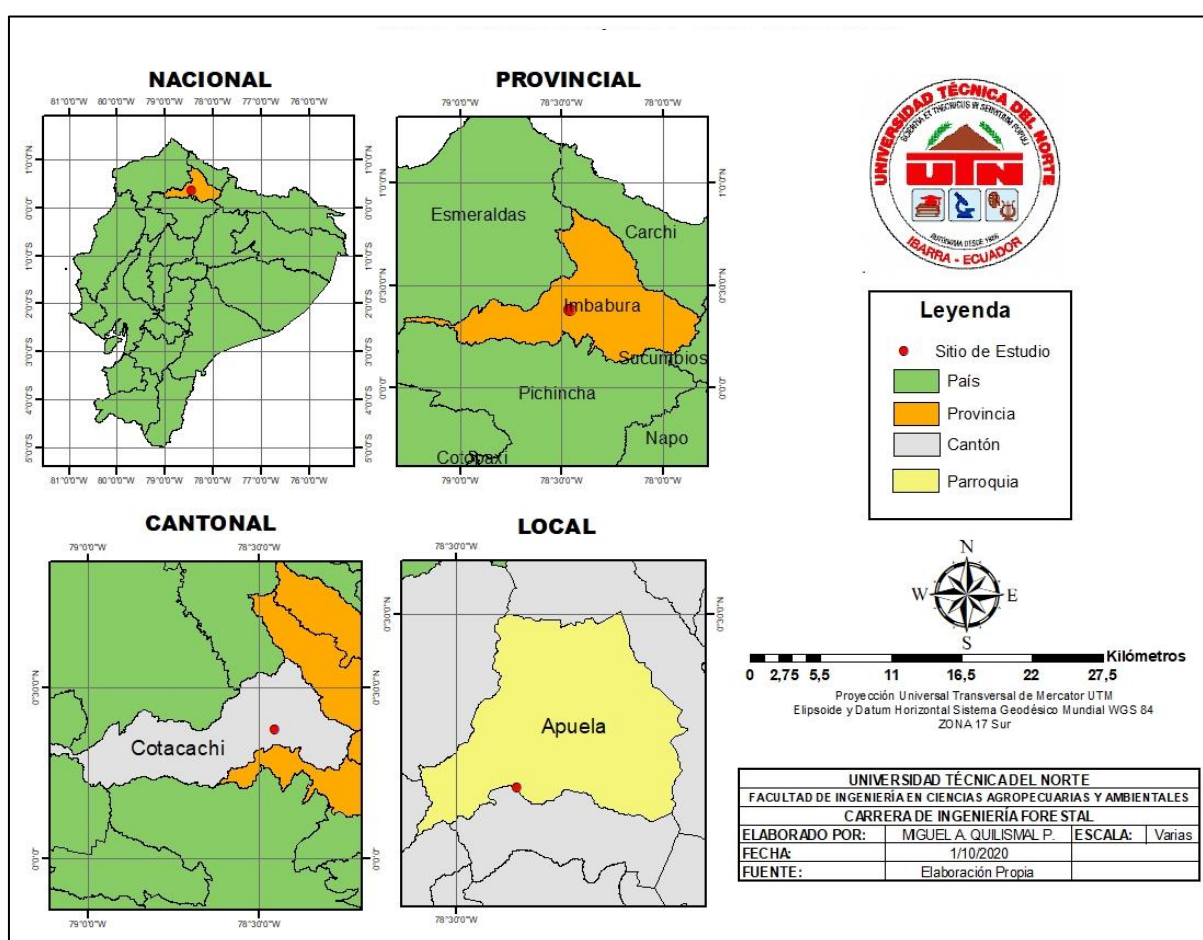
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del sitio

3.1.1 Política

El estudio se llevó a cabo en el Sector Pucara Alto, parroquia Apuela, Zona de Intag, provincia de Imbabura, en los predios de la Reserva Comunitaria Flor de Mayo (Figura 1).

Figura 1. Mapa de ubicación del sitio de estudio



Fuente: elaboración propia

3.1.2 Geográfica

Los predios de la Reserva Comunitaria Flor de Mayo se encuentran localizados a una latitud 0°22'37" N, una longitud de 78°27'35" W y altitud entre los 2000-2300 m.s.n.m.

3.1.3 Límites

Pucará Alto limita, al Norte: comuna de Santa Rosa, al Oeste: Río Intag, al Este: parroquia Plaza Gutiérrez y al Sur: parroquia de Apuela (GAD Cantonal de Cotacachi, 2015).

3.2 Datos climáticos

El clima que presenta la comuna de Pucará Alto es templado húmedo y su temperatura oscila entre 20°C a 24°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 (GAD Cantonal de Cotacachi, 2015). Dentro de la Reserva se identifica un clima Subtropical mesotérmico húmedo.

3.3 Materiales y equipos

Los materiales y equipos que se utilizaron para la investigación se presentan en la tabla 4, a continuación.

Tabla 4. *Materiales, equipos y software*

Materiales	Equipos	Software
<ul style="list-style-type: none">• Machete• Martillo• Clavos• Estacas (Para balizar)• Podadora aérea• Pintura en aerosol roja• Piola color rojo• Cinta métrica• Cinta diamétrica• Hoja de campo• Útiles de escritorio• Tableros de campo• Fundas plásticas	<ul style="list-style-type: none">• GPS.• Binoculares (10x25)• Hipsómetro de Suunto.• Cámara fotográfica.• Computadora.	<ul style="list-style-type: none">• Microsoft Office 2017• SAS Planet 10.1• ArcGIS 10.5• InfoStat ver. 2017

3.4 Metodología

Para el desarrollo de la investigación se siguieron los parámetros de estudio fenológico propuestos por Fournier (1974) y ajustada por Changoluisa (2020), quien presenta una investigación preliminar sobre el comportamiento fenológico de *Cinchona pubescen* Vahl. en la zona de Intag como parte del proyecto de “Conservación de semillas de *Cinchona pubescens* Vahl. y *Alnus nepalensis* D. Don, procedentes de Intag, Imbabura”.

3.4.1 Delimitación del área de estudio

Gómez (2010), sugiere realizar estas investigaciones en reservas protegidas a fin de asegurar el mantenimiento y continuidad del estudio. En este caso se realizó un reconocimiento de la Reserva Comunitaria Flor de Mayo, supervisada por el Sr. Nelson Ruiz que mediante una entrevista mencionó que el área aproximada de la reserva es de 180 ha.

Se identificaron dos formaciones vegetales, bosque secundario nublado y silvopasturas. Ello implicó también la identificación de *C. pubescen*. Los puntos de las áreas de estudio fueron tomados con GPS Garmin 64s, y proyectados mediante el software ArcGis, obteniendo una extensión de 2,89 ha de silvopasturas y 1,96 ha de bosque secundario. (ver anexo 1)

3.4.2 Población

Se estimaron poblaciones tanto en sistema silvopastoril como para bosque secundario con la fórmula de densidad poblacional (ecuación 1).

$$D = N/A$$

Ecu. (1)

Fuente: (BOLFOR et al., 2000)

Donde:

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

En los dos ecosistemas 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, obteniendo las densidades poblacionales de 180 ind/ha para sistema silvopastoril, y 80 ind/ha para bosque secundario. Con estos valores fue posible estimar la población existente de la especie como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Densidad poblacional de *C. pubescens*. en los ecosistemas estudiados

Ecosistema	Población (ha)	Extensión (ha)	Población Total
Sistema silvopastoril	180 individuos	2,89	520 individuos
Bosque secundario	80 individuos	1,96	157 individuos

3.4.3 Tamaño y selección de la muestra

Para la evaluación fenológica de la especie *C. pubescens* y existencia de homogeneidad, se tomó veinte individuos, seleccionados equitativamente tanto en el sistema silvopastoril como en bosque secundario, en los que se aplicó la metodología de estudio fenológico realizada por Fournier (1974), adaptándola de acuerdo con la distribución de los individuos en cada ecosistema, de manera que:

- *Silvopasturas*

La selección de los individuos se la realizó trazando dos transectos de 10x 100 m en sentido Este – Oeste, con una separación de 50 m entre ellos, Foster et al. (1995, citado en BOLFOR et al., 2000). menciona que estas dimensiones son las propicias para áreas con un número alto de individuos a estudiar.

Siguiendo a Fournier y Charpentier (1978) se seleccionaron diez individuos (cinco por transecto) según su orden de aparición, procurando identificar los árboles fenotípicamente sanos y con plena capacidad reproductiva. Cada individuo tuvo una separación de 50 m entre ellos.

- *Bosque secundario*

Al no tener un conocimiento claro de la distribución de la especie dentro de este ecosistema, la selección de los individuos se la realizó siguiendo a Foster (1995) donde menciona que para zonas boscosas se trazan transectos de 20x100 m sentido Norte – Sur. Se realizaron dos transectos con una separación de 50 m entre ellos y dependiendo de la aparición de los individuos en el sitio, se procedía a aumentar la longitud del transecto.


Al igual que el anterior ecosistema, se seleccionaron diez individuos (cinco por transecto) según su orden de aparición, procurando identificar los árboles fenotípicamente sanos y con plena capacidad reproductiva. Cada individuo tuvo una separación de 50 m entre ellos.

3.4.4 Selección y marcaje de individuos

Para seleccionar los árboles se realizó un reconocimiento general del área de estudio, así se evidenció la distribución espacial de los individuos. Los individuos fueron seleccionados bajo un análisis multicriterio (Restrepo, 2010), donde se consideró los siguientes aspectos: libres de plagas y enfermedades, no muy degradados, forma del fuste, inserción de ramas, forma de copa y rectitud del fuste (ver anexo 2). Además, se tomó en cuenta variables cuantitativas como: DAP y altura total, que ayudaron a calificar el vigor de los árboles.

En los dos ecosistemas, los individuos seleccionados se etiquetaron con placas de metal atadas con una piola plástica alrededor del árbol. La etiqueta constó de: nombre del investigador, fecha, número del ecosistema, transecto, árbol y el código (Figura 2). Además, se registraron las coordenadas; con ayuda de GPS; y se determinó el punto de observación para la evaluación de las variables fenológicas.

Figura 2. Ejemplo de etiqueta para los individuos seleccionados

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FICAYA				
Investigador:	Miguel A. Quilismal P.			
Fecha de Investigación:	2019-2020			
ECOSISTEMA	TRANSECTO	PARCELA	INDIVIDUO / ÁRBOL	
E1	T2	P2	A9	
CÓDIGO	E1T2P2A9			

3.4.5 Técnica y seguimiento

Las evaluaciones se realizaron de forma mensual en el periodo junio 2019 – mayo 2020. Considerando un año como periodo mínimo recomendable para determinar frecuencia y regularidad de las fenofases (Newstron y Frankie, 1994). Para ello, se usó binoculares: Bushnell 20x25 (aumento: 20x, objetivo: 25mm) y formatos de evaluación que se anotaron en una hoja de campo explicada en el anexo 3, que contó con la siguiente información:

- Observador
- Fecha de observación
- Coordenadas
- DAP
- Sector
- Ecosistema
- Clima

Para la evaluación se siguieron los parámetros propuestos por Fournier (1974). Donde a cada evento fenológico se le asignó un índice, el mismo que representó la magnitud del evento el cual fue registrado en porcentajes (ver anexo 4 y 5). Para esto se estableció una escala de valoración que varía en un rango entre cero y cuatro, como se detalla en la tabla 6.

Tabla 6. *Escala de valoración porcentual de la fenofase*

ESTADO	ESCALA	PORCENTAJE
Ausencia de la fenofase	0	0%
Inicio de la fenofase	1	1 – 25%
Manifestación baja de la fenofase	2	26 – 50%
Manifestación media de la fenofase	3	51 – 75%
Manifestación alta de la fenofase	4	76 – 100%

Fuente: adaptado de Fournier (1974)

3.4.6 Variables de Evaluación

Los aspectos fenológicos evaluados fueron tres fases fenológicas (floración, fructificación y Foliación) y siete eventos identificados para la especie en estudio. En la tabla 7 se detalla la codificación para cada evento fenológico.

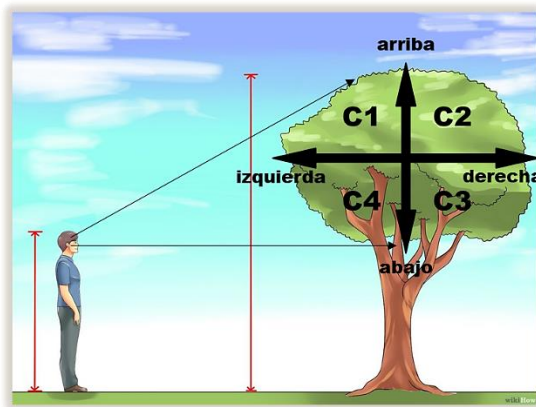
Tabla 7. *Etapas fenológicas y codificación de las fenofases de C. pubescens Vhal.*

Etapas fenológicas	Fenofase	Código
Floración	Flor botón	Fl. Bt
	Flor adulta	Fl. Ad
	Fruto joven	Fr. Jv
Fructificación	Fruto adulto	Fr. Ad
	Fruto abierto	Fr. Ab
	Hoja brotadura	Hj. Jv
Foliación	Hoja adulta	Hj. Ad

3.4.7 Observación de individuos

Las características fenológicas se evaluaron de acuerdo con el siguiente procedimiento, donde se dividió la copa del árbol en cuatro cuadrantes: Arriba-izquierda (cuadrante 1), arriba-derecha (cuadrante 2), abajo-derecha (cuadrante 3) Abajo-izquierda (cuadrante 4), y tomando como base la pendiente, como muestra la figura 3.

Figura 3. *Segmentación del cuadrante para la toma de datos*



Fuente: adaptado de García (2019)

3.4.8 Análisis de resultados

3.4.8.1 Masividad de la fenofase

Con los datos obtenidos de las observaciones mensuales mediante la escala de Fournier (1974), se determinó el índice promedio individual (IPi) y el índice promedio total (IP) por cada evento, mediante las ecuaciones 2 y 3.

$$IPi = \frac{\sum \text{valor de escala} \times \text{cuadrante}}{4} \quad \text{Ecu. (2)}$$

Fuente: (Hechavarría, 2009)

Donde:

IPi = Índice promedio quincenal individual
 \sum = sumatoria de la escala por cuadrante de cada individuo

$$IP = \frac{(\sum IPi1 + \sum IPi2 + \dots n)}{n} \quad \text{Ecu. (3)}$$

Fuente: (Hechavarría, 2009)

Donde:

IP = Índice promedio quincenal total
 \sum = Sumatoria índice promedio quincenal de cada individuo
n = total de número de individuos evaluados

Con los IP obtenidos se procedió analizar la masividad de cada evento en base a los niveles descritos por Hechavarría (2009) donde sí el: IP = < 0.5: la masividad es baja, IP = 0.5 y <1: la masividad es débil, IP = 1 y < 2: la masividad es media, IP = > 2: la masividad es intensa.

- *Complementación de datos faltantes*

Debido a las circunstancias adversas que impidieron la toma completa de datos, se realizaron pruebas de normalización de datos, a través de raíz cuadrada y arco seno de la raíz cuadrada, consecuentemente se buscó un sistema de regresión polinómica para cada uno de los eventos fenológicos. Para el análisis de datos se utilizaron dos softwares estadísticos.

El análisis de regresión involucra un conjunto de técnicas estadísticas cuyo propósito es la construcción de un modelo para la estimación de la media de una variable dependiente a partir de una variable o varias variables independientes o también llamadas regresoras (Balzarini et al., 2015) (ver anexo 6).

3.4.8.2 *Porcentaje ponderado de la fenofase*

El porcentaje ponderado viene dado por las siguientes formulas:

$$Pp = \left(\frac{\sum Vec}{16} \right) * 100 \quad \boxed{\text{Ecu. (4)}}$$

Pp: porcentaje ponderado (para cada individuo)

Vec: Valor de la escala de cada cuadrante

Una vez determinado para cada individuo en cada fenofase, se procede a realizar la ponderación del porcentaje para el total de individuos.

$$Ppt = \left(\frac{\sum Pp}{n} \right) \quad \boxed{\text{Ecu. (5)}}$$

Ppt: porcentaje ponderado para el total de individuos, es decir, para la fenofase.

n: número de individuos observados

Determinado **IP** mensual, masividad y porcentaje ponderado de las fenofases vegetativas y reproductivas en cada sitio de estudio, se precedió analizar los resultados mediante gráficas explicativas donde el eje de las abscisas representará el periodo de investigación en meses, el eje principal de las ordenadas el porcentaje fenológico (ponderado) de acuerdo con la escala de Fournier (1974), y el eje secundario de las ordenadas representará la masividad de la fenofase según la escala de (Hechavarría, 2009).

3.4.8.3 *Determinación de parámetros climáticos*

- *Precipitación*

Para la utilización de los datos climatológicos de precipitación, se revisó de los registros meteorológicos de un pluviómetro situado a una altitud de 1897 m.s.n.m, Sector Puranqui. Monitoreado diariamente por el Sr. Charles Venetor, donde proporciona datos de precipitaciones desde 9 años atrás (ver nexos 7 y 8). Al ser estos datos los más actuales y análogos al área de estudio fue factible su aplicabilidad en la investigación.

- *Relación precipitación-fenofase*

Para la relación se emplea un método estadístico usando el software estadístico InfoStat ver. 2017. La investigación se ajustó al análisis estadístico Correlación de Pearson (1904), dado que las variables en estudio comprenden valores semicuantitativos. Al ser una medida de correlación que mide la monotonía con que se mueven dos variables aleatorias (X e Y), para calcular el coeficiente se substituyen los valores observados X para fenología e Y para

precipitación. Estadístico cuyos valores varían entre -1 y 1 (Cui et al., 2020). Una correlación cercana a 1 indica una asociación positiva, ambas variables crecen y decrecen conjuntamente, una correlación cercana a -1 indica lo contrario, ver tabla 7; es decir, que si una variable crece la otra disminuye y viceversa positiva (Balzarini et al., 2015, p. 233). Para una mejor interpretación de los valores obtenidos, se hace uso de dendrofenogramas, los cuales son una representación gráfica del comportamiento de los eventos fenológicos frente a las condiciones ambientales del sitio.

Tabla 8. *Escala de valoración de la correlación de Pearson*

Valor	Interpretación
0,00 a 0,19	Muy baja correlación
0,20 a 0,39	Baja correlación
0,40 a 0,59	Moderada correlación
0,60 a 0,79	Buena correlación
0,80 a 1,00	Muy buena correlación

Fuente: Adaptado de Cui et al. (2020)

3.4.8.4 Comparación de eventos fenológicos entre ecosistemas

Para establecer la normalidad de los datos, se aplicó una prueba de normalidad de ShapiroWilks, a un nivel de significancia del 5%. A partir de esta información se realizó una prueba de U de Mann Whitney para datos no paramétricos, la cual permitió determinar las diferencias en los ecosistemas a partir de los índices de los eventos fenológicos (Meza, 2015).

Para el análisis de datos se utilizó el software estadístico InfoStat. La sistematización de los datos se lo hizo según el ecosistema, el evento a comparar y el mes en que se da la manifestación. Los valores comparativos se encuentran descritos en el anexo 15, como un aporte a los resultados.

3.4.9 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 ecosistema. La representación de cada evento se realizó con escala Fournier (1974) en base al porcentaje de manifestación.

CAPÍTULO IV

RASULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Comportamiento fenológico en sistema silvopastoril

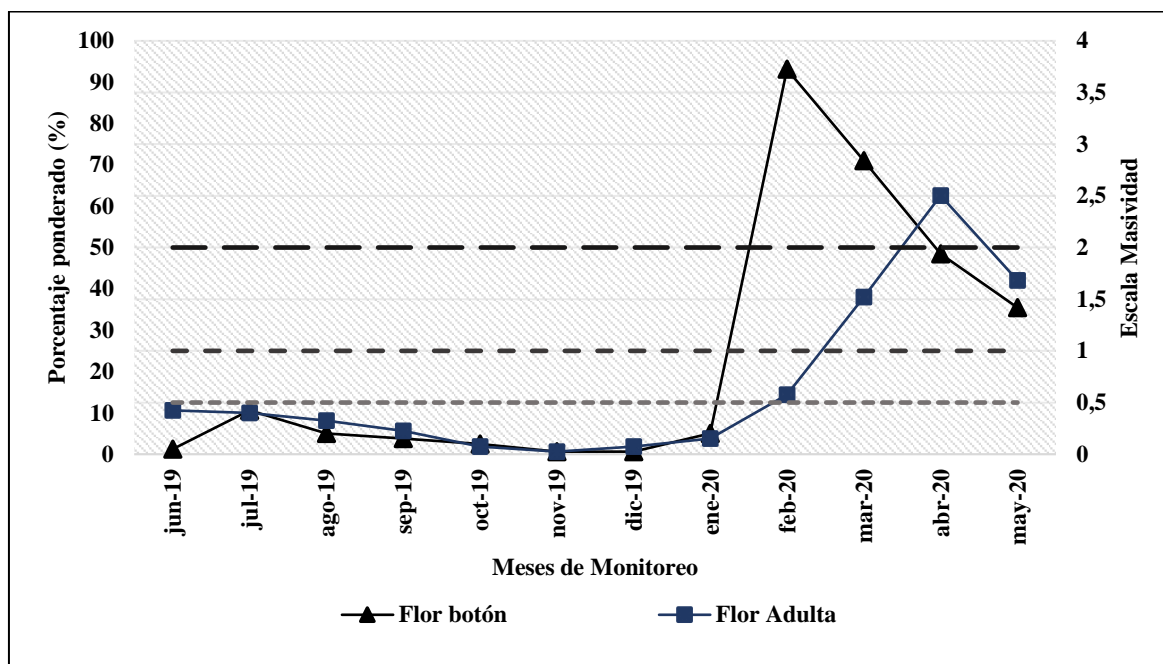
4.1.1 Floración

Las flores jóvenes presentan un periodo que va de manifestación media e intensa durante cuatro meses teniendo su pico en febrero con 93% de masividad (ver Figura 4). A partir de febrero, la manifestación del evento decrece progresivamente pasando a ser media en abril y mayo, hasta ser baja y desaparecer en el mes de junio. En el intervalo de julio a enero el evento presenta una masividad débil (<10%). Ceferino (2016) en su investigación categoriza este comportamiento como una floración en masa. La floración de *C. pubescens* ocurre una vez al año y de forma gradual. Empieza con la formación del botón floral y culmina con el desprendimiento de la estructura floral (Villar et al., 2018).

Al mes de la manifestación del botón floral se da una manifestación progresiva de la flor adulta comprendida en los meses de febrero con 14% y marzo con un 38%, masividad débil y media respectivamente. Para el mes de abril se da el pico más alto con una masividad intensa del 63%, a partir de ahí en los meses consiguientes la manifestación va decreciendo, alcanzando intensidades bajas con porcentajes menores al 10%. De modo similar Pérez et al. (2013) registran en *Quercus spp*, presencia de flores adultas en masividades bajas la mayor parte del año, aludiendo este comportamiento a que las flores y frutos se manifiestan de manera simultánea durante todo el año.

La manifestación de los eventos de floración difiere del estudio fenológico realizado en la misma especie por Jiménez, T. (2019) en Perú y Changoluisa (2020) en Ecuador, donde exponen que el pico de floración ocurre en mayo, mientras que en la presente investigación se da en abril, Jiménez, T. (2019) infiere que este comportamiento se da por los factores relacionados con la disponibilidad de agua en la planta que pueden tener el mayor rol en el control de la floración de los árboles. Por otra parte, al evidenciarse en esta investigación una manifestación baja de floración en la mayoría de los meses, se puede atribuir a lo dicho por Gómez et al. (2016b), donde este tipo de comportamiento se da por las condiciones ambientales y a los fuertes vientos que hacen disminuir la cantidad de flores.

Figura 4. Representación gráfica del evento floración de *C. pubescens*. en sistema silvopastoril durante el año de estudio.



Nota: Masividad baja (IP=< 0.5); débil (IP=0.5 y <1); media (IP=1 y < 2) e intensa (IP=> 2)

4.1.2 Fructificación

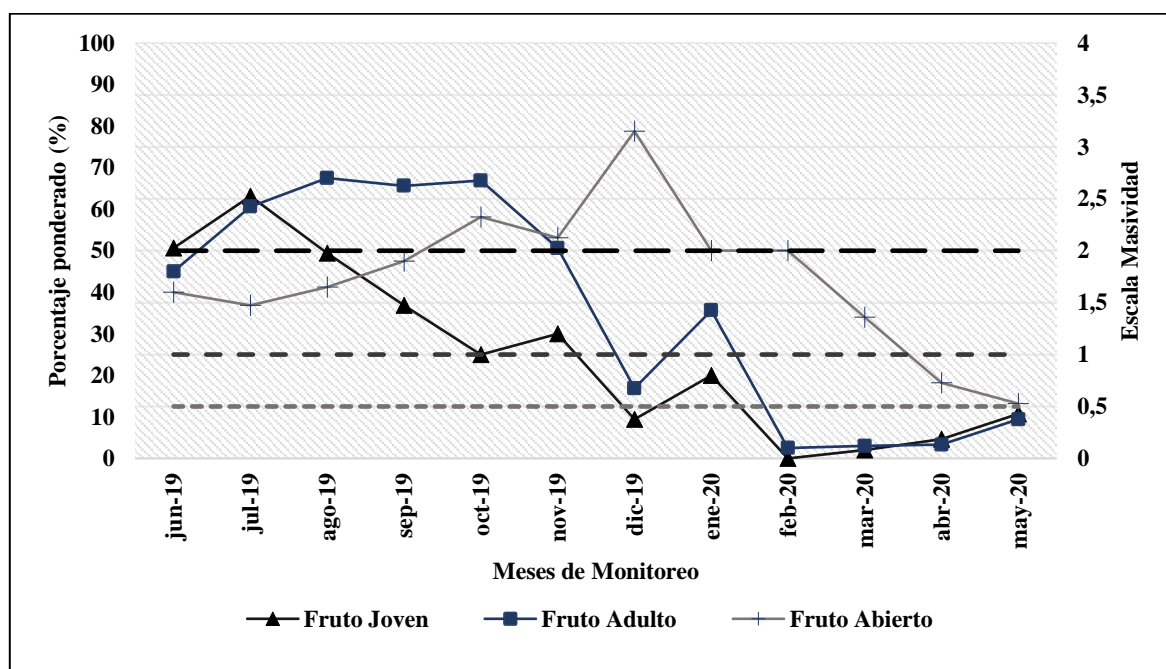
La manifestación de frutos jóvenes, para los meses de junio y julio refleja una masividad intensa, siendo en este último mes el pico máximo registrado superando el 60% de manifestación. A partir de ello, se evidenció un descenso paulatino del evento en los meses subsiguientes. Gómez et al. (2016a) señala que la especie no fructifica en intervalos fijos, este comportamiento del evento se evidenció tanto para esta investigación como para la investigación de Changoluisa (2020), donde la cantidad de frutos producidos varió de un año para otro.

Entre diciembre y enero se registra un anormal comportamiento, donde el evento fruto joven pasa de tener una masividad baja a una masividad débil y posterior desaparecer por completo en febrero (ver Figura 5). Este comportamiento según el análisis de Ferrera et al. (2017), se da por los patrones de regularidad del evento fruto joven, ya que la manifestación del evento difiere para algunos grupos de árboles, ocasionando un aumento o disminución inesperada del evento. En junio, se dio los primeros indicios de manifestación de fruto adulto con manifestación media del 45%. Gómez et al. (2016a) mencionan que la mayoría de los frutos de *C. pubescens*. presentan una coloración rojiza carmesí, en racimos densos, en su estado de maduración. En el periodo julio-octubre, la especie alcanzó su plena fructificación,

mostrándose con manifestación intensa. El pico máximo alcanzó el 68% en agosto, sin embargo, en este periodo la masividad no descendió del 60%, infiriendo este comportamiento a las condiciones que presenta el sitio. De esta manera hay una mayor intensidad en producción de frutos por periodos prolongados.

Los frutos adultos permanecen en estado maduro 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. La dehiscencia de los frutos se hace evidente dos 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 mayores al 50%, en los meses diciembre - enero consecutivos a la maduración de los frutos. Sin embargo, en las observaciones realizadas por Changoluisa (2020) el evento fruto abierto comienza a disminuir de manera paulatina hasta alcanzar una masividad débil en junio difiriendo de lo observado en esta investigación donde el declive se da en mayo.

Figura 5. Representación gráfica del evento fructificación de *C. pubescens* en sistema silvopastoril durante el año de estudio.



Nota: Masividad baja (IP=< 0.5); débil (IP=0.5 y <1); media (IP=1 y < 2) e intensa (IP=> 2)

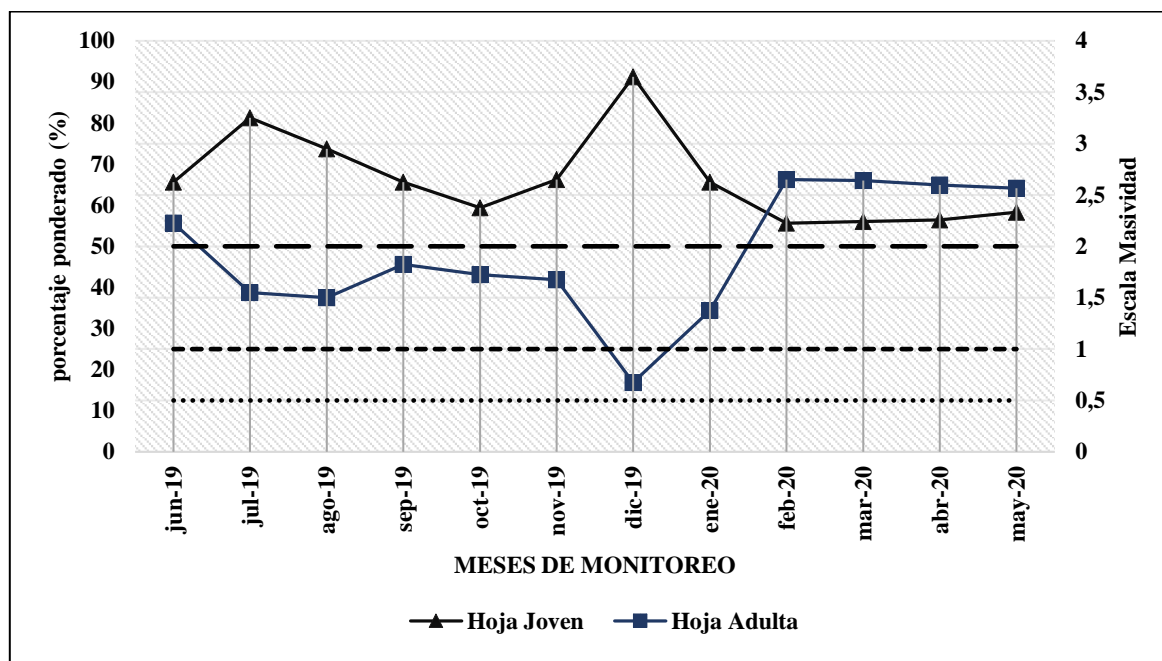
4.1.3 Foliación

Las hojas nuevas se presentaron durante todo el año de estudio, destacando dos picos máximos de manifestación, en julio (81%) en época seca y en diciembre (91%) durante la época lluviosa (ver Figura 6). Para Alvarado et al. (2002) se producen estos sucesos en las fenofases debido a los cambios estacionales del clima y por la disponibilidad de recursos, lo que causa que la especie tenga cambios estacionales en morfología y fisiología para poder sobrevivir. Esta explicación coincide con el comportamiento de la brotación en esta especie, la cual se mantuvo intensa por encima del 60% a lo largo del año. Sin embargo, entre enero y abril se evidencia un notable descenso de la manifestación llegando hasta un 56%, pese a ello ésta sigue siendo intensa. Changoluisa (2020) infiere que este comportamiento se da debido a la mayor presencia botones foliares y flores adultas. Sin embargo, en la investigación se evidencio que otro factor que influye en la manifestación de hoja joven es la mayor presencia hojas maduras.

Se observó que *C. pubescens*, presentó un recambio gradual de hojas que fluctúa sobre el 50% en diferentes épocas del año, porcentaje semejante al presentado por Changoluisa (2020) en su estudio de fenología de *C. pubescens*, donde a medida que las hojas envejecen se desprenden, generando nuevos brotes foliares en las partes apicales. De esta manera, se concuerda con Alvarado (2003) donde menciona que las condiciones climáticas y factores bióticos que se presentan este tipo de ecosistemas durante el periodo de seguimiento no influirán en la perdida de follaje de la especie y *C. pubescens*. al ser una especie perennifolia no perderá completamente sus hojas en ninguna época del año (Villar et al., 2018).

La presencia de hojas maduras se presentó en forma irregular con un comportamiento que vario del 17% al 66% a lo largo del estudio (Figura 6). Para el periodo junio-noviembre la masividad fue media (45%), mientras que para diciembre el evento descendió alcanzando una masividad débil (17%), menor al presentado por Changoluisa (2020). A partir de enero asciende progresivamente hasta alcanzar una masividad intensa (60%) en los meses de febrero a mayo. Chagas (2019) mencionan que se da este comportamiento en especies forestales como una respuesta natural a influencias bióticas y abióticas o por ausencia de un fenómeno ambiental, como precipitación e intensidad lumínica. En la investigación se observó el descenso del evento por ausencia de intensidad lumínica.

Figura 6. Representación gráfica del evento foliación de *C. pubescens* en sistema silvopastoril durante el año de estudio.



Nota: Masividad baja (IP=< 0.5); débil (IP=0.5 y <1); media (IP=1 y < 2) e intensa (IP=> 2)

4.1.4 Relación de la precipitación y comportamiento fenológico.

Al analizar los totales pluviométricos anuales registrados en los últimos ocho años por Charles Venetor, los cuales fluctúan entre los 1300 y 2100 mm (ver Anexo 7). Se evidencia dos estaciones, la primera suscitada entre junio-septiembre con valores inferiores a 50 mm, denominada seca, que según Ochoa-Gaona et al. (2008), meses con valores de precipitación menores al 50 mm se los denomina secos; y una segunda denominada lluviosa (Farfán, 2018) en el periodo octubre-mayo. El comportamiento de la precipitación en el sector de la investigación no difiere de lo observado por Farfán (2018) en su estudio de Agroecología del Ecuador, dado que se evidenció dos estaciones lluviosas, de febrero a mayo muy intensa y abundante; y de octubre a noviembre más liviana y menos abundante.

Los registros de precipitación anual muestran 2034 mm y 1824 mm para los años 2019 y 2020 respectivamente (Venetor, comunicación personal, 2020) (ver Anexo 8), en los cuales se observa que los mayores picos se registraron en los meses de noviembre, diciembre del 2019 y abril del 2020. En el mes de diciembre se registró una precipitación de 398 mm lo cual coincide con el descenso de la manifestación de las fenofases reproductivas, ya que según Chagas et al. (2019), el clima ideal para la aparición de las fenofases reproductivas, comprende lluvias uniformemente distribuidas a lo largo del año, a su vez también puede estar relacionada

con las condiciones del lugar de presencia de los individuos, que en este caso; es en silvopasturas, donde se observó frecuentes neblinas y las lluvias generalmente de larga duración y alta intensidad.

Al correlacionar las fases fenológicas y los registros de precipitación mensual, la especie presentó correlación significativa y negativa en los eventos; fruto joven y fruto adulto, tal como se muestra en la tabla 9; Esta correlación indica, a medida que la precipitación aumenta, los eventos disminuyen o viceversa (Balzarini et al., 2015). En esta investigación el ecosistema está sometido a un estrés calórico donde Alvarado et al. (2002) revelan que los eventos fenológicos son particularmente sensibles a la temperatura favoreciendo así una mayor producción de frutos. Por otra parte, Gómez et al. (2016a) exponen que la disponibilidad de recursos en el suelo favorece la manifestación de los frutos y por ello la incidencia de la precipitación en la manifestación de los eventos de fructificación es significativa para silvopasturas.

Tabla 9. *Relación de las fenofases con la precipitación en sistema silvopastoril durante el año de estudio aplicando la correlación de Pearson.*

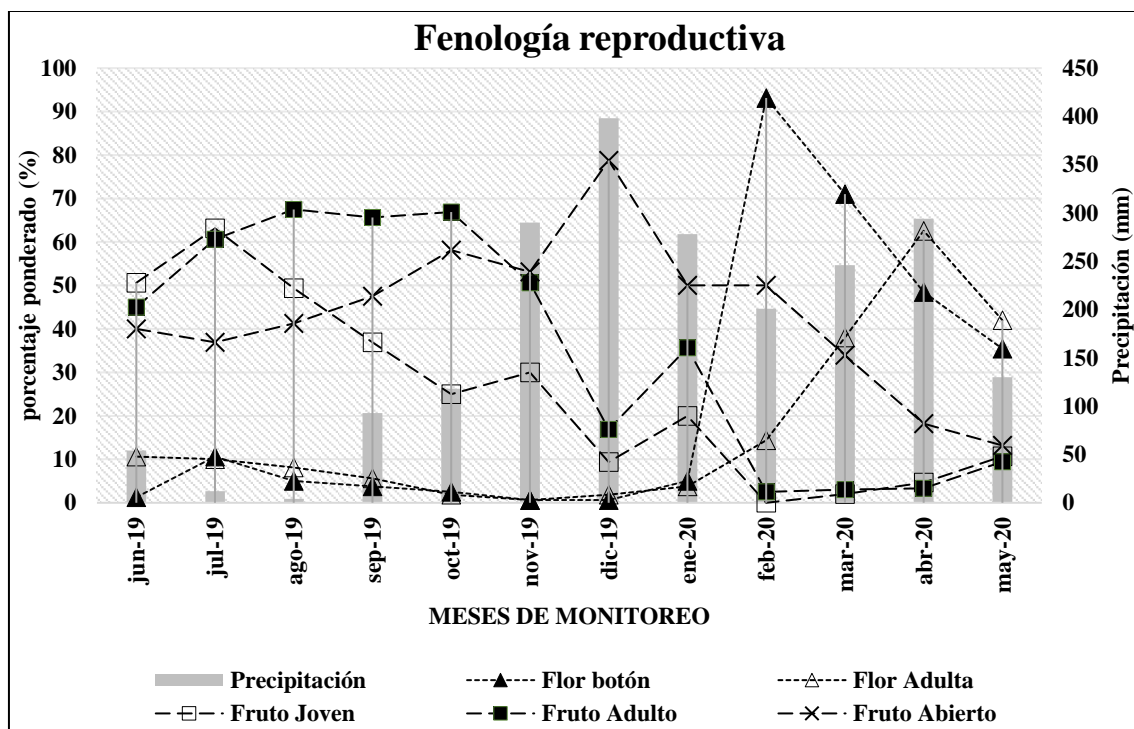
Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson(r)	p-valor	Correlación según p-valor
Precipitación	Flor botón	12	0,2	0,5343	ns
Precipitación	Flor adulta	12	0,16	0,6211	ns
Precipitación	Fruto joven	12	-0,75	0,0051	*
Precipitación	Fruto adulto	12	-0,61	0,0336	*
Precipitación	Fruto abierto	12	0,34	0,2847	ns
Precipitación	Hoja joven	12	0,02	0,9426	ns
Precipitación	Hoja adulta	12	-0,15	0,632	ns

Nota: Si p-valor <0,05 = existe correlación significativa; Si p-valor>0,05= no existe correlación significativa.
Abrev.: ns; no significativo. *; significativo

La floración se inicia con las primeras manifestaciones de lluvias (ver Figura 7), coincidiendo con el descenso de la fructificación. Presenta una correlación no significativa ($p > 0,05$) entre la floración y la precipitación. El mismo hecho se evidencia en las observaciones realizadas por Pineda et al. (2012) en otros sitios perennifolios, similar a los de la presente investigación, donde la correlación se da con la radiación solar y duración del día, mas no con la precipitación.

Barukcic y Sola (2015) mencionan que *C. pubescens*. presenta una dispersión anemócora (las semillas se dispersan a través del viento); Expuesto esto, Ferrera et al. (2017) correlacionan la precipitación con diferentes especies leñosas de dispersión anemócora, en distintas zonas de Brasil, donde en su mayoría, la floración esta correlacionada con el comienzo de la estación lluviosa y la fructificación se correlaciona con el estrés hídrico. Algo semejante ocurre en esta investigación con *C. pubescens*, donde la floración se da al iniciar la estación lluviosa, tal como se muestra en la figura 7. Sin embargo, la fructificación en este caso se correlaciona con la precipitación, mientras que la presencia de frutos secos ocurre todos los meses en las dos investigaciones.

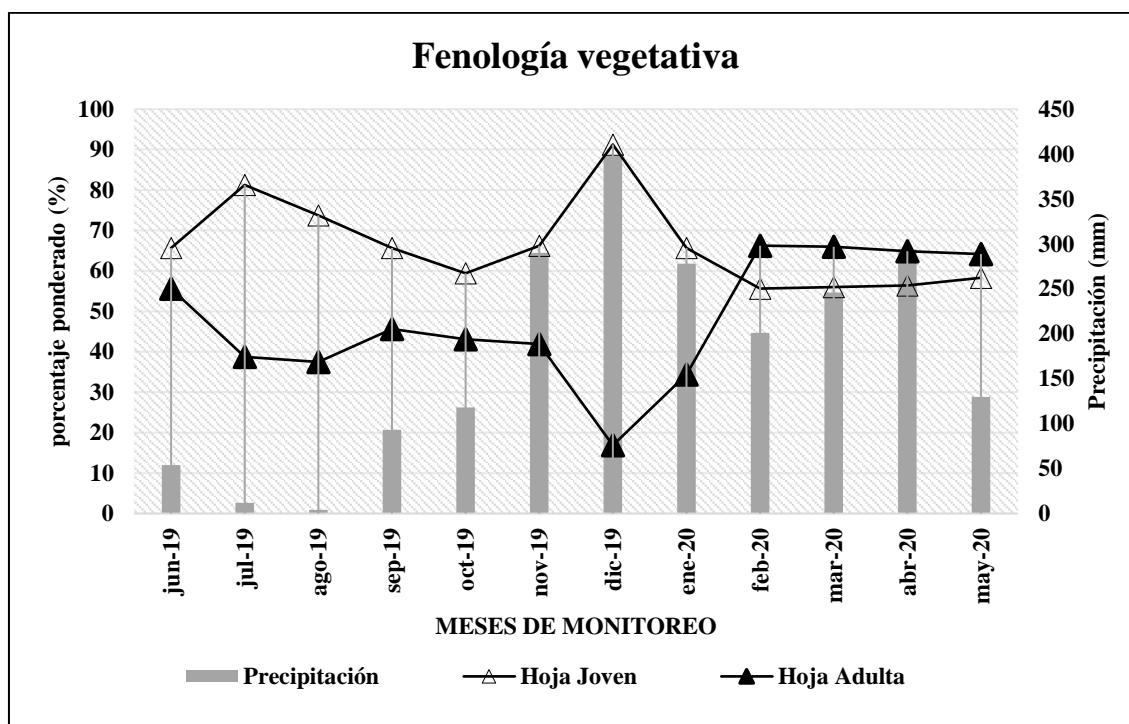
Figura 7. Dendrofenograma de la fenología reproductiva (floracion y fructificacion) de *C. pubescens* en sistema silvopastoril.



La hoja joven se manifestó intensa durante todo el año, propio de especies perennifolias. La correlación entre los eventos de foliación y la precipitación no es significativa ($p > 0,05$), es decir, ambas variables crecen y decrecen conjuntamente, tanto en periodos secos como húmedos (ver Figura 8). Williams y Meave (2002) analizan patrones fenológicos en diferentes especies perennifolias de centro América y sur América, allí se menciona que las hojas nuevas son más abundantes al inicio de la temporada lluviosa, además, observan otros picos que se dan a mediados de la temporada de lluvias, y otro al comienzo de la estación seca,

entendiéndose así que *C. pubescens*. y otras especies perennifolias presentaran una correlación similar.

Figura 8. Dendrofenograma de la fenología vegetativa (foliación) de *C. pubescens* en sistema silvopastoril.



En un estudio de determinación de magnitud y dirección de las respuestas fenológicas de las especies forestales en zonas siempre verdes frente al clima, Loubrand (1994, citado en Williams y Meave, 2002) observó que la manifestación de hojas jóvenes y adultas no está correlacionada con la precipitación. Coincidiendo con la presente investigación y con lo planteado por Ganjurjav et al. (2020, p. 25), el cual menciona que, a pesar de no haber una correlación, la precipitación juega un papel muy importante en la fenología de las plantas en muchos ecosistemas de pastizales, así como también la condición de humedad del suelo.

4.2 Comportamiento fenológico en bosque secundario

4.2.1 Floración

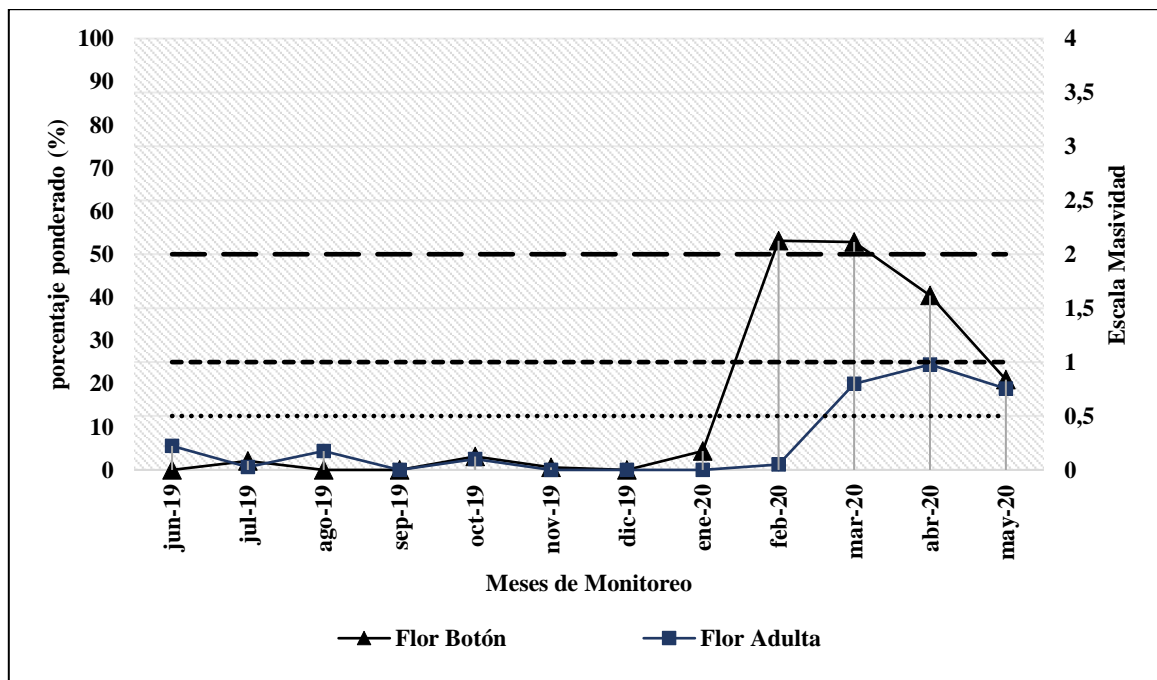
La manifestación de flores jóvenes es baja durante todo el año. En ese sentido, se evidenció en el periodo de junio-enero, que el evento permaneció con una manifestación baja (<10%),). Posteriormente se evidencia una marcada manifestación intensa del evento en febrero (53%) y en marzo una manifestación ligeramente intensa, tras esta manifestación el evento decrece en abril y mayo. En el periodo de junio a enero el evento se manifiesta bajo (ver Figura 9). Estos

valores son coincidentes con los valores observados por Changoluisa (2020, ya que presenta similares porcentajes de manifestación en las fenofases de floración. Así mismo, Jäger (2018) en su estudio de *C. pubescens* expone de manera general, que la especie presentará este tipo de comportamiento en cualquier tipo de bosques.

La presencia de flor adulta se dio un mes después de la aparición del botón floral. Se evidenció una manifestación débil durante marzo, abril y mayo; en abril se da el pico de manifestación siendo débil, aproximada a media, con un 24%. Algo semejante evidenció Urrego y del Valle (2001) en su investigación, en la cual, hace la relación fenología-clima de algunas especies de los humedales forestales, donde a este comportamiento que presenta *C. pubescens*, se lo denomina no estacional o irregular, y que puede aplicar en la presente investigación, ya que no se evidencia un periodo marcado de manifestación de sus fenofases.

En la floración del bosque secundario, se observó un comportamiento similar al anterior ecosistema. Sin embargo, las fenofases se manifestaron en menor intensidad, manteniendo una masividad baja durante ocho meses, e inclusive desapareciendo durante ese periodo. Este comportamiento según Reich (1995) y que puede aplicarse a la presente investigación, está influenciado por las continuas interacciones bióticas y abióticas suscitadas dentro del bosque.

Figura 9. Representación gráfica del evento floración de *C. pubescens* en sistema silvopastoril durante el año de estudio



Nota: Masividad baja (IP=< 0.5); débil (IP=0.5 y <1); media (IP=1 y < 2) e intensa (IP=> 2)

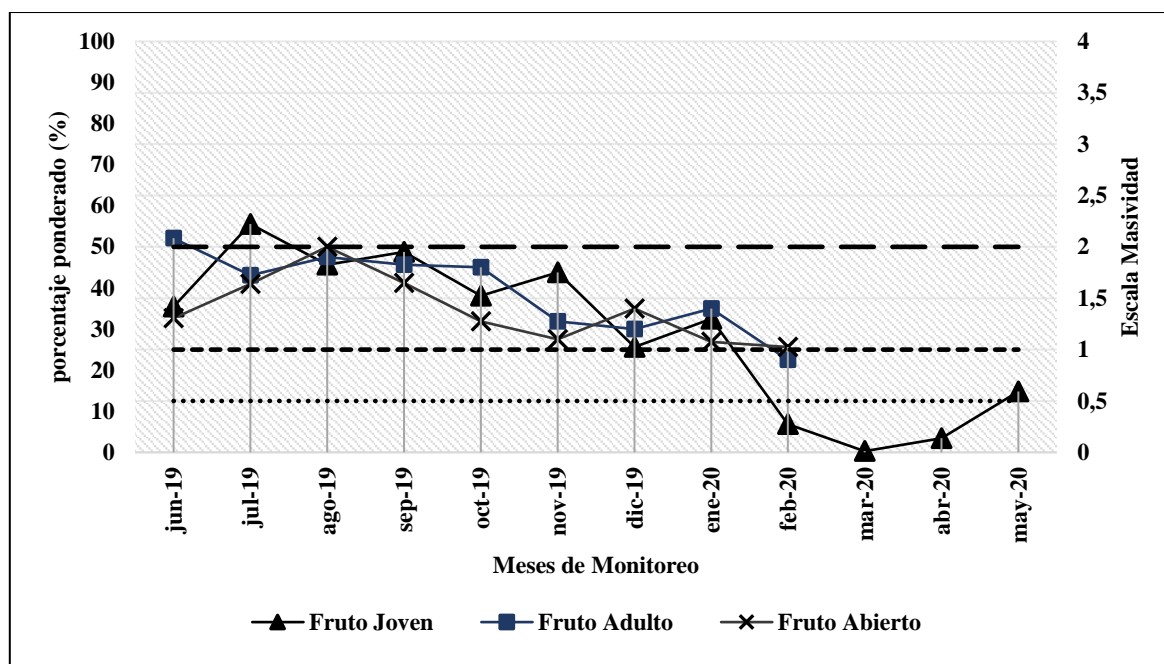
Resultados parecidos a los de la presente investigación, en los eventos de floración presenta Aponte y Sanmartin (2011) durante todo el año en *C. officinalis* en Loja. Donde su manifestación se da en el mes de enero y se declina en los meses de julio a octubre. Sin embargo, Jerez (2017) en Riobamba en la misma especie, observó que la floración inicia en febrero y declina en mayo, similar a lo observado en esta investigación en *C. pubescens*. Urrego y del Valle (2001) han atribuido que se dan estos patrones en especies forestales, debido al resultado de interacciones bióticas con factores climático-edáficos. Jiménez, T. (2019) en su estudio del género *Cinchona* en Perú, registra que la floración de *C. pubescens* y *C. oficiinalis* se da en mayo, semejante a lo observado por Changoluisa (2020) en Ecuador; situación que no se refleja en este estudio, donde se registra que el pico de floración se da en abril.

4.2.2 Fructificación

El evento fruto joven o inmaduro, presenta su pico en julio con una manifestación intensa del 56%. A partir de este mes el evento decrece irregularmente durante siete meses hasta resultar en una posible desaparición del evento en el mes de marzo (0,30%), similar comportamiento que el ecosistema anterior. Algo semejante ocurre con el fruto adulto y fruto abierto, los cuales presentan una manifestación ligeramente intensa en junio (52%) y agosto (50%), (ver Figura 10). Debe señalarse que este ecosistema presenta una baja proporción de frutos maduros con respecto a los frutos verdes. Donde la razón de este comportamiento se debe a lo dicho por Urrego y del Valle (2001) quienes exponen que temperaturas mínimas extremas pueden, en algunos casos, afectar la producción, el tamaño y maduración de los frutos. Por otra parte; y que aplica a la presente investigación, Bajpai et al. (2017) exponen que en la mayoría de las especies productoras de semillas dispersas como *C. pubescens*, tienen una maduración tardía debido a su independencia de las lluvias.

La fructificación, en este ecosistema se da durante ocho meses en el rango de manifestación media. Dentro de este rango los eventos se comportaron de manera irregular, es decir, para un mes el evento decrece (julio), luego se recupera (agosto a octubre) y en otros vuelve a decrecer (noviembre, diciembre y febrero). Aponte y Sanmartin (2011) denominan esta variación de intensidad en periodos muy cortos de tiempo como: dinámica de intensidad “zic zac”. De esta manera, se puede aludir que *C. pubescens*, al estar dentro de un ecosistema boscoso, tiende a estar en constante competición por recursos y por ende evidenciar este tipo de comportamiento en su fenología. A esto, se le agrega lo dicho por (Gómez et al., 2016b), donde el árbol de quina aparece bajo ciertas condiciones de hábitat: luminosidad, nutriente y humedad.

Figura 10. Representación gráfica del evento fructificación de *C. pubescens*. en bosque secundario durante el año de estudio.



Nota: Masividad baja (IP=< 0.5); débil (IP=0.5 y <1); media (IP=1 y < 2) e intensa (IP=> 2)

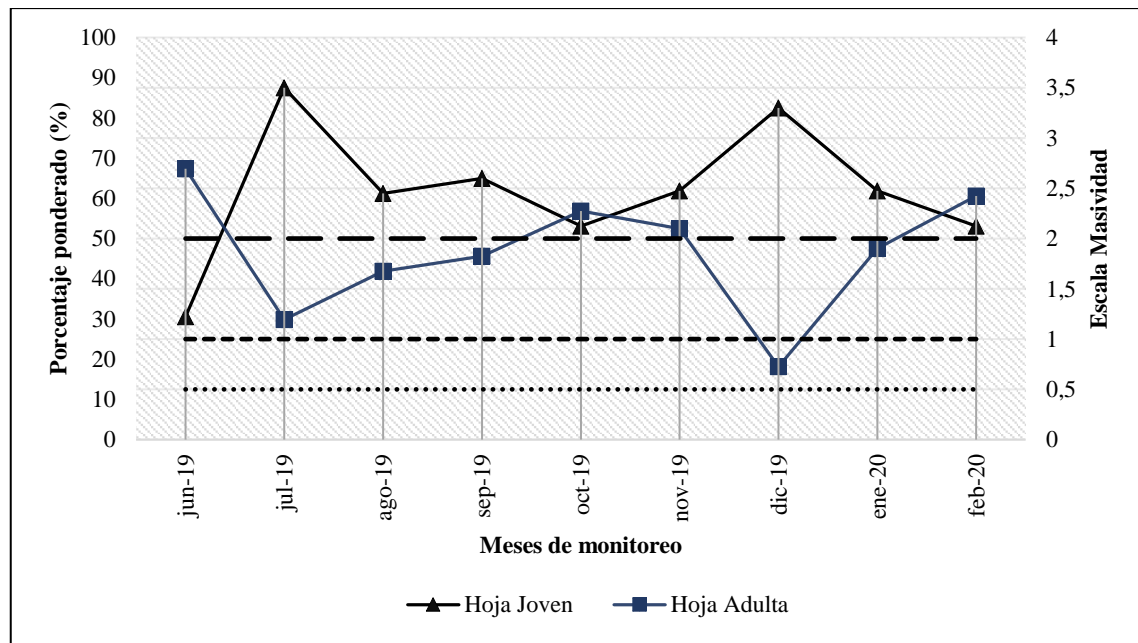
En sus registros fenológicos de 11 especies forestales de Colombia, Manrique et al. (2018) mencionan que *C. pubescens* presentan periodos máximos de desarrollo entre febrero y mayo (50-75%) en frutos jóvenes y que los frutos adultos alcanzan su máxima manifestación en abril y junio (50-75%), hecho que en cierto grado coincide con la presente investigación. En Perú, Reynel y Marcelo (2009) en la misma especie, registran su máxima manifestación en junio y septiembre, mientras que Jiménez, T. (2019) en *C. parabólica*, *C. macrocalyx* y *C. pubescens* registra la manifestación del evento en el periodo de octubre – diciembre.

Otras evaluaciones de fenología hechas por Jerez (2017) en *C. officinalis* manifiestan que la fructificación se inicia en abril y declina en junio, mientras que en esta investigación *C. pubescens*, situada en bosque secundario, inicia en junio y se declina en febrero. Por otro lado, Huamán (2020) en especies leñosas del género *Cinchona* como: *C. capulí*, *C. nítida*, *C. lancifolia*, *C. mutisii*, *C. scrobiculata* y *C. officinalis* distribuidas en Ecuador, Colombia y Perú. Describe que en los meses donde se da la manifestación de la fructificación están entre mayo, junio y julio; algo semejante ocurre en esta investigación donde *C. pubescens* presenta en los meses de junio y julio una manifestación intensa y media de la fructificación.

4.2.3 Foliación

La hoja joven o brotadura foliar presenta manifestación máxima en julio (88%), estación seca, marcando una manifestación intensa. Sin embargo, se evidencia otra manifestación intensa notoria en diciembre (83%), en estación lluviosa (ver Figura 11). Gómez y Macías (2012), sugieren aludir este comportamiento al hecho de que, durante el período de producción de nuevo follaje, dado en época de mayor precipitación, la planta está utilizando toda su energía para el ciclo vegetativo. Con esto se puede inferir que *C. pubescens* en los meses de julio y diciembre, utiliza mucha más energía en la manifestación de sus fenofases vegetativas.

Figura 11. Representación gráfica del evento foliación de *C. pubescens*. en bosque secundario durante el año de estudio



Nota: Masividad baja (IP=< 0.5); débil (IP=0.5 y <1); media (IP=1 y < 2) e intensa (IP=> 2)

La especie no perdió completamente sus hojas en ninguna época del año. De acuerdo con Alvarado (2003) la pérdida de hojas en respuesta a la sequía ha sido observada frecuentemente, teniendo como principal objetivo disminuir la transpiración. Sin embargo, en lo que respecta la pérdida de hojas de *C. pubescens* en temporadas de lluvias, se infiere que pierde parte de su follaje para captar de mejor manera el agua lluvia e infiltrar la mayor cantidad de agua para mantener la humedad dentro de su sistema, Y que, al estar situada en un bosque, está en constante competencia por este recurso con otras especies vegetales.

Los resultados alcanzados en la presente investigación difieren con los resultados obtenidos de Manrique et al. (2018) para *C. pubescens* en Colombia. Donde la especie es clasificada como perennifolia, por la pérdida y el surgimiento del follaje continua a través del tiempo, permaneciendo los árboles siempre frondosos. Por tal razón, *C. pubescens* al estar situado en otra área geográfica, registra los máximos de renuevo entre junio y noviembre, y el segundo, en marzo. Sin embargo, el hecho de tener un recambio gradual de hojas en las dos investigaciones perdura a pesar de estar en otra ubicación geográfica.

4.2.4 Relación de la precipitación en el comportamiento fenológico

En cuanto a la relación de *C. pubescens* y la precipitación, se evidencia una correlación significativa negativa en fruto adulto o maduro, correlación dada en estación seca (ver Tabla 10). Este comportamiento obedece a lo mencionado por Jäger (2018), donde expone que la especie almacena agua durante la estación lluviosa para obtener reservas suficientes de agua y posteriormente iniciar las manifestaciones del evento una vez iniciada la estación seca. Por estas razones se infiere que la precipitación no incide en las fenofases de *C. pubescens*. Otras de las causas, son las mencionadas por Caiza (2011) en su estudio de cinco especies nativas de un bosque húmedo tropical en Chimborazo, donde la producción de frutos está directamente relacionada con la cantidad de luz solar, puesto que la sequía estimula la producción en las plantas y las reservas de carbohidratos que acumulan las plantas. Hecho que se evidencia en la presente investigación ya que en el periodo de menores precipitaciones se observó una mayor manifestación de frutos.

Varios trabajos señalan que la fructificación se correlaciona con la precipitación. Considerando que en estos bosques existe una estacionalidad determinada por las precipitaciones (Aponte y Sanmartin, 2011). Pineda et al. (2012) identifican que los frutos maduran en la época de mayor disponibilidad de agua, tanto edáfica como en la planta. Hecho que se evidenció para esta investigación. Además, atribuyen este comportamiento a la humedad del sitio, el cual influye en la cantidad y tamaño de las estructuras reproductivas. Se evidenció que algunos de los patrones fenológicos de *C. pubescens*, están asociados a la estacionalidad. Por tanto, el presente estudio nos revela manifestaciones irregulares de las fenofases en la especie, que no permiten apreciar una relación clara entre la precipitación y sus eventos fenológicos en bosque secundario. Por su parte Fournier et al. (citados en Alvarado, 2003), aluden que la baja precipitación y la alta radiación solar son los factores ambientales más

importantes para determinar los eventos fenológicos en este tipo de bosques húmedos tropicales.

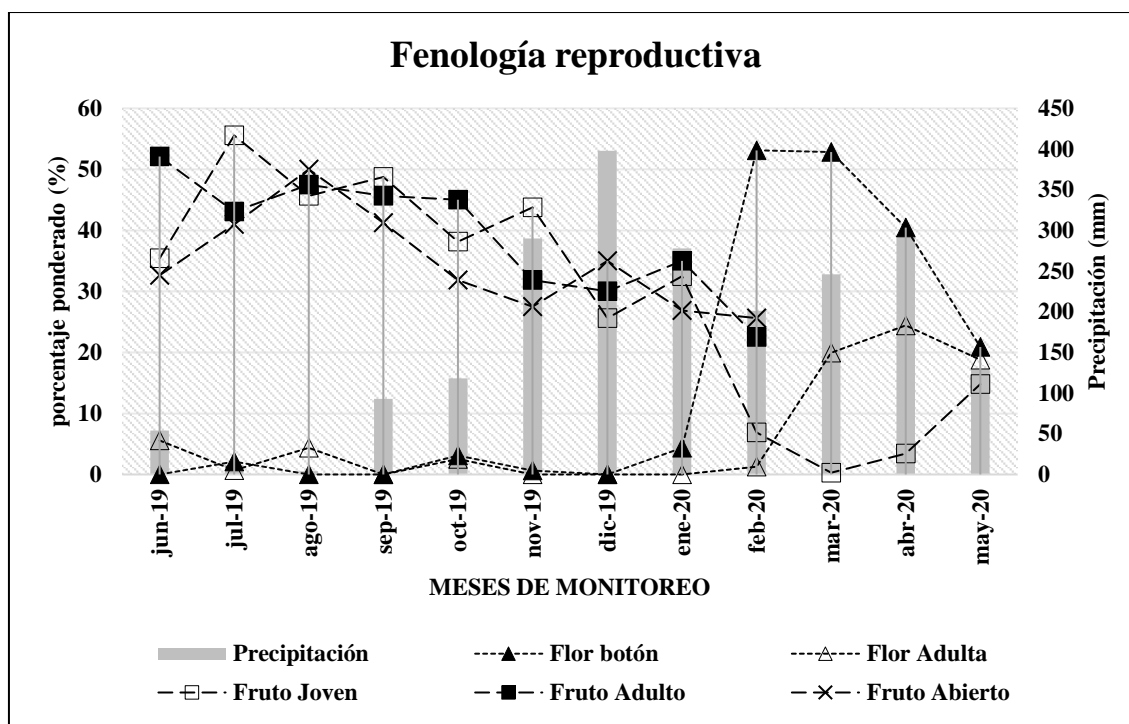
Tabla 10. Relación de las fenofases con la precipitación en bosque secundario durante el año de estudio aplicando la correlación de Pearson

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson(r)	p-valor	correlación según p-valor
Precipitación	Flor botón	12	0,29	0,3574	ns
Precipitación	Flor adulta	12	0,13	0,6865	ns
Precipitación	Fruto joven	12	-0,52	0,082	ns
Precipitación	Fruto adulto	9	-0,77	0,0148	*
Precipitación	Fruto abierto	9	-0,63	0,0699	ns
Precipitación	Hoja joven	9	0,24	0,5388	ns
Precipitación	Hoja adulta	9	-0,27	0,4805	ns

Nota: Si p-valor <0,05 = existe correlación significativa; Si p-valor >0,05 = no existe correlación significativa.
Abrev.: ns; no significativo. *; significativo

Estudios de fenología forestal han demostrado que los eventos fenológicos; floración y fructificación, no siempre están relacionados con el clima (Caiza, 2011). De ahí que, las fases reproductivas de *C. pubescens*, no presenta correlación con la precipitación. No obstante, está bien establecido que las interacciones biológicas y las relaciones filogenéticas tienen una gran influencia en fenología. Por ejemplo, Günter et al. (2008) menciona que existen otros factores influyentes en la manifestación de las fenofases reproductivas. Entre los factores que pudieron haber influido en *C. pubescens* tenemos: competencia por polinización, competencia para dispersión de semillas, evitación de herbivoría de frutos, en su defecto puede deberse a que las observaciones fueron mensuales y se pudo perder la observación de alguna fase corta de floración. También a que algunas flores son conspicuas y pasaron desapercibidas al momento de la evaluación.

Figura 12. Dendrofenograma de la fenología reproductiva (floración y fructificación) de *C. pubescens* en bosque secundario.

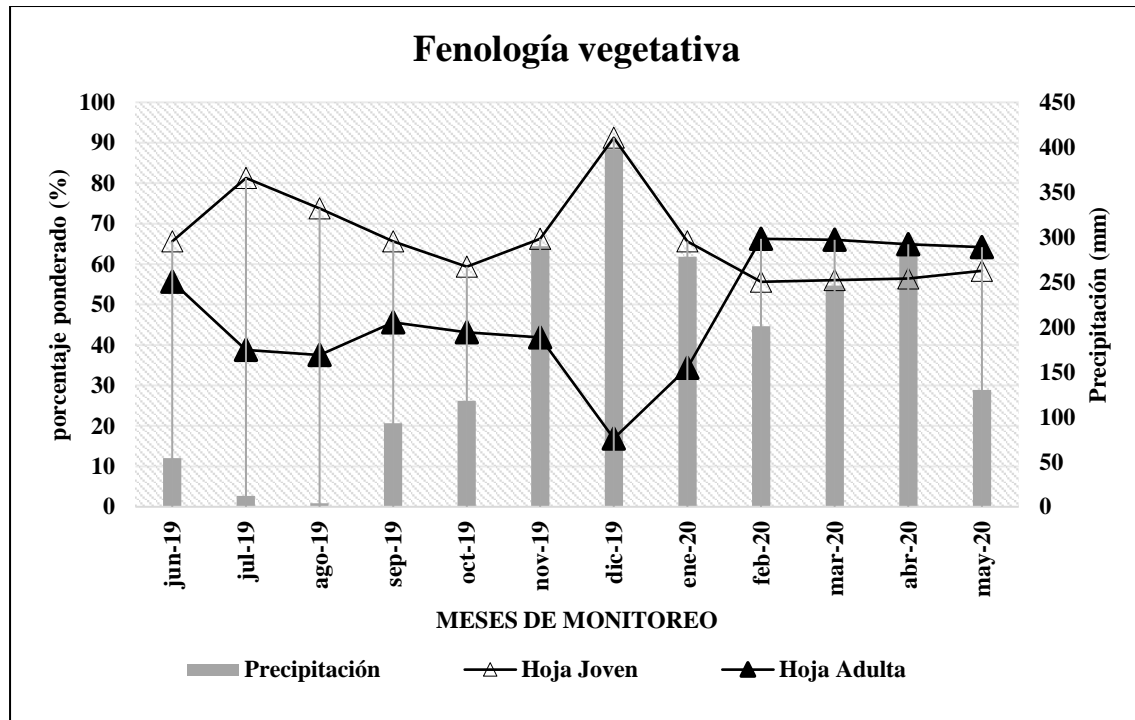


En cuanto a los eventos vegetativos no existe una correlación significativa con la precipitación, El coeficiente de correlación es bajo ($r > 0.30$) mientras que su p-valor es superior al 0.05, este comportamiento el Ministerio del ambiente [MAE] (2013) mediante un modelo de fenología general, denominó que estos ecosistemas boscosos sean siempre verde estacional, aludida a los tipos de vegetación que aunque se mantienen con hojas verdes todo el año, una parte de ellas caen principalmente en época seca, pero son reemplazadas por otras nuevas casi inmediatamente. Tal como se observa en la Figura 13, no se evidencia una afectación en el aspecto siempreverde del bosque.

Por su parte Williams y Meave (2002), exponen que la fenología vegetativa para estos bosques ha recibido relativamente poca atención en comparación con la fenología reproductiva. Quizás porque estos bosques están conformados mayoritariamente por plantas que conservan su follaje a lo largo del año, como es el caso de *C. pubescens*. Esto es evidenciado en observaciones fenológicas hechas por Jiménez, T. (2019) en diferentes especies del género *Cinchona*, donde no expone resultados de foliación o defoliación, debido a que éstas no presentaban cambios o manifestaciones significativas en su copa. Otro aspecto para tomar en cuenta es lo dicho por Teixeira et al. (2019) que cuando el índice de precipitaciones es bajo, hay una mayor pérdida de hojas y para sobrevivir necesitan producir hojas nuevas, es decir, su

senescencia en el período seco disminuiría la pérdida de agua por parte de la planta, contribuyendo a la brotación; esta situación se reflejó en la copa de *C. pubescens* situada en bosque secundario durante el año de evaluación.

Figura 13. Dendrofenograma de la fenología vegetativa (foliación) de *C. pubescens* en bosque secundario.



4.3 Comparación de las fenofases de *C. pubescens* entre el sistema silvopastoril y bosque secundario

La fenología reproductiva de *C. pubescens* respondió a un patrón anual para los eventos reproductivos en ambos ecosistemas; sin embargo, las épocas de mayor manifestación de flores y frutos no coincidieron entre ellos (ver Anexo 15). El evento fruto abierto como se aprecia en la tabla 11, se manifestó de manera diferente en los dos ecosistemas la mayor parte del año, a comparación de los otros eventos, que, en la mayoría, su manifestación solo coincidió en dos o tres meses.

Tabla 11. Valores de comparación del evento fruto abierto, entre sistema silvopastoril (A) y bosque secundario (B), mediante el método comparativo U de Mann Whitney durante el periodo de junio 2019- febrero 2020.

Mes	Ecosistemas	Fruto Abierto			Comportamiento
		IP	W	p-valor	
jun-19	A	1,6	116,5	0,3504	ns
	B	1,35			
jul-19	A	1,48	95,5	0,4588	ns
	B	1,58			
ago-19	A	1,65	96,5	0,5181	ns
	B	1,9			
sep-19	A	1,9	118	0,318	ns
	B	1,65			
oct-19	A	2,33	134,5	0,0249	*
	B	1,25			
nov-19	A	2,13	148,5	0,0009	*
	B	1,08			
dic-19	A	3,15	153	0,0002	*
	B	1,5			
ene-20	A	2	139,5	0,0084	*
	B	1,15			
feb-20	A	2	132,5	0,0337	*
	B	1,03			

Nota: Si p-valor <0,05 = existe correlación significativa; Si p-valor>0,05= no existe correlación significativa.
Abrev.: ns; no significativo. *; significativo

En los dos ecosistemas, la fase de fructificación se comportó de manera distinta en los meses de agosto, noviembre y febrero, en diferente intensidad, intensidad ya mencionada. La floración se presentó por un mayor periodo, con diferencias en los meses de julio, agosto, septiembre y enero. En ambos ecosistemas la frecuencia con que la especie presentaba un recambio gradual de hojas da lugar a que la fase vegetativa se comporte similar en todo el año, a excepción del mes de junio donde hay diferencias significativas, tal como se resume en la tabla 12.

Según estudios realizados por Bencke y Morellato (2002), determinaron que poblaciones en tipos de composiciones florísticas diferentes, pero sujetas a las mismas condiciones climáticas, mantienen en general el mismo comportamiento fenológico. Esto fue comprobado en el presente estudio y en la investigación de Changoluisa (2020), pues los árboles ubicados en áreas agrícolas y boscosas; y al estar sujetas a condiciones climáticas muy similares, tuvieron las mismas tendencias fenológicas.

Tabla 12. Resumen comparación de la manifestación de los eventos fenológicos de silvopasturas y bosque secundario en los distintos meses del año de investigación.

Mes	Evento	p-valor	Comportamiento
jul-19	flor botón	0,0484	*
ago-19	flor botón	0,0304	*
feb-20	flor botón	0,0022	*
jul-19	flor adulta	0,0146	*
ago-19	flor adulta	0,0304	*
sep-19	flor adulta	0,0124	*
ene-20	flor adulta	0,0124	*
jun-19	fruto joven	0,0161	*
dic-19	fruto joven	0,0306	*
feb-20	fruto joven	0,03	*
ago-19	fruto adulto	0,0439	*
nov-19	fruto adulto	0,0356	*
feb-20	fruto adulto	0,0007	*
jun-19	hoja joven	0,0003	*
jun-19	hoja adulta	0,0078	*
ene-20	hoja adulta	0,015	*

Nota: Se muestran datos solo de los meses donde el evento se comportó diferente en los dos ecosistemas. Si p-valor <0,05 = existe correlación significativa; Si p-valor >0,05 = no existe correlación significativa.

Abrev.: ns; no significativo. *; significativo

Según Rowe (1964, citado en Gómez y Macías, 2012) independientemente de las características ambientales del área de estudio, en algunas zonas hay certeza de que los patrones de fenología en árboles y otras plantas no es simplemente una respuesta al clima. De esta manera se puede inferir que la manifestación irregular en flores y frutos de *C.* obedece a factores como la posición del órgano en la planta, edad, sexo, así como por factores hereditarios.

Con relación a la manifestación de los eventos en los distintos meses del año, Fernández (2017) expone observaciones de algunas especies de *Cinchona* como: *C. glyulifera* en julio tiene presencia frutos maduros; *C. micrantha* con presencia de botones florales, flores formadas y con frutos en julio, y *C. scrobiculata* en estadio de floración, frutos maduros y en diseminación, en agosto. Las especies descritas concuerdan en la manifestación de la fructificación con los datos obtenidos en esta investigación. Sin embargo, la manifestación de los eventos de floración se comporta diferente. Además, Fernández (2017) registra observaciones de *C. pubescens* Vahl, con presencia de botones florales y flores adultas en marzo y en agosto frutos formados y en diseminación. Similar comportamiento al observado en esta investigación donde los eventos de floración se dan en abril para los dos ecosistemas y de fructificación en junio para bosque secundario y agosto para silvopasturas.

4.4 Calendario fenológico de *C. pubescens* Vahl.

Con la información fenológica y climática obtenida durante el año de observación se elaboró el calendario fenológico de la especie para cada ecosistema.

4.4.1 Calendario fenológico en sistema silvopastoril

La época de floración dura de tres a cuatro meses, mientras que la de fructificación dura ocho meses. La fructificación se presenta en altas intensidades en los meses de julio a noviembre. Por otra parte, Changoluisa (2020) determinó que el periodo de recolección de semilla esta entre septiembre-noviembre. Es así como, este tipo de ecosistema garantiza la presencia de semillas durante un largo periodo cada año.

Tabla 13. Calendario fenológico sistema silvopastoril

Eventos		2019						2020					
		JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
Brotadura foliar													
Hoja Adulta/madura													
Botón floral													
Flor adulta													
Fruto joven/verde													
Fruto adulto/maduro													
Fruto abierto													
Leyenda	Brotación	Hoja madura		Botón floral		Flor Adulta		Fruto joven		Fruto maduro		Fruto abierto	
	1 - 25 %												
	26 - 50 %												
	51 - 75 %												
	76 - 100 %												

4.4.2 Calendario fenológico en bosque secundario

La manifestación de la floración y fructificación para este ecosistema la masividad es baja. Changoluisa (2020), en su estudio menciona que la masividad de estos eventos es media. Sin embargo, la presencia de frutos en los individuos fue prolongada, ya que éstos se mantuvieron de cuatro a ocho meses, siendo junio el mes con mayor manifestación del evento y el ideal para recolección de semillas. Changoluisa (2020), determinó que el periodo de recolección de semilla en los meses octubre-diciembre.

Tabla 14. Calendario fenológico bosque secundario

Eventos		2019						2020						
		JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	
Brotadura foliar		Yellow	Brown	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Brown	Yellow	Yellow				
Hoja Adulta/madura		Green	Light Green	Light Green	Light Green	Green	Green		Light Green	Green				
Botón floral										Blue	Blue	Light Blue		
Flor adulta														
Fruto joven/verde		Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple					
Fruto adulto/maduro		Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow					
Fruto abierto		Cyan	Cyan	Cyan	Cyan	Cyan	Cyan	Cyan	Cyan					
Leyenda	Brotación		Hoja madura		Botón floral		Flor Adulta		Fruto joven		Fruto maduro		Fruto abierto	
	1 - 25 %		1 - 25 %		1 - 25 %		1 - 25 %		1 - 25 %		1 - 25 %		1 - 25 %	
	26 - 50 %	Yellow	26 - 50 %	Light Green	26 - 50 %	Light Blue	26 - 50 %	Light Orange	26 - 50 %	Purple	26 - 50 %	Yellow	26 - 50 %	Cyan
	51 - 75 %	Yellow	51 - 75 %	Green	51 - 75 %	Blue	51 - 75 %	Brown	51 - 75 %	Purple	51 - 75 %	Orange	51 - 75 %	Light Blue
	76 - 100 %	Brown	76 - 100 %	Dark Green	76 - 100 %	Dark Blue	76 - 100 %	Brown	76 - 100 %	Dark Purple	76 - 100 %	Red	76 - 100 %	Dark Blue

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El comportamiento fenológico de *C. pubescens* Vahl. en sistema silvopastoril presentó una manifestación intensa en todas sus fenofases. Siendo el evento hoja joven el que ese mantuvo intenso durante todo el año. En tanto, los eventos de fructificación presentaron manifestaciones medias e intensas. Además, se evidenció una floración en masa registrada en el periodo de febrero-mayo.
- En bosque secundario, las manifestaciones de las fenofases en *C. pubescens* Vahl. se dieron en menores porcentajes de masividad, a comparación del sistema silvopastoril. Al ser un bosque siempre verde, la masividad del evento hoja joven se mantuvo intensa. Mientras que los eventos de floración y fructificación, al estar cubiertos por las copas de otros árboles, variaron en su masividad, manifestándose de manera media e intensa durante todo el año.
- Para los dos ecosistemas donde se sitúa *C. pubescens* Vahl, la precipitación tuvo una relación fuerte en las variables de fruto joven y fruto adulto. Esta relación al suscitarse en el periodo donde los niveles de precipitación descendieron, indica que cuando menor sea la precipitación, mayor será la producción de frutos.

5.2 Recomendaciones

- Es recomendable realizar investigaciones de comportamiento fenológico de *C. pubescens*, en otros lugares del país para contrastar si estos eventos se presentan con similitud o varían por factores climáticos y altitudinales.
- Para investigaciones posteriores, se recomienda relacionar *C. pubescens* con temperatura, fotoperiodo, suelo, efectos antropogénicos y agentes polinizadores ya que estos también pueden ser factores que influyen en la manifestación de los eventos fenológicos de la especie.
- Partiendo de que la fenología es la base para llevar a cabo programas de restauración y/o reforestación, se recomienda que para la propagación de *C. pubescens*, la colecta de semillas viables se lo haga en el sistema silvopastoril, en vista de que presenta mejores porcentajes de manifestación en sus eventos fenológicos.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, M. (1989). La Cinchona o quina planta nacional del Ecuador. *Revista de la Academia colombiana de Ciencias* 17(65): 306-311.
- Artunduaga, C. M. (2019). Implementación de dos sistemas silvopastoriles didácticos y productivos en el Centro de Biotecnología Agropecuaria de Mosquera. *Revista Siembra CBA*, (1), 65-81.
- Alonso, J. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(2),107-115. ISSN: 0034-7485. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193022245001>.
- Alvarado, M. (2003). *Análisis fenológico y algunos aspectos reproductivos en especies selectas del matorral xerófilo del noreste de México*. (tesis de doctorado), Universidad Autónoma de Nuevo Leon, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, N. L.
- Alvarado, M., Foroughbakhch, R., Jurado, E., y Rocha, A. (2002). El cambio climático y la fenología de las plantas. *Ciencia UANL*, 5(4), 493-500.
- Aponte, R., y Sanmartin, J. (2011). *Fenología y ensayos de germinación de diez especies forestales nativas, con potencial productivo maderable y no maderable del bosque protector, el bosque de la parroquia San Pedro de Vilcabamba, Loja*. (tesis de pregrado), Universidad Nacional de Loja, Ecuador.
- Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador. (2008). *CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008*. Quito: SEMPLADES.
- Bajpai, O., Pyey, J., y Chaudhary, L. B. (2017). Periodicity of different phenophases in selected trees from Himalayan Terai of India [Periodicidad de diferentes fenofases en árboles seleccionados del Himalaya Terai de la India]. *Agroforestry Systems*, 91(2), 363-374. doi:10.1007/s10457-016-9936-9
- Balzarini, M., Di Rienzo, J., Tablada, M., Gonzalez, L., Bruno, C., Córdoba, M., y Casanoves, F. (2015). *Estadística y biometría: Ilustraciones del uso de Infostat en problemas de agronomía*. Córdoba, Argentina: Editorial Brujas.

- Barrios, A., Trincado, G., y Garreaud, R. (2018). Alternative approaches for estimating missing climate data: application to monthly precipitation records in South-Central Chile. [Enfoques alternativos para estimar los datos climáticos faltantes: aplicación a los registros de precipitación mensual en el Centro-Sur de Chile]. *Forest Ecosystems*, 5(1), 28. doi:10.1186/s40663-018-0147-x
- Barukcic, A., y Sola, M. (2015). *Desarrollo de formulaciones fito-cosméticas antioxidantes empleando como sustancia activa el extracto seco de Cinchona pubescens Vahl, Rubiaceae (cascarilla)* (tesis de maestría), Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.
- Basantes, Z. (2015). *Identificación de especies arbóreas y arbustivas para la elaboración de una propuesta de un plan de manejo en zonas de alta vulnerabilidad física y ambiental en el sector la esperanza (transecto 7), de la parroquia El Tingo, cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi*. (tesis de pregrado), Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador.
- Bencke, C., y Morellato, L. (2002). Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação [Comparación de dos métodos para evaluar la fenología de plantas, su interpretación y representación]. *Brazilian Journal of Botany*, 25(3), 269-275.
- Bendezu, Y. F. (2015). *Comportamiento fenológico de 88 especies forestales*. Instituto Nacional de Investigación Agraria, Lima (Perú)
- BOLFOR, Mostacedo, B., y Fredericksen, T. (2000). *Manual de Métodos Básicos de muestreo y análisis en Ecología Vegetal*. BOLFOR. Editora El País, Santa Cruz, Bolivia, 16-17.
- Caiza, E. (2011). *Estudio dendrológico y fenológico de cinco especies nativas en el bosque Leonan de Llucud del cantón Chambo, provincia de Chimborazo* (tesis de pregrado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Campos, J., Cerna, L., y Chico, J. (2014). Efecto del ácido glibérico, nitrato de potasio, y agua de coco en la germinación de semillas de quina, Cinchona Pubescens. *REBIOLEST*.
- Ceferino, J. (2016). *Estudio fenológico de (Bursera graveolens y eritroxylum glaucum) en la Reserva Ecológica Arenillas* (tesis pregrado). Loja: Centro universitario Pasaje.
- Chagas, K., Carvalho, B., Guerra, C., Silva, R., y Vieira, F. (2019). Fenologia do dendezeiro e correlações com variáveis climáticas [Fenología de la palma aceitera y correlaciones

con variables climáticas]. *Ciência Florestal*, 29(4), 1701-1711.
doi:<https://doi.org/10.5902/1980509822640>

Chamorro, M. (2020). *Composición y diversidad de especies leñosas y patrones de regeneración natural en potreros activos y bosques secundarios en Rivas, Nicaragua* (Disertación Doctoral), CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Changoluisa, C. (2020). *Estudio fenológico de Cinchona pubescens Vahl. (cascarilla), en dos ecosistemas ubicados en la comunidad Pucará Alto (Zona de Intag), parroquia Apuela, cantón Cotacachi – Imbabura* (tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.

Chistama, M. (2019). *Relación de gremio ecológico con la diversidad forestal del arboretum " El Huayo" del Centro de Investigación y Enseñanza Forestal*. CIEFOR, Puerto Almendra.

Código orgánico del Ambiente. (2018). *Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017*. COA. Quito, Pichincha, Ecuador.

Cui, W., Sun, Z., Ma, H., Wu, S., (2020). The Correlation Analysis of Atmospheric Model Accuracy Based on the Pearson Correlation Criterion. IOP Conference [El análisis de correlación de la precisión del modelo atmosférico basado en el criterio de correlación de Pearson. Conferencia IOP]. *Series: Materials Science y Engineering*, 780, 032045–. doi:10.1088/1757-899x/780/3/032045

de Pedraza, L., y de la Cuadra, J. (1985). *Notas para la Historia de la Meteorología en España: Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones*. España.

Eras, V., Minchala, J., Moreno, J. y Sinche, M. (2018). *Estudio Fenológico y Análisis de calidad de semillas de Algarrobo Prosopis sp., y Guayacán, Hyroanthus billbergi (Bureua y K. Schum) S. O. Grose, del bosque seco, provincia de Loja* (tesis de posgrado). Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

Farfán, F. (2018). *Agroclimatología del Ecuador*: Editorial Abanda-Yala.

Fernández, R. (2008). *Ecología para la agricultura*. *Mundi-Prensa*.
<https://elibro.net/es/ereader/utnorte/35822?page=1>

- Fernández, A. (2017). *Identificación y caracterización del género cinchona en la zona de amortiguamiento del área de conservación municipal-bosque Huamantanga, Jaén-Perú*. (tesis de posgrado), Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- Ferrera, T., Pelissaro, T., Eisinger, S., Righi, E., y Buriol, G. (2017). Phenology of native tree species in the central region of the state of Rio Grye do sul/Brazil [Fenología de especies arbóreas nativas en la región central del estado de Rio Grye do sul / Brasil]. *Ciência Florestal*, 27(3), 753-766. doi: <https://doi.org/10.5902/1980509828608>
- Fournier, L. (1974). Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba* 24: 422–423. <https://feismo.com/doc-viewer>.
- Fournier, L. y 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.
- Fuel, M. (2020). *Estructura y composición florística de un bosque secundario en la microcuenca media del Río Nangulví*. (Tesis de pregrado), Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- GAD Cantonal de Cotacachi. (2015). *Plan de desarrollo y de Ordenamiento del cantón Cotacachi*.
- Gallegos, A., González, G., Hernández, E. y Castañeda, J. (2008). Determinación de gremios ecológicos de ocho especies arbóreas de un bosque tropical de Jalisco, México. In U. d. Guadalajara (Ed.), *V Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de los Recursos Forestales*. México.
- Ganjurjav, H., Gornish, E., Hu, G., Schwartz, M., Wan, Y., Li, Y., y Gao, Q. (2020). Warming and precipitation addition interact to affect plant spring phenology in alpine meadows on the central Qinghai-Tibetan Plateau [El calentamiento y la precipitación interactúan para afectar la fenología de la primavera de las plantas en los prados alpinos en la meseta central Qinghai-Tibetana]. *Agricultural y Forest Meteorology*, 287, 107943. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.107943>
- García, D. (2019). *Identificación y selección de árboles semilleros de cinchona officinalis l. (quina) en el distrito de Querocoto, Chota – Cajamarca*. (tesis de pregrado), Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.

- Gómez, A., Beraun, L., Gómez, O., y Llatas, D. (2016a). *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 Innovación Agraria – INIA, Estación Experimental Agraria “Vista Florida”.*
- Gómez, A., Beraun, L., Gómez, O., y Llatas, E. (2016b). *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 Upaypítec, distrito de Kañaris, región Lambayeque.*
- Gómez, D. y Macías, D. (2012). Artículo de investigación fenología del palo cruz (Brownea rosa-de-monte Bergius) en un bosque seco de Bolívar, Cauca. *Colombia Forestal 15(1)*, 105–117.
- Gómez, L. (2010). Fenología reproductiva de especies forestales nativas presentes en la jurisdicción de CORANTIOQUIA, un paso hacia su conservación. *CORANTIOQUIA*, 1(Medellín, Colombia), 226.
- Gonzaga, L., Moncayo, M., Eras, V., y Aguirre, N. (2012). *Fenología, producción de hojarasca y ensayos de germinación de las principales especies nativas del bosque protector “el bosque” parroquia San Pedro de Vilcabamba.* (tesis de pregrado), Facultad Forestal. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- Gómez, M. (2007). *Evaluación de alternativas silvopastoriles utilizando: Yagual (Polylepis racemosa), Quishuar (Buddleja incana) y Colle (Buddleja coriacea); en la microcuenca del Río Chimborazo.* (Tesis de pregrado), Escuela Politécnica del Ejército, Santo Domingo de los Colorados, Ecuador.
- Guamán, P. (2014). *Identificación de Hongos Micorrízicos Arbusculares en plantas de Chinchona spp. en sitios perturbados y no perturbados de la provincia de Loja* (Tesis pregrado). Loja.
- Guevara, M. (1997). *Boletín mejoramiento genético y semillas forestales.* CATIE.
- Günter, S., Stimm, B., Cabrera, M., Díaz, M., Lojan, M., Ordoñez, E., . . . Weber, M. (2008). Tree phenology in montane forests of southern Ecuador can be explained by precipitation, radiation y photoperiodic control [La fenología arbórea en los bosques

- montanos del sur de Ecuador puede explicarse por la precipitación, la radiación y el control fotoperiódico]. *Journal of Tropical Ecology*, 247-258.
- Hechavarría, K. (1998). Aspectos metodológicos sobre la fenología de árboles forestales. *Alianza de Servicios de información Agropecuaria (SIDALC)*: <http://orton.catie.ac.cr/>
- Huamán, L. (2020). *Evaluación morfológica y del estado de conservación de seis especies del género Cinchona L. (Rubiaceae) en los Ynes del norte y centro de Perú*. (Tesis de maestría), Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Jadán, O., Toledo, C., Tepán, B., Cedillo, H., Peralta, Á., Zea, P., Castro, P. y Vaca, C. (2017). Comunidades forestales en bosques secundarios alto-andinos Azuay, Ecuador. *Bosque*, 38(1),141-154 <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=173151032016>
- Jäger, H. (2015). Biology y Impacts of Pacific Isly Invasive Species. 11. *Cinchona pubescens* (Red Quinine Tree) (Rubiaceae) [Biología e impactos de las especies invasoras de las Islas del Pacífico. 11. *Cinchona pubescens* (árbol de quinina rojo) (Rubiaceae)]. *Pacific Science*, 69(2), 133-153. doi: <https://doi.org/10.2984/69.2.1>
- Jager, H. (2018). *Cinchona pubescens III-4 Cinchona pubescens VAHL, 1790*. Charles Darwin Foundation.
- Jerez, E. (2017). *Propagación sexual y asexual de la cascarilla (Cinchona Officinalis L.), con fines de potencial reproductivo en el vivero Catiglata del Consejo Provincial de Tungurahua*. (tesis de pregrado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- Jijón, W., y Torres, K. (2008). *Fenología de cinco especies forestales en el bosque natural del cantón Mocache y parcelas establecidas en la rerepresa Daule-Peripa*. (Tesis de pregrado), Universidad Técnica Estatal de Quevedo,
- Jiménez, A. (2019). *Diversidad florística y funcional en tres tipos de formaciones vegetales de bosque muy húmedo tropical, Península de Osa*. Costa Rica.
- Jiménez, T. (2019). *Especies del género Cinchona en el área de conservación privada Huaricancha, distrito de Sónor-Huancabamba-Piura*. (tesis de pregrado), Universidad Nacional de Piura, Perú.

- Luzuriaga, C., Tandazo, G., Blanco, J., y Ruiz, T. (2017). *Ejemplo de recuperación de un bosque secundario en la amazonía: el caso de la Estación Biológica de Pindo Mirador (Pastaza, Ecuador)*. Paper presentado en el 7º Congreso Forestal Español, España.
- Ministerio del Ambiente [MAE]. (2013). Modelo de fenología general para la representación cartográfica de ecosistemas del Ecuador Continental. Quito, Ecuador
- Manrique, N., Gil, P., Gil, J., y Morales, M. (2018). Capítulo VII. Fitofenología estrategias reproductivas portada. *In Santa Rosa. 2018* (pp. 331-357).
- Marlès, J., Valor, T., López, B., Pérez, D., Maneja, R., Sánchez, S., y Boada, M. (2015). Análisis dendroclimático de *Pinus pseudostrobus* y *Pinus devoniana* en los municipios de Áporo y Zitácuaro (Michoacán), Reserva de la Biósfera de la Mariposa Monarca. *Investigaciones geográficas (88)*, 19-32.
- Márquez, J., Alba, J., Mendizábal, L., Ramírez, E., y Cruz, H. (2010). La fenología reproductiva y el manejo de los recursos forestales. *Foresta Veracruzana*, 12(2), 35-38.
- Mejía, M. (1990). Fenología: Fundamentos y métodos. En. Seminario Taller en Semillas Forestales Tropicales. (2º Bogotá, Colombia). *Memoria. Ed. T. Triviño*. Bogotá, CO: 65 79.
- Mendieta, M. y Rocha, L. (2007). *Sistemas agroforestales* (U. N. Agraria Ed.). Managua, Nicaragua.
- Meza, P. (2015). *Diversidad de anfibios y reptiles asociados a dos ambientes con diferente tipo de intervención Antrópica en el Cantón la Concordia, prov. Santo Domingo de los Tsáchilas* (Disertación Doctoral). Universidad Internacional SEK.
- Müller, A., Cunha, S., Junges, F. y Schmitt, J. (2016). Efeitos climáticos sobre a fenologia de *Lindsaea lancea* (L.) Bedd. (Lindsaeaceae) em fragmento de floresta Atlântica no sul do Brasil [Efectos climáticos sobre la fenología de *Lindsaea lancea* (L.) Bedd. (Lindsaeaceae) en un fragmento de bosque atlántico en el sur de Brasil]. *Interciencia*, 41(1), 34-39.
- Muséum national d'Histoire naturelle [Ed]. 2003-2021. *Inventaire National du Patrimoine Naturel [Inventario Nacional de Patrimonio Natural]*, Sitio web: https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/448583/tab/taxo

- Ochoa, S., Pérez, I., y de Jong, B. (2008). Fenología reproductiva de las especies arbóreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*.
- Ortega, C., y Guanuche, S. (2016). *Fenología de seis especies forestales y calidad de semillas en dos bosques altoyinos del Macizo del Cajas, provincia del Azuay*. (tesis de pregrado), Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Ospina, A. (2003). *Agroforesteria: Aportes conceptuales, metodológicos y prácticos para el estudio agroforestal*. Asociación del Colectivo de Agroecología del Suroccidente Colombiano, Cali (Colombia).
- Palacios, W. (2016). *Árboles del Ecuador. Especies representativas del Ecuador*. Universidad Técnica del Norte. Ibarra Ecuador.
- Pérez, C., Villalba, J., y Almanza, M. (2013). Fenología del roble (*Quercus humboldtii* bonpland) en Popayán (Cauca, Colombia). *Bioteconología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 2, 145-154.
- Pineda, E., Valdez, J. y López, M. (2012). Fenología de *Schizolobium parahyba* y *Vochysia guatemalensis* en una selva alta perennifolia de Oaxaca, México. *Botanical Sciences*, 90(2).
- Popenoe, W. (1942). Cultivo de la Quina [Cinchona] en Guatemala. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 5(18), 314-332. <http://bdigital.unal.edu.co/33937/1/33911-128309-1-PB.pdf>
- Reich, P. (1995). Phenology of tropical forests: patterns, causes, y consequences [Fenología de los bosques tropicales: patrones, causas y consecuencias]. *Canadian Journal of Botany*, 73(2), 164-174. doi: <https://doi.org/10.1139/b95-020>
- Reynel, C., y Marcelo, J. (2009). *Árboles de los ecosistemas forestales yinos*. Manual de identificación de especies. Lima: Programa regional ECOBONA-INTERCOOPERATION.
- Ríos, R. (2014). *Evaluación de sistemas silvopastoriles con especies forestales nativas y pastos mejorados en la producción de leche en la parroquia Papallacta provincia de Napo*. (Tesis de Maestría), Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

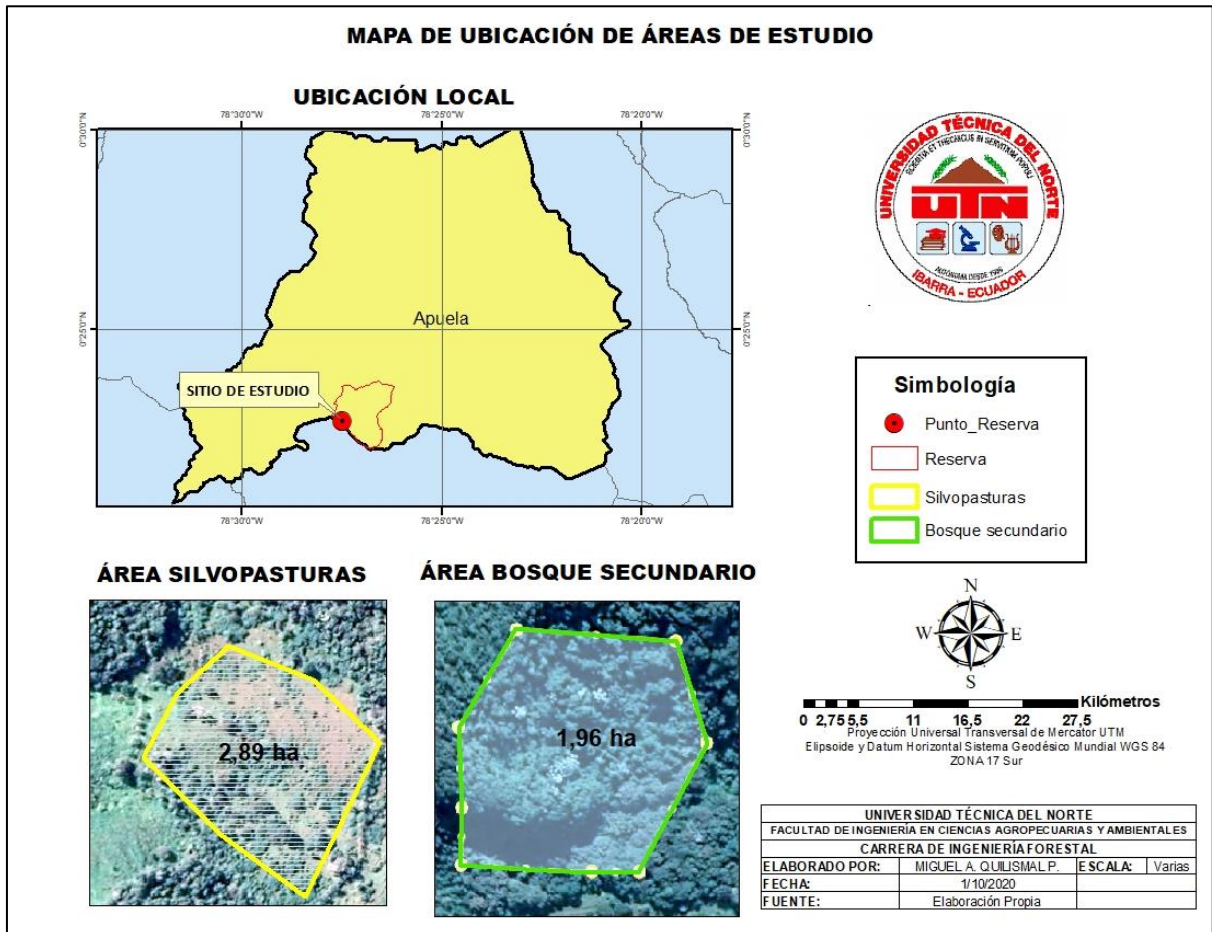
- Rivadeneira, P. (2020). *Estructura y composición florística de un bosque secundario en el sector Nangulví Alto, provincia de Imbabura*. (Tesis de pregrado), Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Secretaría Nacional de Planificación. (2021). *Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025*. Quito, Ecuador. doi: <https://www.planificacion.gob.ec/plan-de-creacion-de-oportunidades-2021-2025/>
- Smith, J., Sabogal, C., de Jong, W., y Kaimowitz, D. (1997). *Bosques secundarios como recurso para el desarrollo rural y la conservación ambiental en los trópicos de América Latina*. Paper presentado en el Taller Internacional sobre el Estado Actual y Potencial de Manejo y Desarrollo del Bosque Secundario Tropical en América Latina, Pucallpa, Perú.
- Sterringa, J. (1974). *Factores ambientales para la regeneración forestal (No. CATIE 634.923 S839f)*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba (Costa Rica).
- Teixeira, K., Barbosa, B., Gurgel, C., Rodrigues, R., y de Almeida, F. (2019). Fenología do dendezeiro e correlações com variáveis climáticas [Fenología de la palma aceitera y correlaciones con variables climáticas]. *Ciência Florestal*, 29(4). doi: <https://doi.org/10.5902/1980509822640>
- Tepan, V., y Toledo, A. (2016). *Diversidad y estructura en bosques secundarios andinos del Cantón Cuenca, Provincia del Azuay*. (Tesis de pregrado), Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Toharia, M. (1974). *Fenología y ecología*. 185-190.
- Urrego, L. y del Valle, J. (2001). Relación fenología-clima de algunas especies de los humedales forestales (guyales) del pacífico sur colombiano. *Interciencia* 26(4): 150-156.
- Vásquez, J. (1995). Comportamiento fenológico preliminar de cuatro especies forestales de áreas inundables. *Folia Amazónica*, 7(1-2), 205-217.
- Venegas, L. (1978). Metodología para Observaciones Fenológicas. *Cespedesia*, Vol. 7, pp. 25–30.
- Veneter, C. (2020). [Valores pluviométricos del sector de Puranquí].

- Villar, M., Marcelo, F., y Baselly, J. (2018). *Calendario fenológico de la Cinchona officinalis L. (árbol de la Quina)*.
- Williams, G., y Meave, J. (2002). *Patrones fenológicos. In Ecología y conservación de bosques neotropicales, RM Guariguata y GH Kattan*. San José: Libro Universitario Regional. (pp. 591-624).
- Yzarra Tito, W. J., y López Ríos, F. M. (2017). *Manual de observaciones fenológicas. SENAMHI y el Ministerio De Agricultura*. Perú.
- Zevallos, P. (1998). *Taxonomía, distribución geográfica y status de género Chinchona en el Perú*. Lima.

CAPÍTULO VII

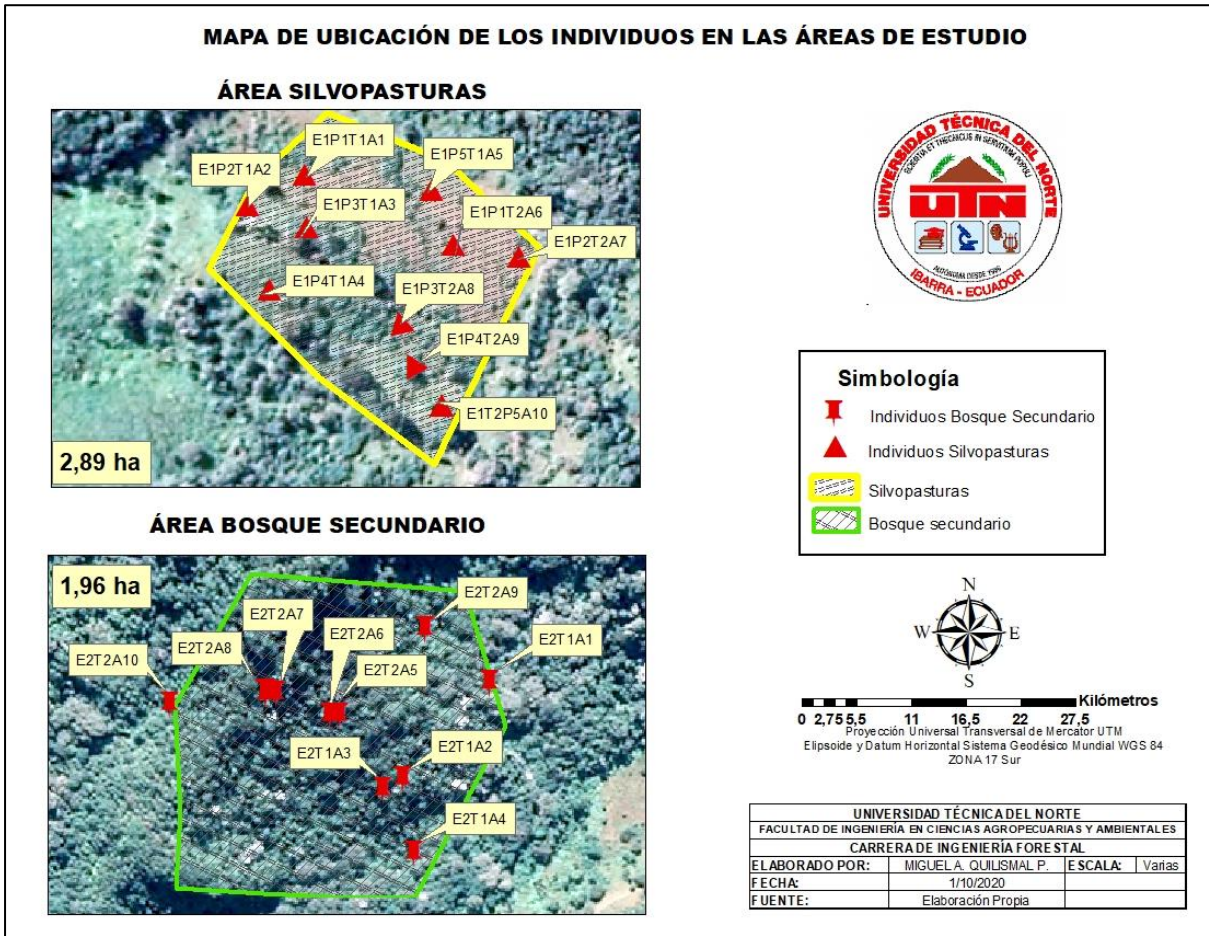
ANEXOS

Anexo 1. Mapa de delimitación de las áreas de estudio



Fuente: elaboración propia

Anexo 2. Ubicación de los individuos



Anexo 3. Matriz de análisis multicriterio para la selección de individuos de *C. pubescens* Vhal.

Análisis Multicriterio						
Fecha:						
Observador:		Observación:				
N° Transecto:						
Sistema		Coord	X:		Y:	

Árboles cyidatos	CRITERIOS							TOTAL
	Rectitud Fuste	Estado Fitosanitario	Forma de Copa	Inserción Ramas	Facilidad Observación	DAP(cm)	Altura (m)	

Escala de valoración	
PONDERACIÓN	CALIFICATIVO
0	malo
1	regular
2	bueno
3	muy bueno
4	Sobresaliente

Fuente: elaboración propia

Anexo 4. Matriz, hoja de registro de datos fenológicos

OBSERVADOR:				PENDIENTE:				
FECHA inicio:				ECOSISTEMA				
ESPECIE:				ALTITUD:				
DAP(cm):		CAP(cm):		CLIMA:				
SECTOR:				OBSERVACIONES				
PARROQUIA				COORDENADAS:	X:		Y:	

Individuo N°: 1	Fl. Bt				Fl. Ad				Fr. Jv				Fr. Ad				Fr. Ab				Hj. Jv				Hj. Ad							
TIP1AC01																																
Fecha	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4				
Suma																																
IP																																

N°	Nombre	Código
1	Flor botón	Fl. Bt
2	Flor adulta	Fl. Ad
3	Fruto Joven	Fr. Jv
4	Fruto adulto	Fr. Ad
5	Fruto abierto	Fr. Ab
6	Hoja joven	Hj. Jv
7	Hoja adulta	Hj. Ad

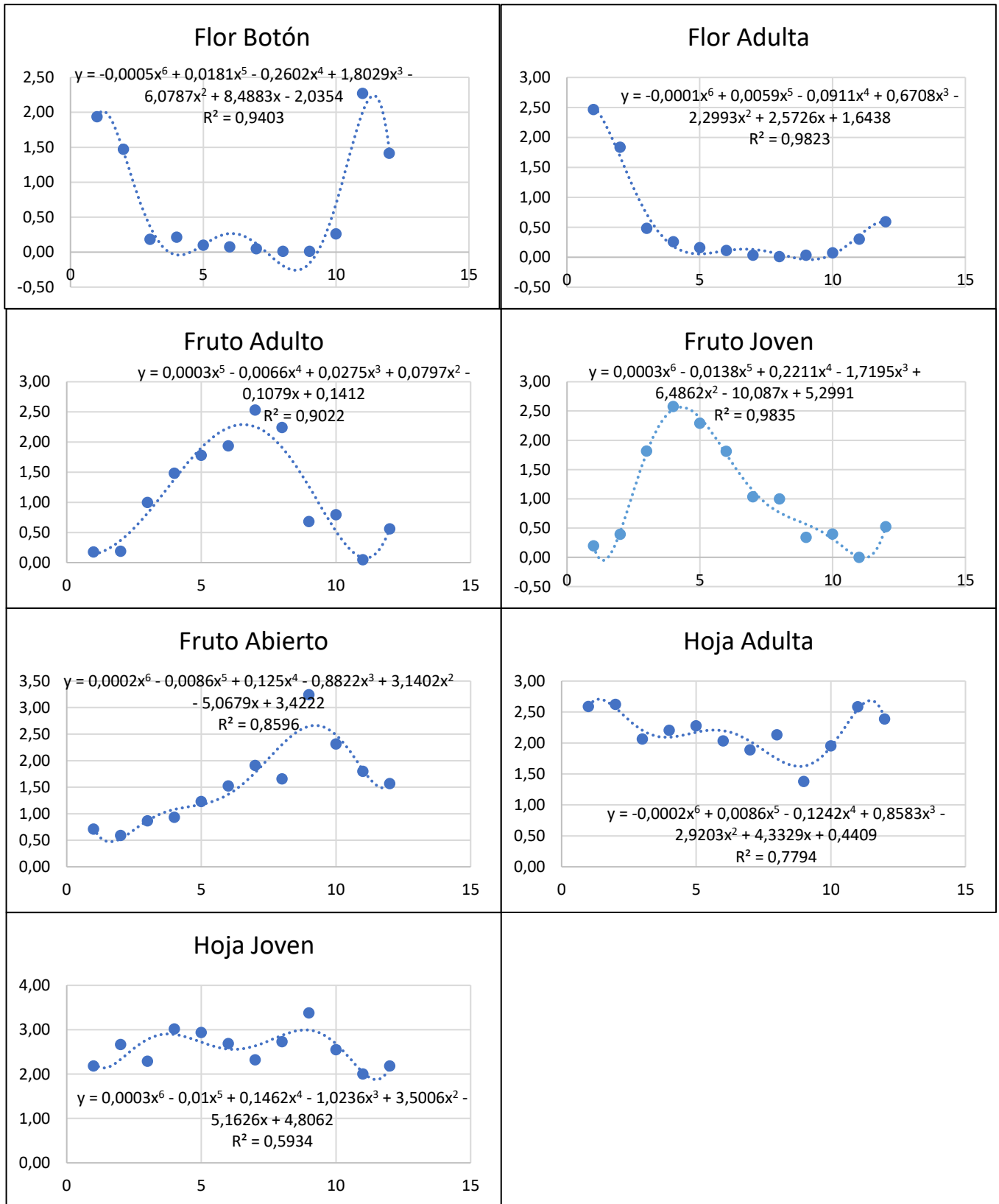
Fuente: elaboración propia

Anexo 5. Datos recogidos en campo de *Cinchona Pubescens* Vahl. en sistema silvopastoril

OBSERVADOR:	Miguel Angel Quilismal Paguay			PENDIENTE:	15-30%			
FECHA inicio:	26/6/2019			ECOSISTEMA:	Silvopasturas			
ESPECIE:	<i>Cinchona pubescens</i>			ALTITUD:	2100			
DAP(cm):	12,73	CAP(cm):	40	CLIMA:	Templado-Húmedo			
SECTOR:	Santa Rosa			OBSERVACIONES:				
PARROQUIA:	Apuela			COORDENADA	X	17N821481	Y	40596

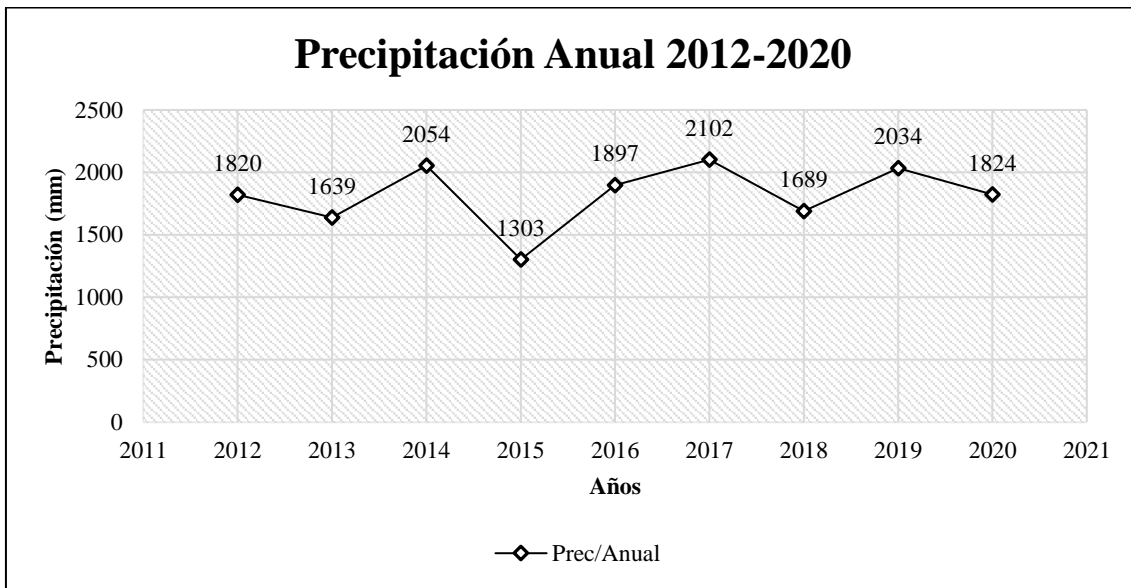
Individuo N°: 1	Fl. Bt				Fl. Ad				Fr. Jv				Fr. Ad				Fr. Ab				Hj. Jv				Hj. Ad			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
26/6/2019	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3	0	2	3	3	3	3					2	3	4	4	2	2	2	2
26/7/2019	1	1	2	1	1	1	0	1	2	2	3	3	3	3	2	3					3	4	3	4	2	1	1	2
25/8/2019	0	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2	3	3	2	1	3	3	2	4	3	3	2	2	2	2	2	2
28/9/2019	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	4	4	3	4	3	3	4	3	2	1	3	2	2	3	2	2
29/10/2019	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	4	4	3	3	4	3	4	4	2	2	2	2	2	3	2	2
27/11/2019	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	2	1	2	2	2	3	3	2	3	2	3	2	2	2	1	2
26/12/2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2	1	1	4	3	4	3	3	3	4	3	1	2	1	1
28/1/2020	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	3	2	3	3	2	3	3	3	2	3	2	2	2	1	1	1
28/2/2020	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	2	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3

Anexo 7. Contrucción de modelos estadísticos para la complementación de datos, aplicyo un análisis de regresión polinómica para cada uno de los eventos fenológicos.



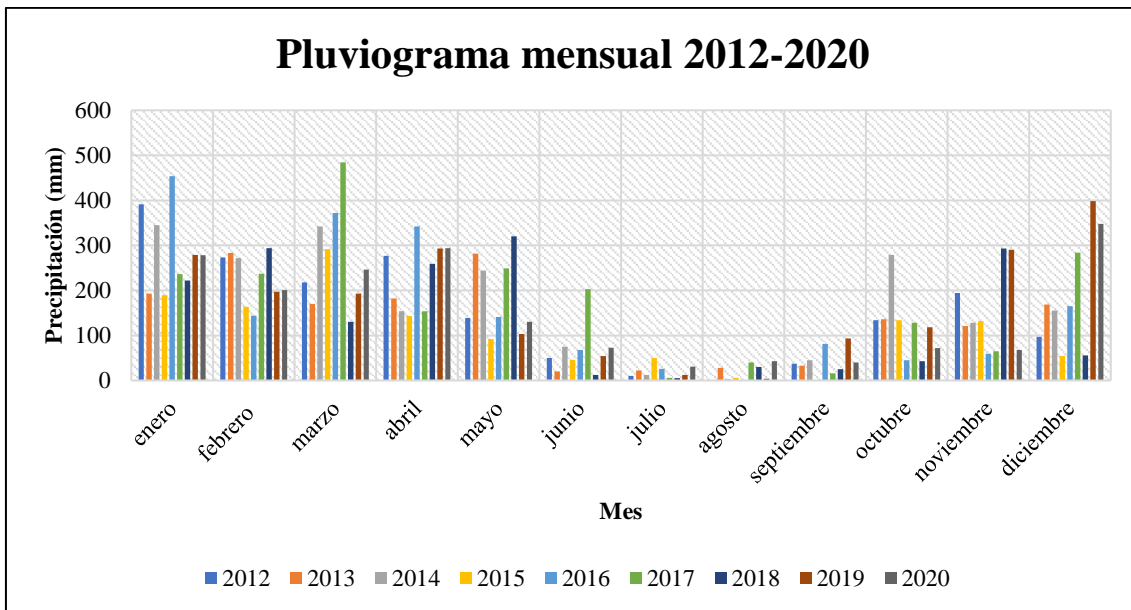
Nota: se utilizó los softwares: Microsoft Excel ver. 2017 e InfoStat ver. 2017

Anexo 8. Valores de precipitación tomados por pluviometro durante 8 años en el sector Purnqui, Zona de Intag.



Fuente: (Venetor, 2020)

Anexo 9. Pluviograma mensual 2012-2020



Fuente: (Venetor, 2020)

Anexo 10. Índice de promedio mensual de los eventos fenológicos de los individuos de *C. pubescens* en sistema silvopastoril.

Índice de Promedio Mensual							
MES	Flor Botón	Flor Adulto	Fruto Joven	Fruto Adulto	Fruto Abierto	Hoja brotadura	Hoja Adulta
jun-19	0,05	0,43	2,03	1,80	1,60	2,63	2,23
jul-19	0,43	0,40	2,53	2,43	1,48	3,25	1,55
ago-19	0,20	0,33	1,98	2,70	1,65	2,95	1,50
sep-19	0,15	0,23	1,48	2,63	1,90	2,63	1,83
oct-19	0,10	0,08	1,00	2,68	2,33	2,38	1,73
nov-19	0,03	0,03	1,20	2,03	2,13	2,65	1,68
dic-19	0,03	0,08	0,38	0,68	3,15	3,65	0,68
ene-20	0,20	0,15	0,80	1,43	2,00	2,63	1,38
feb-20	3,73	0,58	0,00	0,10	2,00	2,23	2,65
jun-19	2,83	1,54	0,09	0,12	1,36	2,24	2,62
jul-19	1,94	2,50	0,19	0,13	0,73	2,26	2,60
ago-19	1,42	1,68	0,43	0,38	0,53	2,33	2,57

Nota: Masividad baja IP=< 0.5; débil IP=0.5 y <1; media IP=1 y < 2 e intensa IP=> 2

Fuente: elaboración propia

Anexo 11. Porcentaje mensual de los eventos fenológicos de los individuos de *C. pubescens* en sistema silvopastoril.

Porcentaje ponderado de la fenofase (%)							
MES	Flor Botón	Flor Adulto	Fruto Joven	Fruto Adulto	Fruto Abierto	Hoja brotadura	Hoja Adulta
jun-19	1	11	51	45	40	66	56
jul-19	11	10	63	61	37	81	39
ago-19	5	8	49	68	41	74	38
sep-19	4	6	37	66	48	66	46
oct-19	3	2	25	67	58	59	43
nov-19	1	1	30	51	53	66	42
dic-19	1	2	9	17	79	91	17
ene-20	5	4	20	36	50	66	34
feb-20	93	14	0	3	50	56	66
jun-19	71	38	2	3	34	56	66
jul-19	48	63	5	3	18	56	65
ago-19	35	42	11	9	13	58	64

Fuente: elaboración propia

Anexo 12. Porcentaje mensual de los eventos fenológicos de los individuos de *C. pubescens* en bosque secundario

Índice de Promedio Mensual							
MES	Flor Botón	Flor Adulto	Fruto Joven	Fruto Adulto	Fruto Abierto	Hoja brotadura	Hoja Adulta
jun-19	0,00	0,22	1,42	2,08	1,31	1,22	2,69
jul-19	0,08	0,03	2,22	1,72	1,64	3,50	1,19
ago-19	0,00	0,18	1,83	1,90	2,00	2,45	1,68
sep-19	0,00	0,00	1,95	1,83	1,65	2,60	1,83
oct-19	0,13	0,10	1,53	1,80	1,28	2,13	2,28
nov-19	0,03	0,00	1,75	1,28	1,10	2,48	2,10
dic-19	0,00	0,00	1,03	1,20	1,40	3,30	0,73
ene-20	0,18	0,00	1,30	1,40	1,08	2,48	1,90
feb-20	2,13	0,05	0,28	0,90	1,03	2,13	2,43
jun-19	2,11	0,80	0,01				
jul-19	1,62	0,98	0,14				
ago-19	0,84	0,75	0,59				

Nota: Masividad baja IP=< 0.5; débil IP=0.5 y <1; media IP=1 y < 2 e intensa IP=> 2

Fuente: elaboración propia

Anexo 13. Índice de promedio mensual de los eventos fenológicos de los individuos de *C. pubescens* en bosque secundario

Porcentaje ponderado de la fenofase (%)							
MES	Flor Botón	Flor Adulto	Fruto Joven	Fruto Adulto	Fruto Abierto	Hoja brotadura	Hoja Adulta
jun-19	0	6	35	52	33	31	67
jul-19	2	1	56	43	41	88	30
ago-19	0	4	46	48	50	61	42
sep-19	0	0	49	46	41	65	46
oct-19	3	3	38	45	32	53	57
nov-19	1	0	44	32	28	62	53
dic-19	0	0	26	30	35	83	18
ene-20	4	0	33	35	27	62	48
feb-20	53	1	7	23	26	53	61
jun-19	53	20	0				
jul-19	40	24	3				
ago-19	21	19	15				

Fuente: elaboración propia

Anexo 14. Escala de valoración detallada de la correlación de Pearson.

Valor	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Fuente: Suarez (2011)

Anexo 15. Valores de *comparación de las fenofases de C. pubescens, entre sistema silvopastoril (A) y bosque secundario (B), mediante el método comparativo U de Mann Whitney durante el periodo de junio 2019- febrero 2020.*

Mes	Ecosistemas	Media	Flor Botón		Comportamiento
			W	p-valor	
jun-19	A	0,10	120	0,0678	ns
	B	0,00			
jul-19	A	0,43	128	0,0484	*
	B	0,08			
ago-19	A	0,20	125	0,0304	*
	B	0,00			
sep-19	A	0,15	120	0,067	ns
	B	0,00			
oct-19	A	0,10	104,5	0,9568	ns
	B	0,13			
nov-19	A	0,03	105	0,9999	ns
	B	0,03			
dic-19	A	0,03	110	0,3171	ns
	B	0,00			
ene-20	A	0,20	106	0,9348	ns
	B	0,23			
feb-20	A	3,73	144,5	0,0022	*
	B	2,43			

Nota: Si p-valor <0,05 = existe correlación significativa; Si p-valor >0,05= no existe correlación significativa.
Abrev.: ns; no significativo. *; significativo

Flor Adulta					
Mes	Ecosistemas	Media	W	p-valor	Comportamiento
jun-19	A	0,43	109,5	0,7223	ns
	B	0,38			
jul-19	A	0,4	132,5	0,0146	*
	B	0,03			
ago-19	A	0,33	125	0,0304	*
	B	0			
sep-19	A	0,23	130	0,0124	*
	B	0			
oct-19	A	0,08	104,5	0,9568	ns
	B	0,1			
nov-19	A	0,03	110	0,3171	ns
	B	0			
dic-19	A	0,08	115	0,1467	ns
	B	0			
ene-20	A	0,15	130	0,0124	*
	B	0			
feb-20	A	0,58	119	0,1917	ns
	B	0,05			

Nota: Si p-valor <0,05 = existe correlación significativa; Si p-valor>0,05= no existe correlación significativa.
Abrev.: ns; no significativo. *; significativo

Fruto Joven					
Mes	Ecosistemas	IP	W	p-valor	Comportamiento
jun-19	A	2,03	136,5	0,0161	*
	B	1,38			
jul-19	A	2,53	116	0,401	ns
	B	2,15			
ago-19	A	1,98	108	0,8184	ns
	B	1,95			
sep-19	A	1,48	81	0,0668	ns
	B	2,05			
oct-19	A	1	96,5	0,5172	ns
	B	1,6			
nov-19	A	1,2	88	0,1869	ns
	B	1,78			
dic-19	A	0,38	77	0,0306	*
	B	0,83			
ene-20	A	0,8	88,5	0,2044	ns
	B	1,13			
feb-20	A	0	85	0,03	*
	B	0,23			

Nota: Si p-valor <0,05 = existe correlación significativa; Si p-valor>0,05= no existe correlación significativa.
Abrev.: ns; no significativo. *; significativo

Fruto Adulto					
Mes	Ecosistemas	IP	W	p-valor	Comportamiento
jun-19	A	1,8	89	0,2252	ns
	B	2,23			
jul-19	A	2,43	126,5	0,1008	ns
	B	1,6			
ago-19	A	2,7	131,5	0,0439	*
	B	1,65			
sep-19	A	2,63	126,5	0,101	ns
	B	1,9			
oct-19	A	2,68	125	0,1279	ns
	B	1,8			
nov-19	A	2,03	132,5	0,0356	*
	B	1,35			
dic-19	A	0,68	81	0,0663	ns
	B	1,2			
ene-20	A	1,43	98,5	0,6171	ns
	B	1,45			
feb-20	A	0,1	62	0,0007	*
	B	0,9			

Nota: Si p-valor <0,05 = existe correlación significativa; Si p-valor>0,05= no existe correlación significativa.

Abrev.: ns; no significativo. *; significativo

Fruto Abierto					
Mes	Ecosistemas	IP	W	p-valor	Comportamiento
jun-19	A	1,6	116,5	0,3504	ns
	B	1,35			
jul-19	A	1,48	95,5	0,4588	ns
	B	1,58			
ago-19	A	1,65	96,5	0,5181	ns
	B	1,9			
sep-19	A	1,9	118	0,318	ns
	B	1,65			
oct-19	A	2,33	134,5	0,0249	*
	B	1,25			
nov-19	A	2,13	148,5	0,0009	*
	B	1,08			
dic-19	A	3,15	153	0,0002	*
	B	1,5			
ene-20	A	2	139,5	0,0084	*
	B	1,15			
feb-20	A	2	132,5	0,0337	*
	B	1,03			

Nota: Si p-valor <0,05 = existe correlación significativa; Si p-valor>0,05= no existe correlación significativa.

Abrev.: ns; no significativo. *; significativo

Hoja Joven					
Mes	Ecosistemas	IP	W	p-valor	Comportamiento
jun-19	A	2,63	152,5	0,0003	*
	B	1,25			
jul-19	A	3,25	87	0,1609	ns
	B	3,5			
ago-19	A	2,95	112,5	0,5659	ns
	B	2,68			
sep-19	A	2,63	107	0,8789	ns
	B	2,58			
oct-19	A	2,38	118,5	0,3005	ns
	B	2,05			
nov-19	A	2,65	117,5	0,3326	ns
	B	2,4			
dic-19	A	3,65	128	0,0755	ns
	B	3,23			
ene-20	A	2,63	104	0,9383	ns
	B	2,48			
feb-20	A	2,23	118	0,3208	ns
	B	2,05			

Nota: Si p-valor <0,05 = existe correlación significativa; Si p-valor>0,05= no existe correlación significativa.
Abrev.: ns; no significativo. *; significativo

Hoja Adulta					
Mes	Ecosistemas	Media	W	p-valor	Comportamiento
jun-19	A	2,23	70,5	0,0078	*
	B	2,78			
jul-19	A	1,55	122,5	0,1814	ns
	B	1,23			
ago-19	A	1,5	108,5	0,7879	ns
	B	1,5			
sep-19	A	1,83	100	0,702	ns
	B	1,88			
oct-19	A	1,73	87,5	0,1815	ns
	B	2,2			
nov-19	A	1,68	82,5	0,0796	ns
	B	2,05			
dic-19	A	0,68	99	0,631	ns
	B	0,83			
ene-20	A	1,38	73,5	0,015	*
	B	1,9			
feb-20	A	2,65	121	0,2201	ns
	B	2,48			

Nota: Si p-valor <0,05 = existe correlación significativa; Si p-valor>0,05= no existe correlación significativa.
Abrev.: ns; no significativo. *; significativo