



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

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

**FENOLOGÍA DE *Alnus nepalensis* D. DON EN DIFERENTES  
NIVELES ALTITUDINALES Y SU RELACIÓN CON LA  
PRECIPITACIÓN, ZONA INTAG, CANTÓN COTACACHI.**

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

### **AUTOR**

Maryuri Mora Aux

### **DIRECTOR**

Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, Mgs.

**IBARRA – ECUADOR**

2021

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

### FENOLOGÍA DE *Alnus nepalensis* D. DON EN DIFERENTES NIVELES ALTITUDINALES Y SU RELACIÓN CON LA PRECIPITACIÓN, ZONA INTAG, CANTÓN COTACACHI.

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

**INGENIERO FORESTAL**

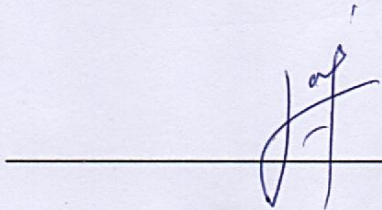
**APROBADO**

Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez. Mgs.  
Director de trabajo de titulación



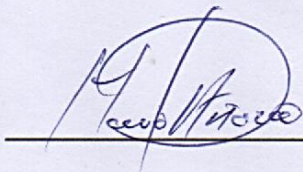
---

Ing. Jorge Luis Cue García. Ph. D.  
Tribunal de trabajo de titulación



---

Ing. Mario José Añazco Romero. Ph. D.  
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			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	FB522927		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Mora Aux Maryuri		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Pasto, Nariño		
<b>EMAIL:</b>	mmoraa@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>		<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	+573164607322

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	FENOLOGÍA DE <i>Alnus nepalensis</i> D. Don EN DIFERENTES NIVELES ALTITUDINALES Y SU RELACIÓN CON LA PRECIPITACIÓN, ZONA INTAG, CANTÓN COTACACHI.
<b>AUTOR (ES):</b>	Mora Aux Maryuri
<b>FECHA:</b>	10 de diciembre del 2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero Forestal
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez. Mgs

## 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 10 días del mes de diciembre del 2021

**EL AUTOR:**

(Firma).....

Nombre: Mora Aux Maryuri

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA - UTN

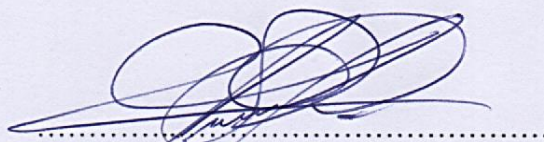
**Fecha:** 10 de diciembre del 2021

Maryuri Mora Aux: **FENOLOGÍA DE *Alnus nepalensis* D. DON EN DIFERENTES NIVELES ALTITUDINALES Y SU RELACIÓN CON LA PRECIPITACIÓN, ZONA INTAG CANTÓN COTACACHI.** /Trabajo de titulación. Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra. 75 páginas.

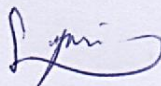
**DIRECTOR:** Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, Mgs.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Determinar el comportamiento fenológico de *Alnus nepalensis* D. Don en tres sectores con diferente altitud de la Zona de Intag y la incidencia de la precipitación. Entre los objetivos específicos se encuentran: Caracterizar fenológicamente la especie *Alnus nepalensis* D. Don en los sectores Las Delicias, Pucará y Guagchi, Zona de Intag y Relacionar el comportamiento fenológico de *Alnus nepalensis* D. Don en el sector de Pucará con la precipitación mensual.

**Fecha:** 10 de diciembre del 2021



Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, Mgs.  
**Director de trabajo de titulación**



Maryuri Mora Aux  
**Autor**

## **DEDICATORIA**

*Dedico mi trabajo de titulación a mis padres José Mora y Rosa Aux quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido desarrollar toda la confianza en mí y volar alto por mis sueños, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía*

*A mis hermanas Viviana y María José por su cariño, comprensión y por compartir momentos significativos conmigo, gracias por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento. Mi familia es mi equipo y siempre todos mis triunfos serán suyos.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios por darme la vida, por ser la luz incondicional que guía mi camino y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante en mi formación profesional.*

*A mi familia por apoyarme en este proceso, por confiar en mí y por levantarme en los momentos donde he decaído.*

*A la gloriosa Universidad Técnica de Norte del Ecuador, a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales y a la Carrera de Ingeniería Forestal, por abrirme las puertas para mi formación personal y académica.*

*A mi director de tesis Mgs. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, a mis asesores PhD. Mario José Añazco Romero y PhD. Jorge Luis Cue García quienes con sus enseñanzas y conocimiento hicieron posible la culminación del proyecto de investigación.*

*A mi novio, Miguel Ángel, quien fue mi compañero y amigo durante toda la carrera y en el desarrollo de este proyecto, gracias por compartir conmigo nuevas experiencias que este proceso universitario nos brindó.*

*Por último pero no menos importante agradezco a los docentes de la carrera de ingeniería forestal, amigos y compañeros, por brindarme su cariño en este proceso tan importante para mi vida.*

# ÍNDICE DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	Objetivos .....	2
1.1.1	Objetivo General .....	2
1.1.2	Objetivos Específicos .....	2
1.2	Hipótesis.....	3
1.2.1	Hipótesis nulas .....	3
1.2.2	Hipótesis alternas .....	3
2	MARCO TEÓRICO.....	4
2.1	Fundamentación Legal .....	4
2.1.1	Constitución de la República del Ecuador (2008).....	4
2.1.2	Plan de creación de oportunidades 2021-2025.....	4
2.1.3	Código orgánico del ambiente.....	4
2.1.4	Normativa de Semillas Forestales.....	4
2.1.5	Línea de Investigación .....	5
2.2	Fundamentación teórica .....	5
2.2.1	Descripción de la especie .....	5
2.2.2	Fenología.....	7
2.2.3	Calendario fenológico .....	9
2.2.4	Parámetros Dasométricas .....	9
2.2.5	Parámetros Climáticos.....	10
3	MATERIALES Y MÉTODOS .....	11
3.1	Ubicación .....	11
3.1.1	Política.....	11
3.1.2	Geografía.....	12



3.2	Datos climáticos .....	12
3.3	Materiales equipos y software.....	12
3.4	Metodología .....	13
3.4.1	Universo .....	13
3.4.2	Selección de los sitios de investigación. ....	13
3.4.3	Caracterización fenológica del <i>Alnus nepalensis</i> D. Don. ....	13
3.4.4	Elaboración de calendario fenológico de <i>Alnus nepalensis</i> D. Don. ....	17
3.4.5	Incorporación de la prueba de U de Mann-Whitney .....	17
3.4.6	Relación de precipitación con fenología de <i>Alnus nepalensis</i> D. Don en el sector de Pucará (zona media).....	18
3.4.7	Cálculo de datos de campo de los meses febrero y marzo.....	18
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
4.1	Fenología del <i>A. nepalensis</i> .....	20
4.1.1	Fenología reproductiva sitio 1 (Las Delicias -2812 m.s.n.m.) .....	20
4.1.2	Fenología vegetativa sitio 1 (Las Delicias -2812 m.s.n.m.).....	22
4.1.3	Fenología reproductiva sitio 2 (Pucará-1890 m.s.n.m) .....	23
4.1.4	Fenología vegetativa sitio 2 (Pucará - 1890 m.s.n.m.).....	25
4.1.5	Fenología reproductiva sitio 3 (Guagshi-1406 m.s.n.m.).....	27
4.1.6	Fenología vegetativa sitio 3 (Guagshi-1406 m.s.n.m.) .....	29
4.2	Prueba de U de Mann-Whitney .....	31
4.3	Relación de precipitación con fenología de <i>Alnus nepalensis</i> D. Don en el sector de Pucará (zona media).....	33
4.4	Calendarios fenológicos de <i>Alnus nepalensis</i> D. Don según los tres sitios de estudio. 34	
4.4.1	Calendario fenológico del primer sitio de estudio (La delicia 2812 m.s.n.m.) .	34
4.4.2	Calendario fenológico del segundo sitio de estudio (Pucará 1890 m.s.n.m.) ...	35
4.4.3	Calendario fenológico del tercer sitio de estudio (Guagshi 1406 m.s.n.m.) .....	36

5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
5.1	Conclusiones .....	38
5.2	Recomendaciones.....	38
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	39
7	ANEXOS.....	45

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	<i>Ubicación geográfica de Los Sectores de las delicias, Pucará y Guagshi .....</i>	12
<b>Tabla 2.</b>	<i>Criterios de evaluación fenotípica para los individuos de <i>Alnus nepalensis</i> D. Don .....</i>	14
<b>Tabla 3.</b>	<i>Escala de interpretación de los eventos fenológicos .....</i>	15
<b>Tabla 4.</b>	<i>Escala de masividad .....</i>	17
<b>Tabla 5.</b>	<i>Correlación de Spearman con sitio 2 (Pucará).....</i>	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	<i>Mapa de ubiación del área de estudio .....</i>	11
<b>Figura 2.</b>	<i>División de cuadrantes .....</i>	16
<b>Figura 3.</b>	<i>Representación gráfica del comportamiento reproductivo de <i>A. nepalensis</i> a los 2812 m.s.n.m. ....</i>	21
<b>Figura 4.</b>	<i>Representación gráfica del comportamiento vegetativo del <i>A. nepalensis</i> a los 2812 m.s.n.m. ....</i>	23
<b>Figura 5.</b>	<i>Representación gráfica del comportamiento reproductivo del <i>A. nepalensis</i> a los 1890 m.s.n.m .....</i>	25
<b>Figura 6.</b>	<i>Representación gráfica del comportamiento vegetativo del <i>A. nepalensis</i> a los 1890 m.s.n.m. ....</i>	27
<b>Figura 7.</b>	<i>Representación gráfica del comportamiento reproductivo de <i>A. nepalensis</i> a los 1406 m.s.n.m. ....</i>	29
<b>Figura 8.</b>	<i>Representación gráfica del comportamiento vegetativo del <i>A. nepalensis</i> a los 1406 m.s.n.m. ....</i>	31
<b>Figura 9.</b>	<i>Representación grafica de la correlación entre precipitacion y fenologia. ..</i>	34

**Figura 10.** *Calendario fenológico del A. nepalensis sector Las delicias, 2812 m.s.n.m.*

..... 35

**Figura 11.** *Calendario fenológico del A. nepalensis sector Pucará, 1890 m.s.n.m.....* 36

**Figura 12.** *Calendario fenológico del A. nepalensis sector Guagshi, 1406 m.s.n.m. ....* 37

**TÍTULO:** FENOLOGÍA DE *Alnus nepalensis* D. DON EN DIFERENTES NIVELES ALTITUDINALES Y SU RELACIÓN CON LA PRECIPITACIÓN, ZONA INTAG CANTÓN COTACAHÍ.

**Autor:** Maryuri Mora Aux

**Director de trabajo de titulación:** Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, Mgs.

**Año:** 2021

## RESUMEN

Los estudios fenológicos en especies forestales toman un papel importante en la planificación técnica silvicultural. Sin embargo, el déficit de información fenológica de *Alnus nepalensis* D. Don, no permite que los comuneros realicen una planificación técnica para la colección de semillas, reproducción de semillas y la producción de plántulas en vivero. La presente investigación tuvo como objetivo determinar el comportamiento fenológico de *Alnus nepalensis* D. Don en tres sectores con diferente altitud de la Zona de Intag y la incidencia de la precipitación. La metodología consistió en caracterizar individuos de *A. nepalensis* en tres sitios; las Delicias a 2812 msnm, Pucará a 1890 msnm y Guagshi a 1406 msnm. Se estudió las fenofases vegetativas y reproductivas, con una frecuencia mensual, durante los meses abril 2019 a marzo 2020. En la selección de los individuos se usó el método Delphi, el análisis de resultados se muestran a través de gráficas explicativas. Para demostrar estadísticamente el comportamiento fenológico de *Alnus nepalensis* D. Don entre las altitudes, se aplicó la prueba de U de Mann-Whitney y por último la Correlación de Spearman para demostrar la incidencia de la precipitación con los datos fenológicos en el sector Pucará. El comportamiento fenológico vegetativo en los tres sitios presentó tendencias similares, con porcentajes de manifestación mayores al 30 %. Mientras que, la fenología reproductiva no mostró ningún patrón de similitud en su comportamiento, siendo el sector Pucará el de mayor manifestación con 70% en floración y mayores a 40% en fructificación y el sector Gualgchi el de menor presencia de los eventos con porcentajes hasta del 10%. Concluyendo que, la altitud si influyo en el comportamiento fenológico de *Alnus nepalensis* D. Don para los tres sitios de estudio. Además, de no presentar correlación en la precipitación con la manifestación de las fenofases del sitio 2 (Pucará).

**Palabras clave:** floración, fructificación, brotación, defoliación, elevación, precipitación.

**TITLE:** PHENOLOGY OF *Alnus nepalensis* D. Don IN DIFFERENT ALTITUDINAL LEVELS AND ITS RELATIONSHIP WITH PRECIPITATION, INTAG CANTON COTACACHI ZONE.

**Author:** Maryuri Mora Aux

**Director of degree work:** Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, Mgs.

**Year:** 2021

## ABSTRACT

Phenological studies of forest species play an important role in technical silvicultural planning. However, the lack of phenological information on *Alnus nepalensis* D. Don does not allow community members to carry out technical planning for seed collection, seed reproduction and nursery seedling production. The objective of this research was to determine the phenological behavior of *Alnus nepalensis* D. Don in three sectors with different altitudes in the Intag Zone and the incidence of precipitation. The methodology consisted of characterizing individuals of *A. nepalensis* in three sites; Las Delicias at 2812 masl, Pucará at 1890 masl and Guagshi at 1406 masl. The vegetative and reproductive phenophases were studied, with a monthly frequency, during the months April 2019 to March 2020. The Delphi method was used in the selection of individuals, the analysis of results are shown through explanatory graphs. To statistically demonstrate the phenological behavior of *Alnus nepalensis* D. Don between altitudes, the Mann-Whitney U test was applied and finally the Spearman Correlation to demonstrate the incidence of precipitation with phenological data in the Pucará sector. The vegetative phenological behavior in the three sites showed similar trends, with manifestation percentages higher than 30 %. The reproductive phenology did not show any pattern of similarity in its behavior, being the Pucará sector the one with the highest manifestation with 70% in flowering and more than 40% in fruiting, and the Gualgchi sector the one with the lowest presence of events with percentages of up to 10%. In conclusion, altitude did influence the phenological behavior of *Alnus nepalensis* D. Don for the three study sites. In addition, there was no correlation in precipitation with the manifestation of the phenophases of site 2 (Pucará).

**Keywords:** flowering, fruiting, budding, defoliation, elevation, precipitation.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El Ecuador cuenta con una gran biodiversidad, además la presencia de la cordillera de los andes, favorece a la variedad climática y ayuda en la adaptación para el crecimiento de diferentes especies forestales, por ello, el conocimiento de posibles cambios en la cronología de las fases fenológicas pueden ser usadas para explicar las modificaciones observadas en las situaciones de los árboles tales como, estado de la época, crecimiento y disponibilidad de nutrientes, debido a que los ritmos anuales de los árboles son sensibles a los cambios en el tiempo y condiciones climáticas (Jijon y Torres, 2008). La fenología ha mostrado sensibilidad a los indicadores del clima, de tal manera que se han observado variaciones como, retrasos o adelantado en los periodos reproductivos de las especies, es por eso que algunas de estas suelen tener cambios en su fenofase a través de los años.

La temporalidad de estudios fenológicos acompañado a la existencia de un déficit de información, no permite que los comuneros realicen una planificación técnica para la colección de semillas, reproducción de semillas y la producción de plántulas en vivero.

El proyecto de investigación ayudo a enriquecer el conocimiento ya obtenido por Matango (2019), pues el estudio fenológico de algunas especies y en este caso particular de *Alnus nepalensis* D. Don necesita de temporalidad en los datos para obtener resultados eficientes. *A. nepalensis* es una especie forestal de buena adaptabilidad, rápido crecimiento y muy comercial por la buena trabajabilidad de su madera, es por lo que, los comuneros de la Zona de Intag han optado por realizar plantaciones a gran escala. Este estudio fenológico también es importante para los estudios ecológicos sobre, productividad, fructificación y foliación de *Alnus nepalensis* D. Don en la zona.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo General**

Determinar el comportamiento fenológico de *Alnus nepalensis* D. Don en tres sectores con diferente altitud de la Zona de Intag y la incidencia de la precipitación.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar fenológicamente la especie *Alnus nepalensis* D. Don en los sectores Las Delicias, Pucará y Guagchi, Zona de Intag.
- Relacionar el comportamiento fenológico de *Alnus nepalensis* D. Don en el sector de Pucará con la precipitación mensual.

## **1.2 Hipótesis**

### **1.2.1 Hipótesis nulas**

#### ***1.2.1.1 Hipótesis nula 1***

Ho: El comportamiento fenológico de *Alnus nepalensis* D. Don al segundo año de estudio será similar en las altitudes.

#### ***1.2.1.2 Hipótesis nula 2***

Ho: la precipitación tendrá incidencia en la fenología del *Alnus nepalensis* D. Don del sector Pucará

### **1.2.2 Hipótesis alternas**

#### ***1.2.2.1 Hipótesis alterna 1***

Ha: el comportamiento fenológico en *Alnus nepalensis* D. Don al segundo año de estudio será distinto en las altitudes.

#### ***1.2.2.2 Hipótesis alterna 2***

Ha: la precipitación no tendrá incidencia en la fenología del *Alnus nepalensis* D. Don del sector Pucará



## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Fundamentación Legal**

##### **2.1.1 Constitución de la República del Ecuador (2008)**

**Art. 406:** El Estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados; entre otros, los páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos y manglares, ecosistemas marinos y marinos-costeros. (Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador de 2007, 2008).

##### **2.1.2 Plan de creación de oportunidades 2021-2025**

**Objetivo 3.** Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones.

**Política 3.3.** Promover buenas prácticas que aporten a la reducción de la contaminación, la conservación, la mitigación y la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global (Secretaría Nacional de Planificación, 2021).

##### **2.1.3 Código orgánico del ambiente**

**Art. 107:** Planes de manejo integral para el manejo forestal sostenible. Los planes de manejo integral para el manejo forestal sostenible serán instrumentos formulados por los titulares de tierras de propiedad individual o colectiva para el aprovechamiento del bosque natural, conforme a las normas contenidas en este Código y demás normas técnicas expedidas por la Autoridad Ambiental Nacional. (Código Orgánico del Ambiente [COA], 2018).

**Art. 30:** Promover la investigación científica, el desarrollo y transferencia de tecnologías, la educación e innovación, el intercambio de información y el fortalecimiento de las capacidades relacionadas con la biodiversidad y sus productos, para impulsar la generación del bioconocimiento (COA, 2018).

##### **2.1.4 Normativa de Semillas Forestales.**

**Art. 1:** La presente norma tiene por objeto establecer regulaciones respecto de las semillas forestales en el país.

**Art. 2:** Se establecen como ámbito de la presente norma las actividades públicas y privadas relacionadas con la producción, comercialización y control de calidad de semillas forestales en el país. Forma parte del ámbito de la presente norma, la promoción de mecanismos de acreditación de procedencia y calidad de semillas forestales.

**Art. 3:** El Ministerio del Ambiente en calidad de Autoridad Nacional Forestal, es la autoridad competente para aplicación de la presente norma. Ministerio del Ambiente, (2004).

### **2.1.5 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 Descripción de la especie**

#### **2.2.1.1 Taxonomía y nomenclatura**

**Familia:** Betulaceae

**Género:** *Alnus*

**Nombre científico:** *Alnus nepalensis* D. Don

**Sinónimos:** *Alnus mairei* A. Léveillé, *Clethropsis nepalensis* Spach

**Nombres vernáculos / comunes:** Utis (Nepal); maibau (Burma); piak (India); meng-zi-qi-mu, han-dong-gua (China); tong quan su, tong qua mu, tong po mu (Viet.); Indian alder, Nepalese alder (Eng.), Aliso rojo (Intag), Orwa ,et al (2009).

#### **2.2.1.2 Origen**

Ferewood, (1980) y Duke (1993, citado en Cabrera, 2012) coinciden que esta especie es nativa de las colinas Birmanas, los Himalaya, la provincia de Yunnan, Kweichow, Indochina, como también a través de Nepal, norte de la India, Bután y sudoeste de China. Jácome, (2017) menciona que esta especie ha sido introducida en países tropicales de África, Asia y América.

#### **2.2.1.3 Descripción botánica**

Nombre botánico *Alnus Nepalensis* D. Don, conocido con nombres comunes como Aliso indio, aliso nepalés, maibau (Burma), perteneciente a la familia Betulácea (Ferewood, 1980).

El aliso es un árbol caducifolio o semidecíduos con un tronco recto que alcanza hasta 30 m de altura y 60 cm de diámetro de copa. La corteza es de color verde oscuro o gris, a menudo

con manchas amarillentas, con lenticelas. Las hojas, alternas, elípticas, 6 – 20 cm de largo y de 5 – 10 cm de ancho, el haz es brillante de color verde oscuro y el envés es pálida.

Las flores amentos, en las cuales se encuentra flores masculinas y femeninas por separado en las mismas o diferentes ramas. Los amentos masculinos son de color amarillo, 10 – 25 cm de largo, y cuelgan en racimos al finalizar la rama; los amentos femeninos son mucho más cortos, erectos y leñosos y se producen en la ramificación lateral de las ramas.

Los frutos, que superficialmente se parecen a conos de pinos, son de color marrón oscuro, en posición vertical sobre tallos cortos, elípticos, son de consistencia leñosa, los conos vacíos pueden persistir en el árbol.

Las semillas de color marrón claro, circular y plana, con dos grandes alas membranosas, más de 2 mm de ancho, las semillas maduran de noviembre a marzo dependiendo de la localización geográfica (Duke, 1993 citado en Cabrera, 2012).

#### **2.2.1.4 Ecología**

Orwa et al. (2009) consideran al *A. nepalensis* como una especie pionera con un desempeño excepcional a plena luz, pero también puede crecer en zonas de sombra. En las zonas bajas es común observar cerca de sitios húmedos como: orillas del río, lechos de arroyos, barrancos. Duke (1993) menciona que también se observa de forma natural en climas monzónicos húmedos, frescos y subtropicales, con un promedio anual de precipitaciones de 500 – 2 500 mm, con 4 – 8, una temperatura anual de 19-23 ° C y pH 6-8. Orwa et al. (2009) afirma que esta especie prefiere suelos húmedos y bien drenados, que incluyendo grava arenosa franca y arenosa, arena y arcilla. No requiere una alta fertilidad del suelo, pero prefiere suelos permeables. Además de crecer bien en suelos con un alto contenido de agua, pero no en suelos acuosos.

#### **2.2.1.5 Propagación**

De acuerdo con Cabrera (2012) tiene una excelente propagación por semilla, si se almacena de la manera correcta la viabilidad perdura por lo menos un año.

La germinación empieza entre la primera y segunda semana después de haberse sembrado al cabo de las siguientes dos semanas se complementa en su totalidad. Después, de cuatro o cinco semanas las plantas están listas para ser trasplantadas en fundas de polietileno en las cuales pueden permanecer cuatro a 11 meses hasta ser trasladadas a la plantación definitiva (Jácome 2017).

La altura de la plántula en crecimiento puede alcanzar entre 25 – 35 cm en 4 a 5 meses cuando se encuentra debajo de los 1200 m.s.n.m. pero por encima de esta cota pueden llegar a tardar hasta 11 meses, Las plantas jóvenes son susceptibles a los daños causados por las hormigas y defoliación por heladas Cabrera (2012).

#### **2.2.1.6 Usos**

Es una especie que a pesar de no ser una leguminosa fija nitrógeno, tiene una buena calidad de madera para el uso de interiores, es adecuada para la carpintería y la construcción. La madera es durable, de fácil manejo, la especie es excelente para la reforestación de laderas erosionadas por su rápido crecimiento, también es muy adecuada para plantaciones tropicales (Duke, 1993). Cairnis (2004) afirma que en la provincia de Yunnan China el *Alnus nepalensis* D. Don es usado como tanino de medicamentos para; diarrea, hidropesía, neumonía, enfermedad de la laca, huesos rotos.

### **2.2.2 Fenología**

#### **2.2.2.1 Definiciones**

Esta palabra fenología viene del griego “phaino” (mostrar) y “logos” (tratado). Restrepo (2010) la define como “el estudio de la secuencia temporal de eventos biológicos recurrentes con la finalidad de interpretar las causas bióticas y abióticas de tales secuencias y la interrelación entre las fases ocurridas en especies iguales o diferentes” (pág.15.). De igual forma, Restrepo (2010) la describe como “fenología es la ciencia que estudia los fenómenos biológicos que se presentan periódicamente acomodados a ritmos estacionales y que tienen relación con el clima y el curso anual del tiempo atmosférico en un determinado lugar” (pág.20). Mientras que Sterringa (1974) define que la fenología como la ciencia que relaciona los factores climáticos con el ritmo periódico de las plantas para establecer momentos de cruzamientos o de colección de semillas o estacas, también las observaciones fenológicas permiten fijar una secuencia de las operaciones en el vivero como la preparación de almacigas, siembra, repique de las plantas con el fin de hacer plantaciones con las condiciones climáticas favorables.

#### **2.2.2.2 Importancia de la fenología**

Para De Jong, Ochoa, y Pérez (2008), la principal importancia del conocimiento fenológico es la conservación de los recursos genéticos y el manejo de los bosques primarios, y secundarios, que permite una planificación de la colecta de semillas y la detección de las mejores procedencias de germoplasma. Otro factor esencial de la importancia de la fenología

es sobre los efectos del cambio climático esto se debe a que los árboles son susceptibles a los cambios producidos a las condiciones climáticas y el tiempo.

Mientras Restrepo (2010) menciona que el conocimiento adecuado de la fenología de las especies forestales es de gran importancia para los estudios ecológicos sobre biodiversidad, productividad, organización de las comunidades y permiten tener una mejor respuesta de las comunidades al ambiente físico y biótico.

La fenología permite identificar cualidades adaptativas de algunas especies que puedan tener, así como también la interacción planta-animal, la cual comprende temas como la polinización, la dispersión de semillas y la predación. Esta reúne el conocimiento de la disponibilidad de los recursos alimenticios (polen, néctar, semillas y frutos), periodos de reproducción, y la determinación del periodo más apropiado para efectuar tratamientos silviculturales.

### **2.2.2.3 Fenofase**

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

#### **2.2.2.3.1 Brotación de hoja**

Es el ciclo de vida que comprende la formación de yemas foliares al que da lugar a la aparición y desarrollo de las hojas de la planta y también se lo llama brotación.

#### **2.2.2.3.2 Defoliación**

Consiste en el desprendimiento de o caída de las hojas, este fenómeno es muy característico en los bosques de clima tropical y también se lo puede visualizar en especies de otras zonas ecológicas. Jijon y Torres (2008) mencionan cuatro clases en el brote y caída de las hojas.

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

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

Intermitente: 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.

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

Alvin (1964), señala que la pérdida de hojas resulta principalmente de la competencia por alimento y hormonas entre las flores y las hojas, de aquí que sea tan frecuente la floración durante o después de la caída de las hojas.

La pudrición de las hojas es más abundante al iniciarse la estación lluviosa, aunque es de hecho que en algunas especies la pudrición de hojas se inicia aún durante la estación seca (Njoku, Daubenmire y Whitmore, citados en Cedeño, 1990).

#### *2.2.2.3.3 Floración*

La floración consiste en el desarrollo de las flores desde el momento de la antesis, expresión del conjunto de todo el desarrollo floral, desde que se abre el capullo hasta la marchitez de la flor Jijon y Torres (2008).

#### *2.2.2.3.4 Fructificación*

Comprende el crecimiento inicial del fruto su retención hasta la madurez. Una planta es fructificante cuando los frutos desarrollan y prosperan Jijon y Torres (2008).

### **2.2.3 Calendario fenológico**

Ahas, Jaagus, y Aasa, (2000) se refieren como la representación estacional de la estadística de los eventos fenológicos seleccionados que se repiten anualmente, y se define como las fechas de inicios, su duración y los intervalos entre ellas. Lieth, (1973) manifiestan que, son eventos fenológicos marcados con fecha, contruidos y superpuestos en el calendario astronómico o civil que describen y explican los aspectos estacionales de los fenómenos ecológicos.

### **2.2.4 Parámetros Dasométricas**

#### *2.2.4.1 Diámetro*

Sirve para determinar la estructura de un rodal, el área basal, volumen, crecimiento, el cual consiste en determinar la longitud de la recta que pasando por el centro de un círculo termina

en los puntos en que toca a la circunferencia esta medición se lo realiza en el fuste a una altura de 1,30 m.

#### **2.2.4.2 *Diámetro de copa***

Hace referencia al diámetro de la proyección sobre el plano horizontal.

#### **2.2.4.3 *Altura de copa***

La altura de la copa se refiere a la distancia que existe desde el inicio de copa, hasta el ápice vegetativo.

### **2.2.5 Parámetros Climáticos**

#### **2.2.5.1 *Precipitación***

Se define como el conjunto de partículas líquidas o sólidas que, proceden de las nubes, alcanzan el suelo. Es cualquier agua meteórica recogida sobre la superficie terrestre. Esto incluye básicamente: lluvia, nieve y granizo (FECYT, 2004).

#### **2.2.5.2 *Temperatura***

Es una de las magnitudes más utilizadas para describir el estado de la atmósfera. La temperatura del aire varía entre el día y la noche, entre una estación y la otra, y también entre una ubicación geográfica y otra. Es una magnitud relacionada con la rapidez de los movimientos de las partículas que constituyen la materia. Cuanto mayor agitación presenten estas, mayor será la temperatura (FECYT, 2004).

# CAPÍTULO III

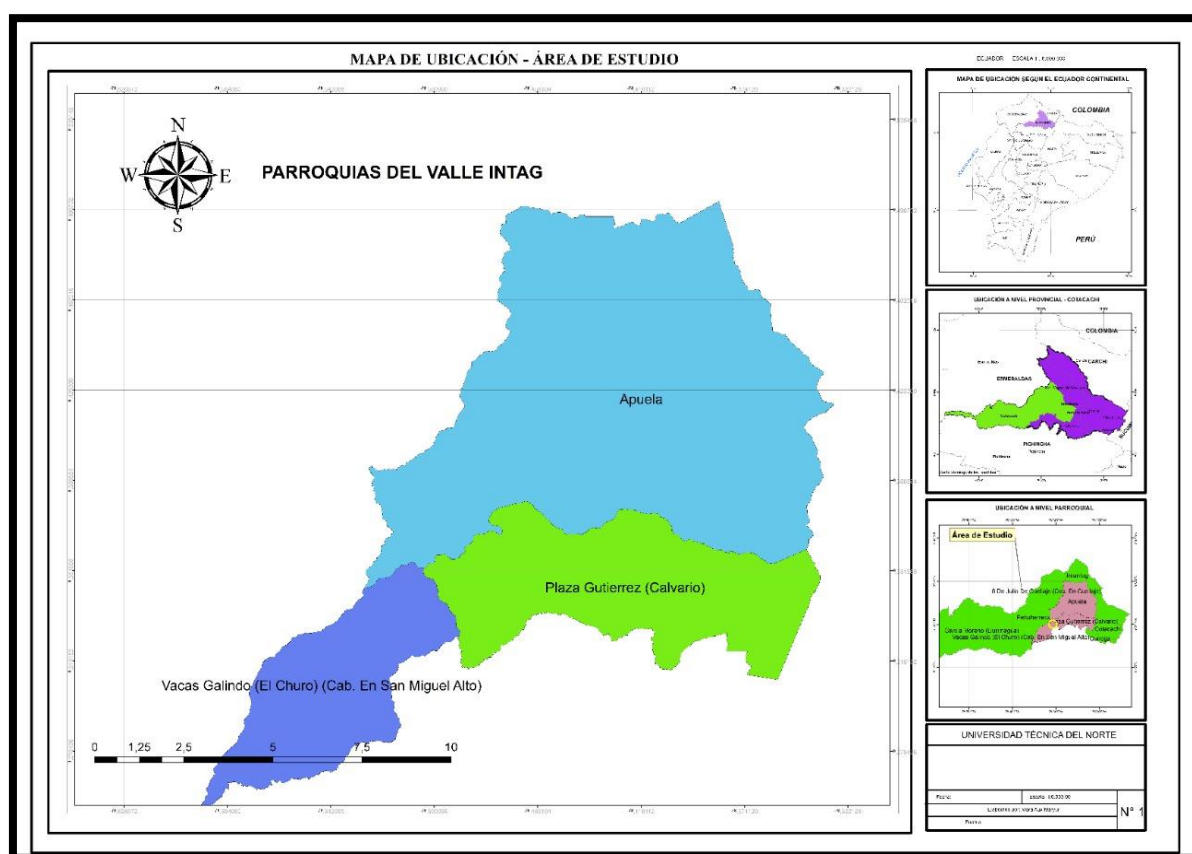
## MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Ubicación

#### 3.1.1 Política

La investigación se realizó en tres altitudes distintas; en la parte alta, de 2500 a 3000 msnm, parte media, de 1700 a 2200 msnm, y parte baja, de 1100 a 1600 msnm, que abarcan las parroquias de Plaza Gutiérrez, Apuela y Vacas Galindo respectivamente localizadas en la zona de Íntag, cantón Cotacachi, ubicado a 63 km al noreste de la cabecera cantonal, provincia de Imbabura, Figura 1.

**Figura 1.** Mapa de ubiación del área de estudio





### 3.1.2 Geografía.

**Tabla 1.** *Ubicación geográfica de Los Sectores de las delicias, Pucará y Guagshi*

Sitio	Parroquia	Sector	Altitud (msnm)	Longitud (W)	Latitud (N)
1	Plaza Gutiérrez	Las Delicias	2812	78°26'609"	0°20'51,981"
2	Apuela	Pucará	1890	78°30'9,491"	0°21'31,981"
3	Vacas Galindo	Guagshi	1406	78°31'55,688"	0°20'16,53"

### 3.2 Datos climáticos

La zona de Intag tiene una precipitación promedio anual de 1350 mm; temperatura media de 17 °C. INAMHI (2018)

La parroquia de Plaza Gutiérrez tiene una temperatura promedio de 12 y 15 °C, la precipitación media anual es de 1500 – 2000 mm, (PD y OT GAD Plaza Gutiérrez, 2014).

El PD y OT, GAD Apuela (2015), la parroquia Apuela tiene una temperatura promedio de 10 – 20 °C, la precipitación media anual es de 1500 – 3000 mm.

PD y OT, GAD Vacas Galindo (2015), la parroquia Vacas Galindo tiene una precipitación media anual de 1500 – 1700 mm, y una temperatura promedio entre 16 – 18 °C.

### 3.3 Materiales equipos y software

**Materiales de campo:** en la investigación se usó los siguientes materiales; cinta métrica, machete, pintura, clavos y martillo, hoja de campo.

**Equipos:** los equipos usados en el estudio fueron; GPS, hipsómetro de suunto, cámara fotográfica, brújula, computadora, binoculares (25x10).

**Software:** en la caracterización del área de estudio se usó; ArGis 10.4, Infostat y en el análisis de los datos se utilizó Microsoft Word, Microsoft Excel y Microsoft Power point.

### **3.4 Metodología**

Este trabajo de titulación es la continuación del proyecto ya publicado por el Ing. Willian Matango en el periodo 2018-2019. De igual se tomó como referencia la información de Cevallos (2017) “**Determinación de la ubicación geográfica de *Alnus nepalensis* D. Don en la zona de Intag noroccidente del Ecuador**”.

#### **3.4.1 Universo**

De la investigación de Cevallos (2017) se tomó como universo de estudio una población de 140 predios en ocho prácticas forestales, en edades comprendidas entre 5 y 17 años, ubicados entre los 1000 hasta los 3000 m.s.n.m. en las parroquias de Plaza Gutiérrez, Apuela y Vacas Galindo.

#### **3.4.2 Selección de los sitios de investigación.**

Los sitios de estudio fueron elegidos tomando en cuenta que los rangos altitudinales debían ser distintos para el estudio, posteriormente se seleccionaron 20 árboles en cada zona para aplicar el método de Delphi (expertos), quedando en selección 10 individuos, que serán los evaluados durante 12 meses.

#### **3.4.3 Caracterización fenológica del *Alnus nepalensis* D. Don.**

El estudio para la caracterización fenológica del *Alnus nepalensis* D. Don en cada sitio se lo realizó en cuatro fases:

##### **3.4.3.1 Fase 1: Delimitación del área de estudio.**

Con el software de sistemas de coordenadas (ArcGIS. 10.4) y un GPS MAP 62SC con un margen de error de  $\pm 4$  marca Garmin DESCONTINUADO, se localizó cada predio seleccionado. En cada uno se identificó la especie y se delimitó el área usando el GPS. A continuación, se procedió a enumerar cada individuo identificado con pintura. En orden de apareamiento y disposición de la práctica.

##### **3.4.3.2 Fase 2: Elección de los individuos para la evaluación fenológica del *Alnus Nepalensis* D. Don.**

Para los sitios ubicados en la zona media y baja se continuó evaluando los individuos seleccionados por Matango (2019); para el sitio ubicado en la zona alta se aplicó el método

Delphi el cual consiste en un análisis cualitativo según el criterio de la morfología de los individuos en función de la repetitividad de la especie, como se estable en la Tabla 2.

**Tabla 2.** *Criterios de evaluación fenotípica para los individuos de *Alnus nepalensis* D. Don*

Criterios	Factores (Característica fenotípicas)	Calificación
Forma de fuste	Recto y cilíndrico	4
	Ligeramente torcido	3
	Torcido	2
	Muy torcido	1
Angulo de inserción de las ramas	De 60° a 90°	4
	De 30° a 60°	3
	De 0° a 30°	2
Forma de la copa	Columnar	4
	Semicolumnar	3
	Columnar irregular	2
	Pocas ramas	1
Estado sanitario	100 % sano	4
	75 % sano	3
	50 % sano	2
	25 % sano	1

**Fuente:** adaptado de Samaniego, Ordóñez, Prado y Morocho (2015)

Una vez definido los criterios de evaluación se procedió a elaborar una ficha técnica para registrar los puntajes de cada individuo identificado dentro de área delimitada de los tres predios. La evaluación fue realizada por un grupo de expertos, conformado por tres docentes de la carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Técnica del Norte.

Finalmente, los puntajes obtenidos de la evaluación fueron registrados y procesados en una matriz en Excel 2013. A partir de los resultados se realizó la selección de los individuos con mejores características fenotípicas, que sobrepasaron los 3,5 puntos de promedio.

### 3.4.3.3 Fase 3: Seguimiento y evaluación del *Alnus nepalensis* D. Don.

El seguimiento se realizó en un periodo de doce meses con la ayuda de binoculares de 10 X 25 marca Bushnell.

#### 3.4.3.3.1 Observaciones fenológicas.

Las observaciones se tomaron en valores porcentuales y comparada con la escala de Fourier (1974) donde se identifican rangos según la aparición del carácter: de 0 a 4; donde 0 es ausencia de la fenofase, y 4: es la máxima expresión de la fenofase, Tabla 3.

**Tabla 3.** Escala de interpretación de los eventos fenológicos

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:** (Fournier, 1974)

#### 3.4.3.3.2 Registro de datos y trabajo de campo.

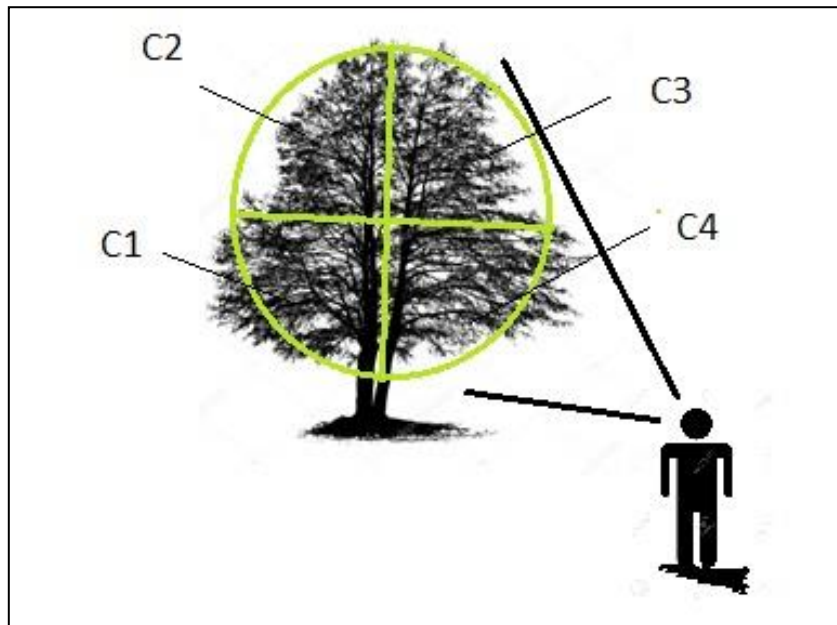
Para el registro fenológico se consideró dos tipos:

Fenología vegetativa; describe el crecimiento y desarrollo vegetativo de la planta mediante hoja en brotación (HB), hoja madura (HM) y defoliación (DEF)

Fenología reproductiva; describe el crecimiento y desarrollo reproductivo de la planta mediante inflorescencia masculina (INFM), fruto joven (FJ) y fruto maduro (FM).

El método utilizado fue sistemático, el cual consiste en evaluar individualmente el comportamiento fenológico de cada individuo desde un punto que facilite la observación de la mayor parte de la copa. A continuación, se describe el procedimiento de la metodología utilizará en cada individuo, Figura 2.

**Figura 2.** División de cuadrantes



**Fuente:** Aponte Correa y Sanmatin Bermejo, (2011)

Se dividió la copa del árbol en cuatro cuadrantes a favor de las manecillas del reloj como se explica a continuación: Abajo izquierda (cuadrante 1), arriba izquierda (cuadrante 2), arriba derecha (cuadrante 3) y abajo derecha (cuadrante 4), en una hoja de campo se registró los datos por cada cuadrante de la fenología reproductiva y vegetativa utilizando la escala de Fournier (1974).

### 3.4.3.4 Fase 4: Análisis de resultados

#### 3.4.3.4.1 Índice promedio

Registrados los datos se procesaron en una matriz realizada en el software Excel 2013 para luego sumar y promediar. Mediante la ecuación 1 se obtuvo el índice promedio mensual individual (IPi) de la fenofase de inflorescencia, fruto joven, fruto maduro, brotación, hoja madura y defoliación.

$$IPi = \frac{\sum \text{valor de escala} \times \text{cuadrante}}{4} \quad \text{Ecu. (1)}$$

**Fuente:** (Hechavarría, 2009)

**Donde:**

**IPi** = Índice promedio mensual individual  
 $\Sigma$  = sumatoria de la escala por cuadrante de cada individuo

Obtenidos los resultados del índice promedio individual mensual se determinó los Índice Promedio (IP) mensual total que expresa la masividad de la fenofase mediante la ecuación 2:

$$IP = \frac{(\sum IPi1 + \sum IPi2 + \dots n)}{n}$$

Ecu. (2)

Fuente: (Hechavarría, 2009)

**Donde:**

- IP** = Índice promedio mensual total
- $\sum$  = Sumatoria índice promedio mensual de cada individuo
- n** = total de número de individuos evaluados

**Tabla 4.** *Escala de masividad*

NIVELES	CALIFICACIÓN
la masividad es baja	< 0.5
la masividad es débil	0.5 y <1
la masividad es media	< 2
la masividad es intensa	> 2

Fuente: (Hechavarría, 2009).

**3.4.3.4.2** *Diseño de gráficas explicativas.*

Se elaboraron gráficas explicativas para cada sitio de investigación, donde el eje de las abscisas representa el periodo de investigación en meses, el eje principal de las ordenadas simboliza el índice promedio de acuerdo con la escala de Fournier (1974), y por último el eje secundario de las ordenadas manifiesta la masividad en la escala de Hechavarría (2009).

**3.4.4** **Elaboración de calendario fenológico de *Alnus nepalensis* D. Don.**

Después de cumplir el tiempo de recolección de datos fenológicos, se diseñó un calendario fenológico donde se planteó la intensidad de cada evento fenológico a partir de los índices promedios resultantes de cada sitio de investigación.

**3.4.5** **Incorporación de la prueba de U de Mann-Whitney**

Esta prueba es no paramétrica y ayudó a demostrar la existencia de diferencias entre grupos independientes con variables cuantitativas que tienen libre distribución, se utiliza la U de Mann-Whitney. Esta prueba tiene su base en la diferencia de rango y es la contraparte de la t de Student que se emplea en las variables cuantitativas con distribución normal (Rivas, Moreno y Talaveraa, 2013).

La prueba de U mann whitey dio respuesta al sistema de hipótesis 2, es decir demostró estadísticamente si el comportamiento fenológico de *Alnus nepalensis* D. Don es similar u opuesto en las tres altitudes estudiadas.

### 3.4.6 Relación de precipitación con fenología de *Alnus nepalensis* D. Don en el sector de Pucará (zona media)

#### 3.4.6.1 Correlación de Spearman para la relación entre fenología y precipitación

En el análisis de resultados también se tuvo en cuenta datos de precipitación de los dos años de estudio con relación a los datos de estudio fenológico, con el fin de determinar la variabilidad de los datos y la influencia entre precipitación y la fenología de la especie en uno de los sitios estudiados, ya que es el único que está en una altitud similar a la finca del Señor Charles Venator (sector Puranquí) donde está ubicado un pluviómetro.

Para determinar la influencia de la precipitación se usó datos secundarios obtenidos de la medición mensual del Señor Charles Venator y los datos de fenología de la especie adquiridos en el año de estudio.

En la interpretación de los datos se desarrolló con la Correlación de Spearman (1904), que consiste en la asignación de rangos a los datos obtenidos de cada variable.

Posteriormente se hicieron cálculos con la ecuación 3:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2-1)} \quad \text{Ecu. (3)}$$

Fuente: (Camacho – Sandoval, 2008)

**Donde:**

- rs** = rho de spearman
- di** = diferencia entre rangos de X y Y.
- n** = número de datos

### 3.4.7 Cálculo de datos de campo de lo meses febrero y marzo

#### 3.4.7.1 Regresión polinomial

En estadística, la regresión polinomial es una forma de regresión lineal en la que la relación entre la variable independiente  $x$  y la variable dependiente  $y$  es modelada como un polinomio de grado  $n$  en  $x$ . Se ha utilizado para describir fenómenos no lineales como tasas de crecimiento. (Balzarini et al., 2011).

Para finalizar el estudio Fenológico de *Alnus nepalensis*, fue necesario usar la Regresión Polinomial en diferentes grados, se usó esta metodología para completar los datos faltantes del mes de febrero y marzo del 2020 en el sector Las delicias, y de la misma forma el mes de marzo en los sectores Pucará y Gualgchi.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Fenología del *A. nepalensis*

##### 4.1.1 Fenología reproductiva sitio 1 (Las Delicias -2812 m.s.n.m.)

###### 4.1.1.1 *Inflorescencia masculina*

La presencia de la variable inflorescencia masculina fue intensa en el mes de septiembre con un 38%. La masividad baja se denoto en abril con un porcentaje fenológico de 10%. Entre los meses mayo-julio y octubre-marzo la representación de la variable estuvo en el 20 a 30% de intensidad (ver Figura 3). La masividad débil se presentó en el mes de julio y agosto, sin embargo, en los meses restantes la masividad fue media.

En el estudio fenológico realizado por Matango (2019), *Alnus nepalensis*, la floración en el sitio 1 tuvo una manifestación de 60%, en el periodo agosto-octubre, lo que difiere del actual estudio debido a la expresión de la floración llego solo a 38% en septiembre. Esto se debe a la espontaneidad que esta especie refleja, la cual es influenciada por factores ambientales, mecanismos genéticos y fisiológicos como señalan Aguirre, Díaz y Palacios (2015).

###### 4.1.1.2 *Fruto joven*

La fructificación se presentó con una masividad débil del 10 % en los meses de febrero y marzo. Entre abril- junio la manifestación fue de 30, 37%, por lo cual, se consideró este periodo como el de mayor importancia en la producción de fruto joven. A partir del mes septiembre hasta enero de la fenofase de fruto joven se manifestó en un intervalo de 25 a 30% catalogada como una masividad media, Figura 3.

Matango (2019) manifiesta, la fructificación se presentó en el intervalo marzo-julio, desde una masividad baja del 10% hasta masividad media de 55%, concordando así con la actual investigación donde la fructificación se muestra con mayor intensidad en el periodo abril-junio con masividades medias de 30 a 37%. En el estudio de fenología y relaciones hídricas de ocho especies leñosas en el jardín de la coronación de kirtipur, Nepal central, la fructificacion de *Alnus nepalensis* D. Don tiene mayor manifestación en octubre Shrestha, Jha y Uprety (2008). Estos resultados se diferencian con el estudio actual donde el periodo con mayor manifestación de fructificación se dio en abril-junio. La floración y fructificación son muy variables en duración (breve, intermedia y extendida), y frecuencia (continua, subanual, anual y supranual);

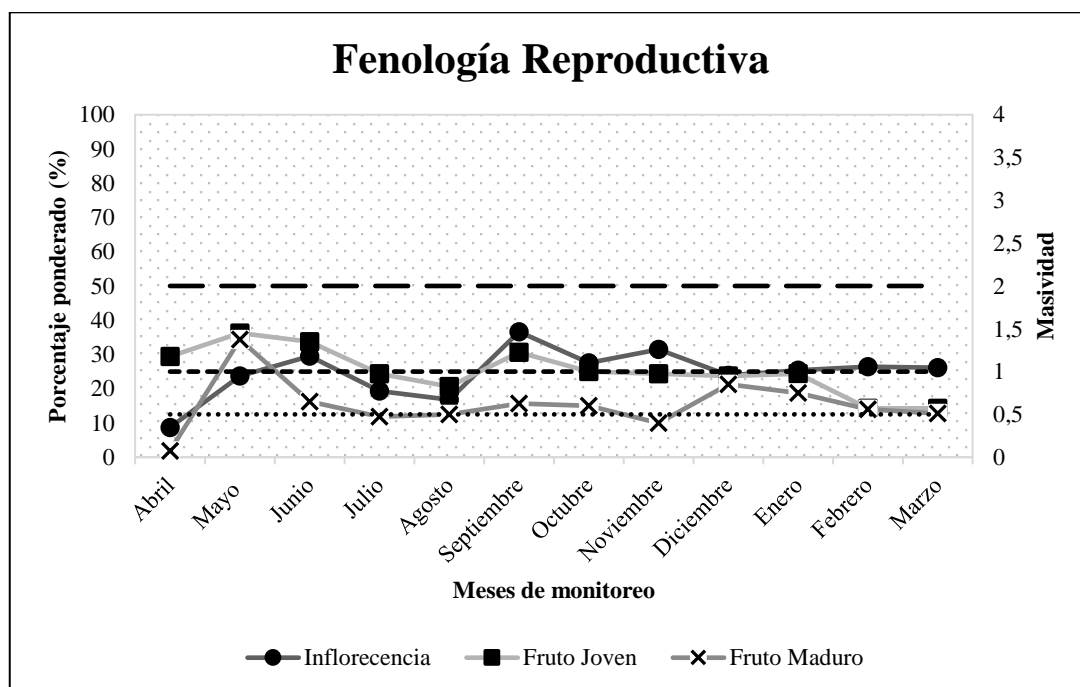
además pueden presentar un patrón de duración y frecuencia regular o irregular (Tello y Alencar, 1997).

#### 4.1.1.3 Fruto maduro

La maduración de frutos tuvo una masividad media de 35%, en el mes de mayo (ver Figura 3). En el mes junio hasta marzo se mantuvo en un intervalo de masividad débil de 10 a 20%. En el periodo abril y noviembre ocurrió la menor representación de la variable con masividad baja.

Según Harrington (2008) en el estudio fenológico realizado en Hawuui sobre *Alnus nepalensis*, la maduración de los frutos se da en el periodo octubre-febrero, siendo resultados que difieren con la investigación actual, dado que, el fruto maduro se presenta en mayo. Este comportamiento fenológico probablemente se debe a que la especie desarrolla en una región subtropical. García (1997) menciona que, en las regiones subtropicales al manifestarse climas muy extremos como veranos largos húmedos-secos, inviernos fríos, y heladas, las plantas efectúan una alternancia de periodos de crecimiento desarrollo y reposo, que permite a la planta sobrellevar la sequía, calor y el frío excesivo.

**Figura 3.** Representación gráfica del comportamiento reproductivo de *A. nepalensis* a los 2812 m.s.n.m.



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

## **4.1.2 Fenología vegetativa sitio 1 (Las Delicias -2812 m.s.n.m.)**

### **4.1.2.1 Brotación de hojas**

En la primera etapa del estudio (abril-agosto), la brotación de hoja estuvo en 30% de intensidad, continuamente se evidencia una decaída en el mes septiembre con 20 % de expresión (ver Figura 4). El acontecimiento importante de representación de la variable se da en noviembre presentando una masividad de 40%. En la última etapa (diciembre-marzo) la expresión fue constante manteniéndose en un periodo de masividad media de 30 a 35%.

Matango (2019), menciona en sus resultados que la manifestación de brotación de hoja en el sitio 1 tuvo mayor manifestación en el periodo octubre-enero época de lluvia, con masividad intensa de 65%; parcialmente relacionado con los resultados de la investigación actual, donde hubo manifestación en noviembre. Según Bullock y Solís (1990) esto se debe a que la fuerza principal que dirige el comportamiento fenológico es la lluvia. Además, señalaron las condiciones del suelo y la hidrología de la zona como otros factores que influyen en el comportamiento fenológico.

### **4.1.2.2 Hoja madura**

La variable hoja madura demuestra que la manifestación se presenta con masividades intensas de 80 a 100%, en los meses abril-junio y enero-marzo. Sin embargo, en la Figura 4 se puede apreciar un decaimiento al 60 y 70% de intensidad, en el periodo julio-diciembre.

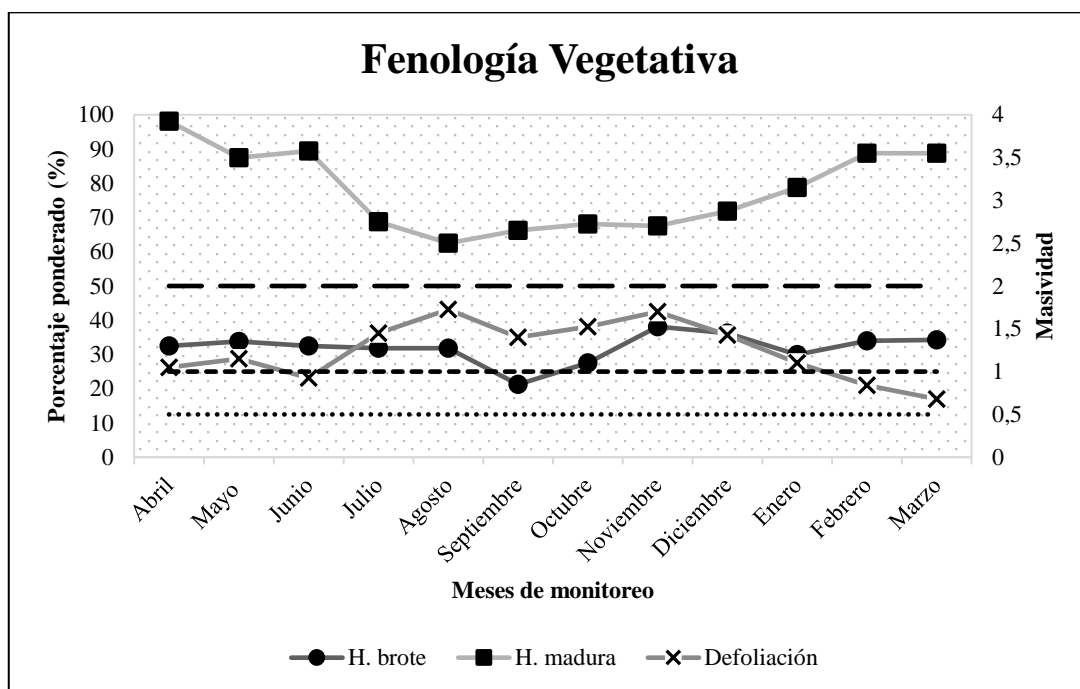
La presencia de hojas maduras fue intensa durante el ciclo de investigación 2018-2019, la hoja madura tuvo masividad intensa del 80 a 100%, Matango (2019). Estos resultados concuerdan con el estudio actual donde la hoja madura tuvo valores altos de masividad durante todo el seguimiento llegando de igual forma al 100% de manifestación. Kramer y Kolowski (1979) menciona que varias angiospermas de hojas deciduas hacen un rápido crecimiento de sus hojas individuales, razón por la cual, a lo largo del año de estudio en ningún sitio los individuos de *Alnus nepalensis* D. Don permanecieron sin hojas. García (1997) indica que la producción constante de hojas maduras probablemente se debe a los factores ambientales que se suscitaron en condiciones favorables en los sitios de investigación. Adicionalmente se debe a que la brotación está en manifestación continua lo que permite que el espécimen siempre tenga hojas.

#### 4.1.2.3 Defoliación

En el primer periodo de estudio abril-junio la manifestación fue del 25%. Seguidamente denota el acontecimiento más importante de representación de la variable en estudio, donde presenta valores de masividad media del 30 a 40% en el periodo julio-diciembre. Entre enero-marzo hubo un decaimiento de intensidad de 15%, tal y como se muestra en la Figura 4.

Matango (2019), manifiesta en los resultados que la defoliación en el sitio 1 presento mayor manifestación en el periodo julio a noviembre, lo que difiere con los resultados de la actual investigación donde, la defoliación en el sitio 1 tuvo mayor manifestación en el lapso julio-agosto. En el estudio fenología y relaciones hídricas de ocho especies leñosas en el jardín de la coronación de kirtipur, Nepal central por Shrestha. Jham y Uprety, (2008), la defoliación de *A. nepalensis*, se observa en el periodo de enero a marzo, mientras que en el estudio actual, los meses de mayor defoliación fue en el periodo julio- diciembre con masividades 30 a 40 %

**Figura 4.** Representación gráfica del comportamiento vegetativo del *A. nepalensis* a los 2812 m.s.n.m.



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

#### 4.1.3 Fenología reproductiva sitio 2 (Pucará-1890 m.s.n.m)

##### 4.1.3.1 Inflorescencia masculina

En los primeros meses de observación, abril-mayo 2019, la inflorescencia masculina tuvo una masividad intensa mayor a 70 %. En el mes de junio presento 33% masividad media. En

el mes de julio presento una expresión de un 55%. Entre los meses de agosto a febrero se mantuvo con una presencia del 30 al 40% de expresión, manifestando una masividad media (ver Figura 5).

Según Matango (2019), la variable inflorescencia masculina en el sitio 2 tiene una mayor expresión de masividad en los intervalos mayo-julio y noviembre –diciembre del 2018 con masividades de 50 y 65%, lo que concuerda con los resultados con la presente investigación donde la floración se manifestó con mayor intensidad en el periodo abril- julio.

Según Orwa, Kindt, Jamadass y Anthony (2009), en el estudio “la botánica y la biología de *A. nepalensis*”, los amentos en India y China se producen en septiembre y octubre. Mientras que, en Nepal, de septiembre a noviembre. La presentación de la floración es diferente con la descripción de los resultados presentes, ya que los periodos de floración observados en la investigación actual se dan en abril-julio. Cabrera y Ordóñez (2004), que señalan que existen marcadas diferencias en las fenofases entre especies e individuos de una misma especie, de tal manera que los individuos no todos presentan uno de los fenómenos o total ausencia de los mismos.

#### **4.1.3.2 Fruto joven**

La variable fruto joven presento un decaimiento en los meses abril, mayo del 25% a 18% de intensidad. En los meses junio y julio se obtuvo la intensidad más alta con porcentajes 40 y 45% (ver Figura 5). Entre agosto-febrero la expresión de la variable estuvo en 20 y 30% presentando una masividad media. En los meses mayo 2019 y marzo 2020 se obtuvo los menores niveles de masividad, encontrándose en categoría baja.

Según Shrestha, Jha, y Uprety (2008) la fructificación de *Alnus nepalensis* D. Don tiene mayor manifestación en octubre, lo dicho difiere en la actual investigación ya que, el fruto joven se manifiesta constantemente durante todo el año de estudio, sin embargo, los meses de mayor presencia fue junio y julio. Cara y Mestre (2006) manifiesta que las variaciones se deben a las diferentes variables climáticas como la temperatura, la precipitación, la insolación o la humedad relativa, y climático-edáficas como la humedad del suelo. De igual forma se considera lo expresado por Mejía (1990), quien indicó que la latitud y la altitud, influyen en la fenología de las plantas.

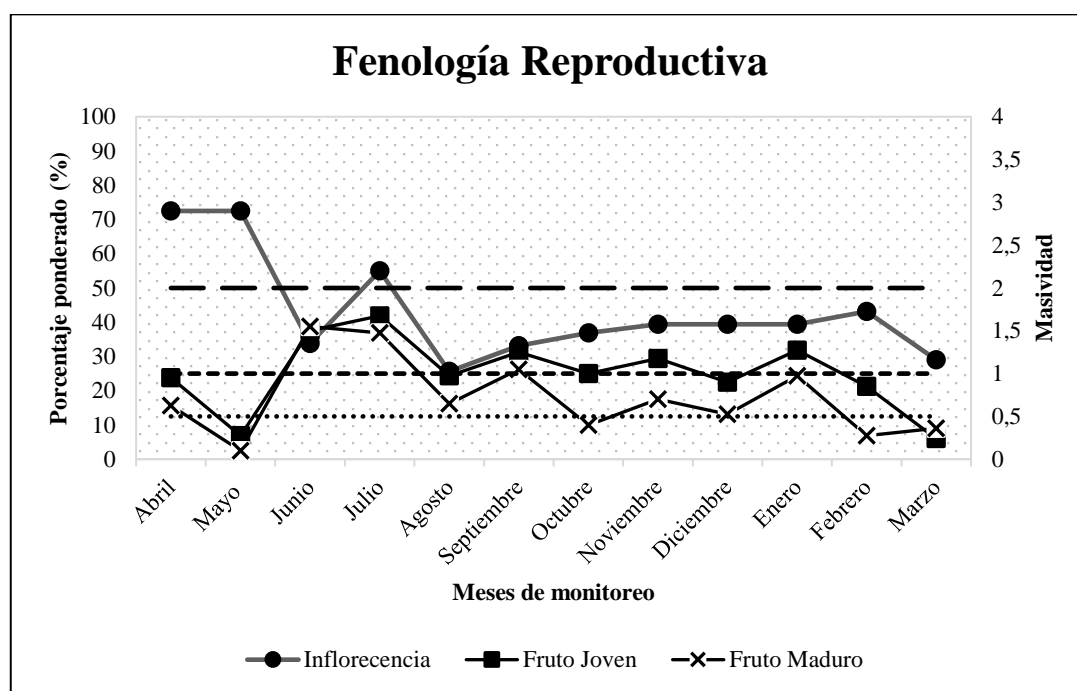
#### **4.1.3.3 Fruto maduro**

La variable tuvo mayor expresión en los meses junio y julio con un porcentaje de 40% respondiendo a una masividad media. Entre los meses agosto – enero hubo constancia

ubicándose entre el 10, 20% de intensidad y en una escala débil de masividad. Los meses de mayo, febrero y marzo la masividad fue baja con un porcentaje de expresión menor al 10%.

Matango (2009) expresa, que la mayor expresión de la fructificación madura en el sitio 2 se dio en el mes de agosto con una intensidad de 55%, y la menor expresión fue en junio con 20% de intensidad, estos resultados no son afines con la investigación presente, pues, el periodo de mayor intensidad fue 40% en los meses junio y julio, mientras que la menor expresión de maduración del fruto se dio en el periodo agosto-enero. Este resultado, puede tener relación con lo expresado por Costa (2002), quien indica que algunas especies tienden a madurar sus frutos muy rápidamente, mientras otras retardan su maduración por largos períodos, lo cual se ha interpretado como una evidencia de que la maduración de los frutos puede estar activamente regulada por la planta madre, de tal forma que coincida con la época más propicia para las dispersión y eventual germinación de las semillas.

**Figura 5.** Representación gráfica del comportamiento reproductivo del *A. nepalensis* a los 1890 m.s.n.m



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

#### 4.1.4 Fenología vegetativa sitio 2 (Pucará - 1890 m.s.n.m.)

##### 4.1.4.1 Brotación de hojas

Se observó que en la variable brotación de hojas hubo un primer dato acrecentado con un 50% de intensidad y una masividad intensa, seguidamente se observa un decaimiento al mes

de mayo obteniendo un porcentaje fenológico de 30% de expresión. Entre el mes de junio-julio el estudio demostró una intensidad de 40%. Entre los meses agosto-febrero el porcentaje fenológico se mantuvo entre el 20 y 30% de intensidad. Durante la observación se denota que la masividad durante la mayor parte del proceso fue media, demostrando que la expresión de la variable se mantuvo constante, ver Figura 6.

Según Ram Boojh y Ramakrishnan (1982) en el estudio, estrategia de crecimiento de árboles relacionada con el estado sucesional II. dinámica foliar de *A. nepalensis* que la brotación de hoja tuvo mayor manifestación en mayo, dato que no concuerda con la investigación presente, donde la mayor expresión de brotación se dio en los meses abril con 50% y junio-junio con 40% de intensidad. Según Davenport (2009), el desarrollo de los brotes puede ser estimulado por factores ambientales, como el cambio de estación seca a lluviosa y por el cambio de temperaturas frías a cálidas.

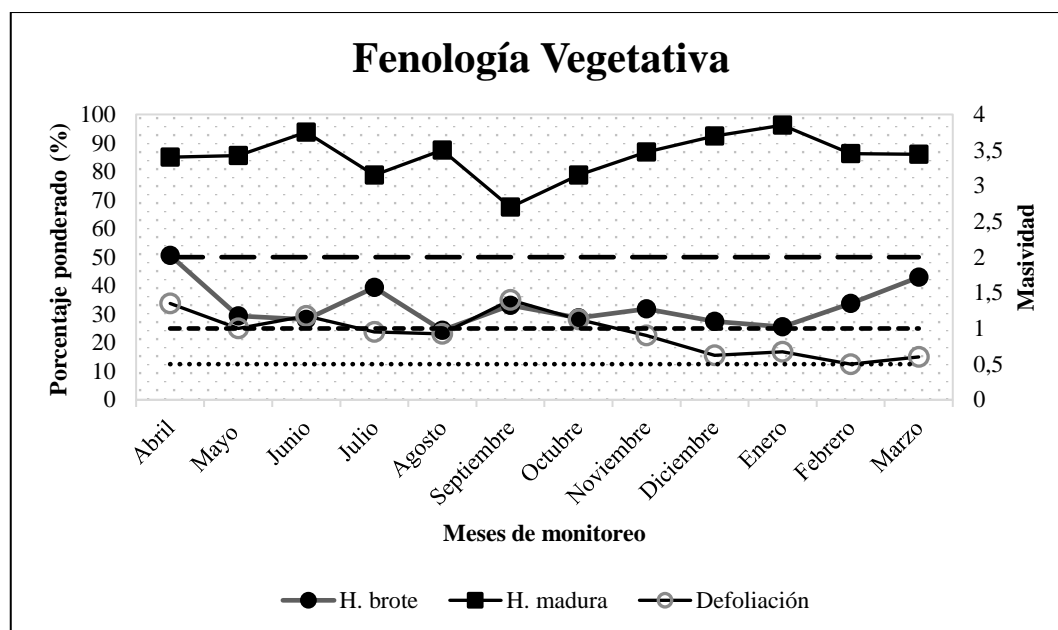
#### **4.1.4.2 Hoja madura**

La presencia de hoja madura se manifestó de manera intensa con una exposición de intensidad entre 70 y 95% durante el periodo de observación, sin embargo, mostro variación en el mes de septiembre con una expresión de 65% de intensidad (ver Figura 6). Durante todo el periodo la masividad fue constante en categoría intensa.

Matango (2019) manifiesta en su estudio que el sector 2, tuvo presencia de hoja madura durante todo el periodo de observación con valores de 75 y 90% de intensidad, sin embargo en el intervalo agosto-diciembre hubo menor expresión llegando a 30% de intensidad, los datos tienen relación con el presente estudio, pues, la hoja madura tuvo valores del 70 a 95% en la mayoría del periodo estudiado, sin embargo, el mes septiembre tuvo la menor intensidad con 65%, es decir no fue tan bajo con relación a lo dicho anteriormente. La presencia de la hoja madura tanto en intensidad y manifestación se debe a la permanente brotación de hojas nuevas. Así mismo, García (1997) expresa, la producción constante de hojas maduras probablemente se debe a los factores ambientales favorables en los sitios de investigación.

Según Matango (2019) la defoliación de esta especie se presenta en una masividad baja en el mes julio con un porcentaje de intensidad de 5 y 20%. Por el contrario, a la investigación actual donde se evidencia decadencia de defoliación entre octubre –marzo, Matango (2009) expresa que entre octubre –marzo hubo mayor manifestación de la variable defoliación llegando a un porcentaje del 30 y 45% de intensidad.

**Figura 6.** Representación gráfica del comportamiento vegetativo del *A. nepalensis* a los 1890 m.s.n.m.



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

#### 4.1.5 Fenología reproductiva sitio 3 (Guagshi-1406 m.s.n.m.)

##### 4.1.5.1 Inflorescencia masculina

La variable inflorescencia masculina en el primer mes de observación se acerca a un 20% de expresión. En el mes mayo del 2019 tuvo un decaimiento agresivo acercándose al 5% de intensidad. Entre los meses junio- marzo la intensidad es constante entre el 8% y 15% (ver Figura 7). En los meses de mayo y septiembre la masividad de la variable fue baja, en los meses restantes la masividad fue débil.

Según Díaz (2019), la floración se presenta de manera continua a lo largo de todo el año, pero alcanza su mayor intensidad en los meses de julio y agosto con los porcentajes de 50 % y 70% respectivamente, el estudio expuesto no tiene concordancia con el actual, donde la expresión de la inflorescencia durante el estudio fue débil con una masividad de 5 a 20%. Contribuyendo este comportamiento a las condiciones ambientales y a vientos que hacen disminuir la cantidad de flores. Por otra parte, Shrestha, Jha y Uprety (2008) manifiesta, la floración de la especie se da en el mes de julio, lo cual varía de los resultados del estudio actual donde se observó la mayor intensidad con masividad de 70% en el periodo abril-mayo. Así mismo la presente investigación difiere con Harrington, Chandler Brodie, DeBell y Schopmeyer (2008) los cuales indicaron en el estudio sobre *Alnus nepalensis*, que la floración



comenzaba a finales de junio o julio. Pérez et al. (2013) registran en una especie forestal, presencia de flores en masividades bajas la mayor parte del año, aludiendo este comportamiento a que las flores se manifiestan de manera simultánea durante todo el año. Al mismo tiempo la masividad baja de flores pudo darse por las variaciones ambientales y genotípicas de la especie.

#### **4.1.5.2 Fruto joven**

Entre los meses abril-junio la variable tuvo un 10 a 17% de intensidad. En el mes julio la variable presento mayor expresión con 25% de intensidad y alcanzando una masividad media. Entre los meses agosto-diciembre se muestra porcentajes menores al 10% de intensidad. Febrero estuvo por encima del 10%. En los meses febrero – marzo se presenta la menor expresión de la variable con porcentajes menores al 5%. Los meses mayo, septiembre, octubre, diciembre, febrero y marzo la masividad fue baja, ver Figura 7.

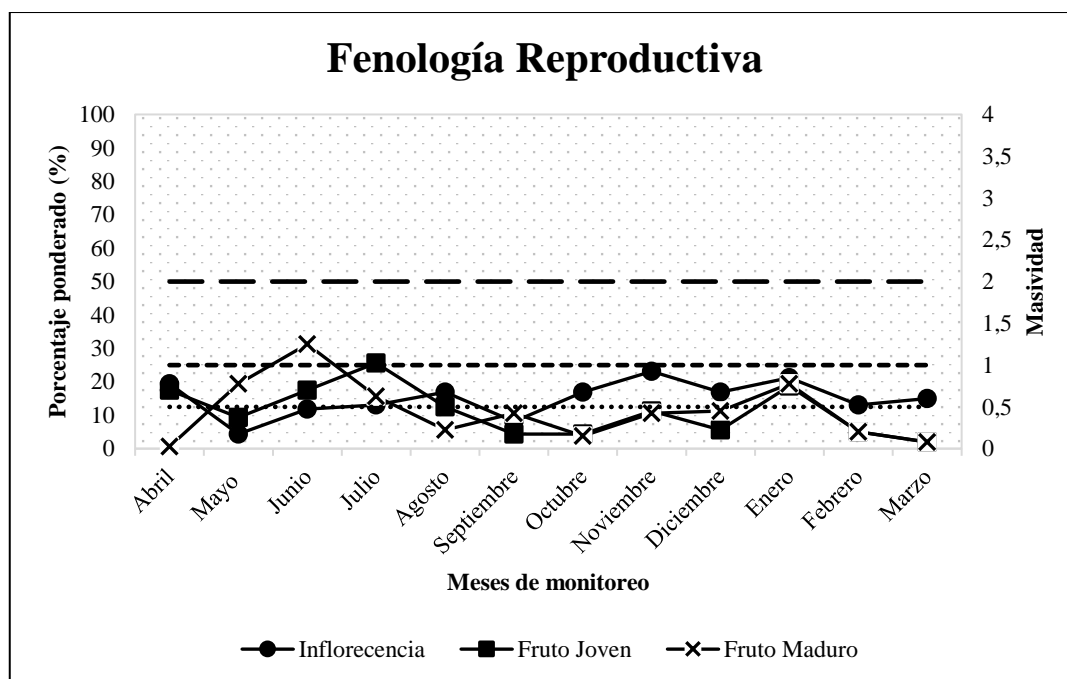
Según Orwa (2009), el evento fructificación se presentó durante los meses diciembre-marzo, lo cual no concuerda con la actual investigación, debido a la manifestación constante durante todo el año de estudio del fruto joven, sin embargo, el mes de mayor expresión con 25% de intensidad fue julio. Los valores bajos de manifestación de frutos jóvenes en este sitio según Theodore (1982) puede relacionarse con el tamaño y forma de la copa del árbol.

#### **4.1.5.3 Fruto maduro**

La variable fruto maduro en los meses abril, agosto-diciembre, febrero y marzo demuestro una expresión menor al 10% con una masividad baja. En los meses mayo, julio y enero la intensidad de la variable fue entre 10 y 20%, con una masividad débil. El mes de mayor representación de la variable fue junio presentando un 30% de expresión y una masividad media.

Harrington (2008) manifiesta, la maduración de los frutos se da en el periodo octubre-febrero, siendo así resultados que difieren con investigación actual, pues el fruto maduro se manifestó en el mes de julio con valores de intensidad del 30%.

**Figura 7.** Representación gráfica del comportamiento reproductivo de *A. nepalensis* a los 1406 m.s.n.m.



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

#### 4.1.6 Fenología vegetativa sitio 3 (Guagshi-1406 m.s.n.m.)

##### 4.1.6.1 Brotadura de hoja

En el mes de abril, mayo la variable tuvo una manifestación del 25, 30% de magnitud. Entre los meses junio-agosto se denota los porcentajes más bajos de expresión 10, 20%. Entre septiembre-marzo la magnitud nuevamente asciende llegando a valores entre el 20 y 30% (ver Figura 8). La masividad fue débil en el mes de junio, en los otros meses del lapso de análisis se mantuvo en media.

Según Ram Boojh y Ramakrishnan (1982) en el estudio estrategia de crecimiento de árboles relacionada con el estado sucesional II dinámica foliar de *A. nepalensis*, la brotación de hoja tuvo mayor manifestación en mayo, esto se ve altamente relacionado con el presente estudio ya que se observa porcentajes constantes durante todo el periodo de observación, sin embargo, fue más notable en el mes de mayo. La caída temprana de hojas durante el año estudio obligaba a que los especímenes de *Alnus nepalensis* D. Don en este sitio este en constante manifestación de brotación.

#### **4.1.6.2 Hoja madura**

Esta variable presenta valores altos de expresión durante toda la observación fenológica, sin embargo, en mes con menos manifestación de fue abril con un 60 % de intensidad. Entre mayo-marzo la intensidad se manifestó en un intervalo de 65 y 85% (ver Figura 8). En todo el lapso de estudio la masividad fue intensa, superando valores de 2 en la categoría de calificación.

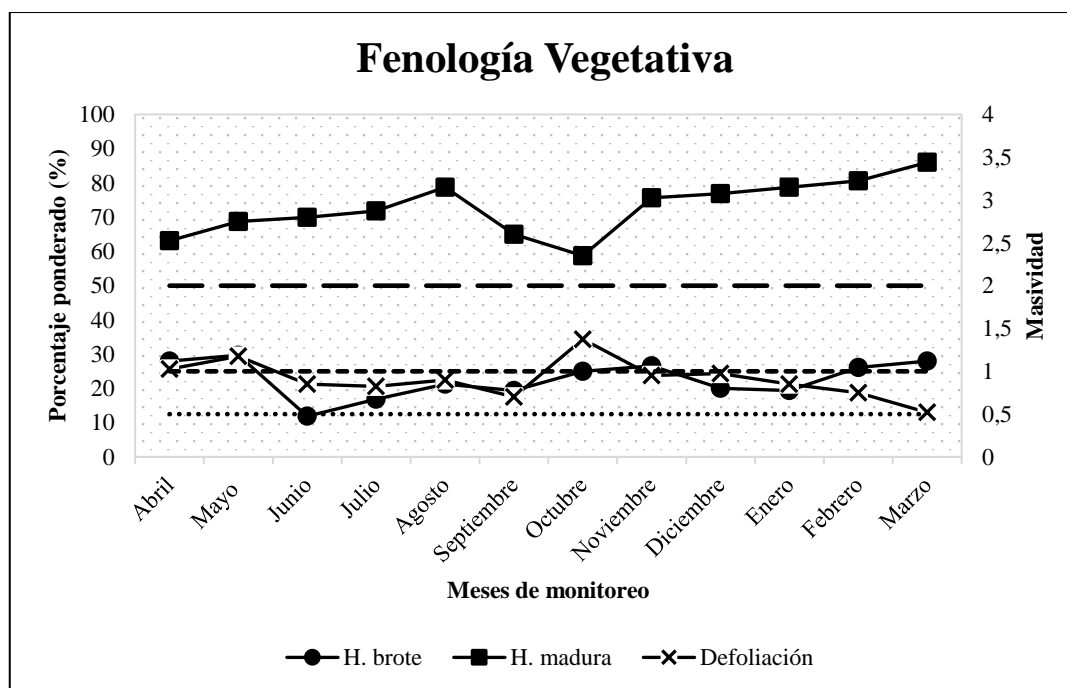
Matango (2019) en el estudio realizado a la misma especie, la defoliación en el sitio 3 presento masividades de 80 a 95% de intensidad en el periodo marzo-junio 2018 y marzo 2019, sin embargo, en el periodo septiembre-octubre la defoliación manifestó una reducción entre 40 y 50 %. Lo anterior concuerda con el presente estudio donde la presencia de defoliación fue intensa con valores de 65 a 85% de intensidad en el periodo mayo-marzo. Lo anterior se debe lo planteado por Kramer y Kolowski (1979) algunas angiospermas de hojas deciduas realizan una rápida expansión de sus hojas individuales, razón por la cual durante el año de investigación en ningún sitio los individuos permanecieron sin hojas.

#### **4.1.6.3 Defoliación**

El mes donde la variable tuvo mayor expresión fue octubre con un porcentaje 33 %. El mes con menor presencia de la variable fue marzo con 10% de intensidad, y una masividad débil. Entre los meses abril-septiembre y noviembre-febrero la intensidad se mantuvo entre 20,30%, Figura 8.

Según Morales (2001) el periodo de defoliación fue escasamente evidente, excepto que en los meses de julio a septiembre donde se presentó con un 10% de intensidad, esto difiere con el estudio actual donde la defoliación presenta valores de masividad que van hasta 33% de intensidad. Esto se debe a que el sitio 3 (Gualgchi) presento mayor viento por la altitud donde estaba así mismo, fue el de menor manifestación de fenofases.

**Figura 8.** Representación gráfica del comportamiento vegetativo del *A. nepalensis* a los 1406 m.s.n.m.



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

#### 4.2 Prueba de U de Mann-Whitney

Al comparar el sector las Delicias y Pucará se encontró que la manifestación de la inflorescencia tuvo diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) los meses abril, mayo, y julio. Del mismo modo, en el sector Pucará y Gualgchi se encontró diferencias significativas los periodos abril-julio y septiembre-enero. Por último, la comparación las Delicias, Gualgchi dio como resultado diferencias significativas los meses mayo, junio, septiembre, octubre y diciembre.

La comparación las Delicias y Pucará demuestra que la variable fruto joven presenta diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) solo en el mes mayo. La manifestación de la variable en Pucará y Gualgchi denota diferencias significativas en los meses junio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre. Del mismo modo las Delicias, Gualgchi los meses mayo, septiembre, octubre y diciembre.

La manifestación de la maduración del fruto en el sector de estudio las Delicias, tuvo diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) con relación al sector Pucará en los meses abril, mayo, junio, julio y diciembre. En la comparación Pucará, Gualgchi las diferencias significativas se presentaron en abril y mayo. Comparando las delicias con Gualgchi se denota diferencias significativas en junio y octubre.

En las Delicias con Pucará se encuentran diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en cuanto a la manifestación de la brotación de la hoja en los meses abril, junio septiembre. De la misma forma, las diferencias significativas entre Pucará y Gualgchi se denotaron en abril, julio y septiembre. Finalmente se encontraron diferencias significativas en la comparación las Delicias, Gualgchi los meses junio, julio, noviembre y diciembre.

La hoja madura tuvo mayor manifestación durante todo el estudio, pero también presento diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) los meses abril, agosto, noviembre y diciembre en la comparación las Delicias con Pucará. Así mismo se encontraron diferencias significativas en la comparación Pucará, Gualgchi en los meses abril, mayo, junio y diciembre. Comparando el sitio 1 las Delicias con el sitio 3 Gualgchi se denotan diferencias significativas en abril, mayo, junio y enero.

La defoliación presento diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) los meses abril, agosto, noviembre, diciembre y enero en la comparación del sitio 1 (las Delicias) y el sitio 2 (Pucará). Las diferencias significativas se denotaron comparando el sitio 2 (Pucará) con el sitio 3 (Gualgchi) los meses abril, enero. Finalmente, en la comparación del sitio 1 (las Delicias) y el sitio 3 (Gualgchi) se encontraron diferencias significativas en agosto y noviembre, Anexo 24.

Scott (1966) reporta que la fenología de los árboles tropicales puede responder a señales ambientales. Sin embargo, Reich y Borchert (1984), señalan que algunos de estos comportamientos son facultativos debido a que individuos de la misma especie que crecen en sitios diferentes o en el mismo sitio pueden desplegar marcadas diferencias fenológicas entre sí. Autores como Orozco (1992) señalan que muchas especies pueden tener comportamientos distintos en diferentes sitios.

Lo anterior se presenta en la investigación actual donde los resultados reflejan que los individuos de *Alnus nepalensis* D. Don a diferentes rangos altitudinales muestran comportamientos fenológicos diferentes durante los meses de estudio; observándose que la parte media presenta mayores porcentajes de manifestación en las etapas de floración, fructificación, hojas y rebrotes con respecto a la zona alta y baja. El sitio dos (Pucará), tuvo mejores características en cuanto a ramificación, valores dasométricos y adicionalmente el lugar tiene valores óptimos de temperatura y precipitación.

De igual forma se considera lo expresado por Mejía (1990), quien indicó que la altitud, influye en la fenología de las plantas, los presentes resultados confirman lo expresado por Mejía, porque se corroboró en los individuos de la especie, que al encontrarse en diferentes

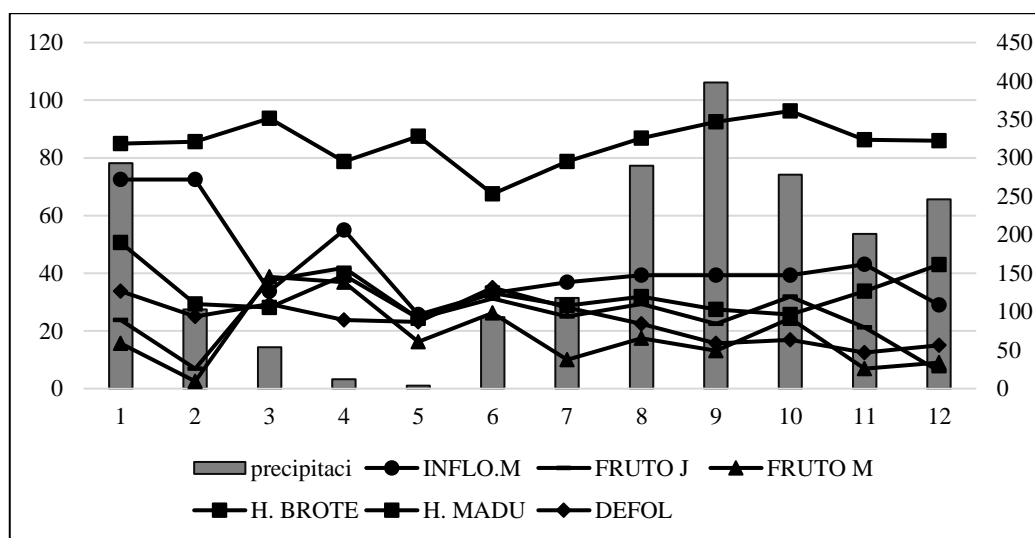
altitudes presentan variación en sus etapas fenológicas. Lo dicho se da porque los tres sitios donde se practico el estudio tienen características distintas tales como sistema agroforestal donde se ubica y características climáticas. Lo anterior explica porque el comportamiento fenológico tiene diferencias significativas entre sí en los tres sitios.

#### **4.3 Relación de precipitación con fenología de *Alnus nepalensis* D. Don en el sector de Pucará (zona media)**

Al correlacionar las fases fenológicas del sitio 2 (Pucará) y el índice de precipitación mensual, la especie no presentó correlación significativa, es decir el p valor fue mayor a 0,05 en la correlación (ver Tabla 5). De igual forma, no existe contraste entre la disminución o aumento de la precipitación durante el periodo de estudio con la fenología de la especie, (ver Figura 9).

Autores como Yang y Rudolf (2010) afirman, la fenología de las plantas es la característica más afectada por el cambio climático. Así mismo, Panta y Mandal (2019) en el estudio impacto del cambio climático en la fenología de diferentes especies forestales, entre una de ellas *Alnus nepalensis* D. Don, menciona que los cambios de temperatura y precipitación producen alteraciones en los procesos fenológicos de especies forestales tales como, floración temprana, defoliaciones, enfermedades y ataques patógenos. Lo anterior no coincide con los resultados de la investigación actual donde no se evidenció influencia de la precipitación en la fenología, sin embargo, esto se debe a que el sitio 2 (Pucará) presenta características favorables para el desarrollo normal de la especie, así mismo es importante recalcar que los datos de precipitación tomados para la correlación fueron limitados.

**Figura 9.** Representación grafica de la correlación entre precipitación y fenología.



**Tabla 5.** Correlación de Spearman con sitio 2 (Pucará)

Coeficientes de correlación					
Variable (1)	Variable (2)	n	Spearman	p-valor	
INFLO.M	Precipitac	12	0,34	0,2816	No significativa
FRUTO J	Precipitac	12	-0,34	-0,2747	No significativa
FRUTO M	Precipitac	12	-0,30	-0,3414	No significativa
BROTA H	Precipitac	12	0,21	0,5113	No significativa
H. MADU	Precipitac	12	0,22	0,4947	No significativa
DEFOL	Precipitac	12	-0,31	0,3239	No significativa

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

#### 4.4 Calendarios fenológicos de *Alnus nepalensis* D. Don según los tres sitios de estudio.

##### 4.4.1 Calendario fenológico del primer sitio de estudio (La delicia 2812 m.s.n.m.)

La brotación de hoja es constante durante el periodo de estudio en 26-50% de manifestación, de igual forma se denota una intensidad de 70-100% de manifestación de hoja madura. La floración se dio hasta el mes de junio y también tuvo manifestación entre septiembre-noviembre, los frutos jóvenes se denotaron en el periodo abril-junio y la maduración de los frutos tuvo mayor evidencia el mes de mayo, tal como muestra la figura 10.

Según Matango (2019) la brotación de hoja fue intensa en los doce meses de estudio, la floración ocurrió en agosto y duró hasta febrero 2019, los frutos jóvenes aparecieron de abril a agosto del 2018 y maduraron de julio a noviembre del mismo año. Los dicho anteriormente

tiene similitud en cuanto a las fases vegetativas principalmente brotación y hoja madura sin embargo, se observa diferencias en la manifestación de la fenología reproductiva. Este comportamiento fenológico probablemente fue debido a que la especie desarrolla en una región subtropical, García (1997) menciona que, en las regiones subtropicales al manifestarse climas muy extremos como veranos largos húmedos-secos, inviernos fríos, y heladas, las plantas efectúan una alternancia de periodos de crecimiento, desarrollo y reposo, que permite a la planta sobrellevar la sequía, calor y el frío excesivo. Mientras que, Jijon y Torres (2008) asegura la posibilidad de que se establezca una competencia por nutrientes y sustancias hormonales, y la reducción o ausencia de algunas fases favorecen al desarrollo o incremento de otras.

**Figura 10.** Calendario fenológico del *A. nepalensis* sector Las delicias, 2812 m.s.n.m.

Eventos	2019									2020		
	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DICI	ENE	FEB	MAR
Brotadura de hoja												
Hoja madura												
Defoliación												
Floración												
Fruto joven												
Fruto maduro												
Leyenda	Brotación		Hoja madura		Defoliación		Floración		Fruto joven		Fruto maduro	
	1 - 25 %		1 - 25 %		1 - 25 %		1 - 25 %		1 - 25 %		1 - 25 %	
	26 - 50 %		26 - 50 %		26 - 50 %		26 - 50 %		26 - 50 %		26 - 50 %	
	51 - 75 %		51 - 75 %		51 - 75 %		51 - 75 %		51 - 75 %		51 - 75 %	
	76 - 100 %		76 - 100 %		76 - 100 %		76 - 100 %		76 - 100 %		76 - 100 %	

#### 4.4.2 Calendario fenológico del segundo sitio de estudio (Pucará 1890 m.s.n.m.)

El calendario del segundo sitio (Pucará), donde se manifiesta presencia intensa constante de la brotación de hoja durante todo el año, pero la mayor presencia fue en abril. Así mismo, en la figura 11 se muestra que la hoja madura tuvo gran resalte durante el periodo con un rango de manifestación de 76-100%. La defoliación se manifestó en septiembre, sin embargo, meses como abril, julio y octubre también tuvo manifestación con valores de intensidad de 26-50%. La floración se denotó con mayor manifestación en abril y mayo con 70% de intensidad. Los frutos jóvenes y la maduración aparecieron en similitud en los meses junio, julio y septiembre.

Matango (2019) manifiesta que el segundo sitio de estudio la foliación fue continua y permanente durante los 12 meses, sin embargo, se observa una defoliación que ocurre entre



agosto y diciembre. La floración siempre estuvo presente en intensidades diferentes, mientras que los frutos nuevos se desarrollaron de abril a agosto y maduraron de julio a noviembre, la cosecha de semilla fue de agosto a septiembre. Dichos resultados tienen similitud con el estudio actual principalmente en la observación de fenología vegetativa. Adicionalmente en los dos estudios se denota mejor manifestación de fenología reproductiva en el sitio dos (Pucará). Estos resultados se dan a que el sitio dos presenta condiciones climáticas óptimas para el desarrollo de la especie de igual forma los especímenes tenían buena visualización de copa.

**Figura 11.** Calendario fenológico del *A. nepalensis* sector Pucará, 1890 m.s.n.m.

Eventos	2019									2020		
	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DICI	ENE	FEB	MAR
Brotadura de hoja												
Hoja madura												
Defoliación												
Floración												
Fruto joven												
Fruto maduro												
Leyenda	Brotación		Hoja madura		Defoliación		Floración		Fruto joven		Fruto maduro	
	1 - 25 %		1 - 25 %		1 - 25 %		1 - 25 %		1 - 25 %		1 - 25 %	
	26 - 50 %		26 - 50 %		26 - 50 %		26 - 50 %		26 - 50 %		26 - 50 %	
	51 - 75 %		51 - 75 %		51 - 75 %		51 - 75 %		51 - 75 %		51 - 75 %	
76 - 100 %		76 - 100 %		76 - 100 %		76 - 100 %		76 - 100 %		76 - 100 %		

#### 4.4.3 Calendario fenológico del tercer sitio de estudio (Guagshi 1406 m.s.n.m.)

El calendario muestra niveles bajos de masividad en la mayoría de las variables observadas. La brotadura de hoja se manifestó en abril y mayo en un rango de 26-50% de intensidad. La presencia de hoja madura fue aguda durante todo el año, la defoliación se manifestó en abril, mayo y octubre con un rango de intensidad del 26-50% (ver Figura 12). Durante todo el año de estudio la manifestación de la floración fue baja en un rango del 1-25% de intensidad. Hubo aparición de fruto joven y maduración en el mes junio y julio en un rango del 25-50% de intensidad.

Según lo que expresa Gómez (2010), el análisis de los períodos de ocurrencia de las etapas fenológicas de las especies en las zonas bajas exhibe una mayor estacionalidad que las especies de las zonas altas; esto no quiere decir que se esté produciendo una mejor adaptación a menores alturas, ya que la especie es propia de un hábitat de alturas a nivel del mar. A pesar de que el sitio cumple con una altitud dentro del rango óptimo de desarrollo de *Alnus nepalensis* D. Don planteado por Orwa (2009). La manifestación de las fenofases fue débil durante el año de

estudio permaneciendo en rangos de 1-25% de presencia. Jijon y Torres (2008) asegura la posibilidad de que se establezca una competencia por nutrientes y sustancias hormonales, y la reducción o ausencia de algunas fases favorecen al desarrollo o incremento de otras.

Lo anterior se debe a que el sitio tres (Gualgchi) contaba con especímenes agrupados en un bosque donde no les permitía tener un buen desarrollo de ramas es por eso que carecían de algún cuadrante para la observación fenológica.

**Figura 12.** Calendario fenológico del *A. nepalensis* sector Guagshi, 1406 m.s.n.m.

Eventos	2019									2020		
	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DICI	ENE	FEB	MAR
Brotadura de hoja												
Hoja madura												
Defoliación												
Floración												
Fruto joven												
Fruto maduro												
Legenda	Brotación		Hoja madura		Defoliación		Floración		Fruto joven		Fruto maduro	
	1 - 25 %		1 - 25 %		1 - 25 %		1 - 25 %		1 - 25 %		1 - 25 %	
	26 - 50 %		26 - 50 %		26 - 50 %		26 - 50 %		26 - 50 %		26 - 50 %	
	51 - 75 %		51 - 75 %		51 - 75 %		51 - 75 %		51 - 75 %		51 - 75 %	
	76 - 100 %		76 - 100 %		76 - 100 %		76 - 100 %		76 - 100 %		76 - 100 %	

# CAPÍTULO V

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

La altitud si influyo en el comportamiento fenológico de *Alnus nepalensis* D. Don para los tres sitios de estudio. Siendo Pucará, el sitio que evidencio mayor manifestación en la fenología reproductiva, con masividad intensa. Por otro lado, el sitio Las Delicias, presentó una masividad media a intensa en la fenología vegetativa a comparación de los otros sitios.

La precipitación no presento correlación con la manifestación de las fenofases de los individuos de *Alnus nepalensis* D. Don del sitio 2 (Pucará).

### 5.2 Recomendaciones

Realizar nuevas investigación relacionadas con la fenología de *Alnus nepalensis*, tomando en cuenta la incidencia de la precipitación y asociando nuevas variables climáticas como lo es temperatura.

Para la toma de datos se debe utilizar un equipo óptimo de gran alcance y resolución, ya que en algunas ocasiones por motivos de niebla u otros árboles la visualización se ve obstaculizada, por la baja claridad, por tal motivo se debe utilizar binoculares 10x25 o 20x50.

Con base en los resultados de esta investigación, se recomienda que los agricultores consideren los datos sobre la duración de la fase fenológica para que puedan organizar las fechas para la recolección de semillas y la producción de plantas.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, Z., Díaz, L., y Palacios, B. (2015). Fenología de especies forestales nativas en el jardín Botánico el Padmi, Zamora Chinchipe, Ecuador. *CEDAMAZ*, V(1), 68-80.
- Ahas, R., Jaagus, J., y Aasa, A. (2000). The phenological calendar of Estonia and its correlation with mean air temperature [El calendario fenológico de Estonia y su correlación con la temperatura media del aire]. *Int J Biometeorol*, 159–166.
- Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador de 2007. (2008). *Constitución política de la República del Ecuador*. Montecristi. Ecuador.
- Badii, M., Guillen, A., Lugo, O. y Aguilar, J. (2014). Non parametric correlation and its application in scientific research. [Correlación no-paramétrica y su aplicación en la investigación científica]. *International Journal of Good Conscience*, 9(2), 31-40.
- Bullock, H., Solis, J. (1990). Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in Mexico. [Fenología de los árboles del dosel de un bosque caducifolio tropical en México]. *Biotropica*. 22(1):22-35.
- Cabrera M. y Ordóñez, H. (2004). *Fenología, almacenamiento de semillas y propagación a nivel de vivero de diez especies forestales nativas del sur del Ecuador*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Loja. Ecuador.
- Cabrera, N. (2012). *Análisis del comportamiento del aliso alnus nepalensis D. Don, asociado con brachiaria, Brachiaria decumbens Staff y pasto miel Setaria sphacelata (Schumach) Staff y C. E. Hubb y pasturas en monocultivo*. (Tesis de pregrado). Ibarra.
- Cairnis, M. (2004). Voces desde el Bosque integrando el conocimiento indígena en la agricultura sustentable de tierras altas. (Tesis de maestría). Washintogn D.C. USA.
- Camacho, J. (2008). Asociación entre variables: correlación no paramétrica. *Acta Médica Costarricense*, 50(3), 144-146.
- Cara, J. y Mestre, A. (2006). *La observación fenológica en agrometeorología y climatología*. *Revista del Aficionado a la Meteorología No. 45*. doi: <http://www.meteored>.

- com/ram/2764/la-observacin-fenolgica-en-agrometeorologa-y-climatologa/#more-2764  
(julio 18 de 2009)
- Castillo, N., y Castro, B. (1989). *Estudio dendrológico y fenológico de las principales especies forestales nativas del cantón Saraguro*. (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
- Cevallos, J. (2017). *Determinación de la ubicación geográfica de Alnus nepalensis D. Don en la zona de Intag noroccidente del Ecuador*. (Tesis de pregrado). Ibarra, Ecuador.
- Código Orgánico del Ambiente [COA]. (2018). *Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017*. COA. Quito, Pichincha, Ecuador
- Costa, F. (2002). Fenología de árvores tropicais [Fenología de árboles tropicales]. *La Insignia*. Brasil. <http://lainsignia.org>
- Cuevas, C. (1996). Análisis de la calidad física de semillas forestal. Primer seminario nacional sobre mejoramiento genético y semillas forestales). *Santo Domiengo: Turrialba*. págs. 49-55.
- Díaz, A. (2019). *Identificación, aspectos morfológicos y fenológicos de las especies forestales nativas en el valle de cajamarca*. Obtenido de repositorio.unc.edu.pe/: [http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3169/IDENTIFICACI%  
c3%93N%2c%20ASPECTOS%20MORFOL%  
c3%93GICOS%20Y%20FENOL%  
c3%93GICOS%20DE%20LAS%  
20ESPECIES%20FORESTALES%  
20NATIVAS%20EN%20EL%20VALL.p  
df?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3169/IDENTIFICACI%c3%93N%2c%20ASPECTOS%20MORFOL%c3%93GICOS%20Y%20FENOL%c3%93GICOS%20DE%20LAS%20ESPECIES%20FORESTALES%20NATIVAS%20EN%20EL%20VALL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Davenport, T. (2009). Reproductive physiology. En: Litz RE : botany production and uses.[ Fisiología reproductiva. En: Litz RE: producción y usos botánicos]. *Wallingford, UK: CAB International*. Pág. 97-169.
- Duke, J. (1983). Manual de cultivos energéticos. *Birmania. FAO*, boletín técnico, (32), 102-103.
- FECYT, (2004). *Meteorología y Climatología*. Obtenido de cab.inta-csic.es/: <https://cab.inta-csic.es/uploads/culturacientifica/adjuntos/20130121115236.pdf>

- Ferewood, C. (1980). *Ferewood Crops Shrub and Trees species for Energy Production*. [Especies de arbustos y árboles de cultivo de leña para la producción de energía.] *Washington, D.c.: National Academy of sciences*.
- Founier, L, (1974). Un método cuantitativo para la medición de las características fenológicas en árboles. *Costa Rica: Turrialba*.
- Fournier, O, y Charpantier, C. (1978). Sample size and frequencies of observations for the study of phenological characteristics of tropical trees. [El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales]. *Cespedesia*. Suplemento.
- GAD Cantonal de Cotacachi. (2015). *Plan de desarrollo y de Ordenamiento del cantón Cotacachi*. Cotacachi.
- GAD de Peñaherrera. (2011). *Actualización Plan Parroquial de Desarrollo y Elaboración Plan de Ordenamiento Territorial de Peñaherrera*. Cotacachi, Imbabura, Ecuador.
- García, L. C. (1997). *Estudio fenológico y de crecimiento de once especies leñosas del matorral Espinoso Tamaulipeco en Linares, Nuevo León, México*. (Tesis de pregrado). Linares: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Gómez, D., y Macías, D. (2012). *Fenología del palo cruz (Brownea rosa-de-monte Bergius) en un bosque seco de Bolivar, Cauca*. doi: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/colfor/article/download/3713/5312?inline=1#ref2>
- Harrington, C., Chandler, L., DeBell, D. y Schopmeyer, C. (2008). *Alnus P. Mill. alder. The woody plant seed manual*, 232-242.
- Hechavarría, O. (2009). *Contribución de la fenología a la conservación de tres especies forestales en Tope de Collantes*. Pinar del Río: Universidad de Pinar del Río.
- Jácome, G. D. (2017). *Efectos alelopáticos de Alnus nepalensis D. Don en cuatro cultivos agrícolas de importancia socioeconómica en la Zona de Intag, Noroccidente del Ecuador*. (Tesis de pregrado). Ibarra, Ecuador.

- Jijon, 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). Quevedo, Ecuador.
- Jong, B., Ochoa, S. y Pérez, I. (2008). *Fenología reproductiva de las especies arbóreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco, México*. (Tesis posgrado). Villahermosa, Tabasco, México.
- Kramer, J. y Kozlowski. (1979). *Physiology of woody plants [Fisiología de las plantas leñosas]*. San Diego: Academic Press, INC.
- Matango, W. (2019). *Evaluación fenológica de *Alnus nepalensis* D. Don en base a la altitud de la Zona de Intag, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura*. (Tesis de pregrado). Ibarra, Ecuador.
- Mejía, M. (1990). Fenología: Fundamentos y métodos. *Seminario Taller en Semillas Forestales Tropicales. (2º Bogotá, Colombia)*. Memoria. Ed. T. Triviño. Bogotá, CO. p. 65-79.
- Ministerio del Ambiente, (2004). Normativa de Semillas Forestales. Acuerdo Ministerial #3. Registro Oficial #269. Ecuador.
- Miranda, K. (2008). *Ritmos reproductivos y vegetativos de 4 especies arbóreas del campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina*. (Tesis de pregrado). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina Facultad de Ciencias Forestales.
- Mújica, A., y Canahua, A. (1989). Fases fenológicas del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*). *En Curso Taller, Fenología de cultivos andinos y uso de la información agrometeorológica*. (págs. 7-10). Salsedo.
- Panta, M., y Mandal, R. (2019). Impact of climate change on phenology of *Rhododendron arboreum* Sm., *Myrica esculenta* Buch.-Ham. ex D. Don and *Alnus nepalensis* D. Don. [Impacto del cambio climático en la fenología de *Rhododendron arboreum* Sm., *Myrica esculenta* Buch.-Ham. ex D. Don y *Alnus nepalensis* D. Don.] *Sibirskij Lesnoj Zurnal/Siberian Journal of Forest Science*, (4), 68-79.

- Orozco, L. (1992). Estudio ecológico y de estructura horizontal de seis comunidades boscosas de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. *CATIE, Turrialba*, Costa Rica. 33 p.
- Orwa, C., Kindt, R., Jamnadass, R. y Anthony, S. (2009). *Alnus nepalensis* D. Don. *Agroforestry Database 4.0*, 1-5.
- Reich, P. y Borchert, R (1984). Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands [Estrés hídrico y fenología de árboles en un bosque seco tropical en las tierras bajas].
- Restrepo, M. (2010). Fenología reproductiva de especies forestales nativas presentes en la jurisdicción de Corantioquia. *Madellín: Corantioquia*.
- Romero, M. A. (2000). *Selección de especies y manejo de semillas*. Quito, Ecuador: RAFE.
- Rondón, J. L. (2017). *Determinación de la ubicación geográfica de Alnus nepalensis D. Don en la zona de Intag noroccidente del Ecuador*. (Tesis de pregrado). Ibarra, Ecuador.
- Samaniego, C., Ordóñez, O., Prado, L. y Morocho, M. (2015). *Fuentes semilleras y semillas forestales nativas de Loja y Cañar: participación social en el manejo*. Loja: FOSEFOR.
- Scott, N. (1966). Ecologically important aspects of the climates of Costa Rica. [Aspectos ecológicamente importantes de los climas de Costa Rica]. *Organization for Tropical*.
- Secretaría Nacional de Planificación. (2021). *Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025*. Quito, Ecuador. doi: <https://www.planificacion.gob.ec/plan-de-creacion-deoportunidades-2021-2025/>
- Shrestha, B., Jha, S., y Uprety, Y. (2008). Phenology and water relations of eight woody species in the Garden of Kirtipur, central Nepal. [Fenología y relaciones hídricas de ocho especies leñosas en el Jardín de Kirtipur, en el centro de Nepal]. *Imalayan Journal of Sciences*, 4, 49-55.
- Sterringa, J. (1974). *Factores Ambientales Importantes para la regeneración forestal*. Costa Rica: CATIE.



Talora, D. y Morellato, P. (2000). Fenología de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. [Fenología de especies arbóreas en un bosque de llanura costera del sureste de Brasil]. *Revista Brasil*, 13-26.

Vázquez, C., Orozco, A., Rojas, M., Sánchez, M., y Cervantes, V. (1997). *La reproducción de las plantas: semillas y meristemas*. México: Fondo de Cultura Económica.

Weyler, F. (1843). *Descripción anatómica y fisiológica*. Palma: UMBERT.

## CAPÍTULO VII

### ANEXOS

**Anexo 1.** Formulario de evaluación de los individuos de *A. nepalensis* para la selección.

Nombre del evaluador					carácter	Criterios	P.
Fecha					<b>Forma del fuste</b>	Recto y cilíndrico	4
Sitio y zona						Ligeramente torcido	3
Altitud						Torcido	2
Sector						Muy torcido	1
N. individuo	forma del fuste	Inserción de las ramas	forma de la copa	Estado sanitario	<b>Angulo de inserción de las ramas</b>	De 60° a 90°	3
						De 30° a 60°	2
						De 0° a 30°	1
1					<b>Forma de la copa</b>	Columnar	4
2						Semicolumnar	3
3						Columnar irregular	2
4						Pocas ramas	1
5					<b>Estado sanitario</b>	100 % sano	4
6						75 % sano	3
7						50 % sano	2
8						25 % sano	1

**Fuente:** Adaptado de Samaniego, Ordóñez, Prado y Morocho (2015)

**Anexo 2.** Datos generales de la evaluación y ponderación de los individuos de *A. nepalensis* en los tres sitios.

Selección de individuos para la evaluación fenológica del <i>A. Nepalensis</i> en el sitio 1, 2 y 3																																			
Ind.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32			
<b>Sitio 1, sector Las Delicias 2812 msnm</b>																																			
Pj. 1	4	3,3	4,5	3,5	3,3	2,5	4	4,3	3,5	4,5	4,3	4,8	4,3	3,5	4																				
Pj. 2	3,6	3,3	4,1	3,8	3,1	2,9	4	4,3	3,5	4,1	4	4,4	3,9	3,6	2,9																				
Pj. 3	3,3	3,3	3,8	4	3	3,3	4	4,3	3,5	3,8	3,8	4	3,5	3,8	1,8																				
Prom.	3,6	3,3	4,1	3,8	3,1	2,9	4	4,3	3,5	4,1	4	4,4	3,9	3,6	2,9																				
Selec.	1		2	3			4	5		6	7	8	9	10																					
<b>sitio 2, sector Pucará 1890 msnm</b>																																			
Pj. 1	4	4	4,8	4,5	3,8	3,8	4	4,5	4	3,5	3	4,5	3,8	4,3	3,8	4,5	4,5	3,3	3,5																
Pj. 2	3,5	3,5	4,3	4,1	3,8	3,5	4	4,3	4	3,6	2,6	4,1	3,1	3,6	3,8	4,3	3,9	3,3	3,5																
Pj. 3	3	3	3,8	3,8	3,8	3,3	4	4	4	3,8	2,3	3,8	2,5	3	3,8	4	3,3	3,3	3,5																
Prom.	3,5	3,5	4,3	4,1	3,8	3,5	4	4,3	4	3,6	2,6	4,1	3,1	3,6	3,8	4,3	3,9	3,3	3,5																
Selec.			1	2	3		4	5	6			7			8	9	10																		
<b>Sitio 3, sector Guagshi 1406 msnm</b>																																			
Pj. 1	4	4,3	3,8	4,5	4,8	4,3	5	4,8	4	4,8	5	4,8	3,3	4,3	5	4	4,3	4,8	4	3,5	3,5	4	4	4,5	4,3	3,5	4	4,8	4	4,8	3,5	3,8			
Pj. 2	3,8	4,3	4,3	3	4	4	4	4,5	4,3	4,8	3,8	3,8	4,3	3,5	4,3	3,8	4,3	5	3,5	3	3	2,8	3,8	4	4,8	3,5	5	3,8	3,3	4,3	2,3	3			
Pj. 3	3,8	4	4	4,3	3,8	3	5	4	3,8	3,8	3,8	3,8	4	4	4	3	3,5	4,5	4	3	3,8	3,8	3,8	3,3	3,8	3,3	4,25	3,3	3,5	4,3	2,5	3,3			
Prom.	3,8	4,2	4	3,9	4,2	3,8	4	4,4	4	4,4	4,2	4,1	3,8	3,9	4,4	3,6	4	4,8	3,8	3,2	3,4	3,5	3,8	3,9	4,3	3,4	4,42	3,9	3,6	4,4	2,8	3,3			
Selec.		1			2		3	4		5					6			7							8		9				10				

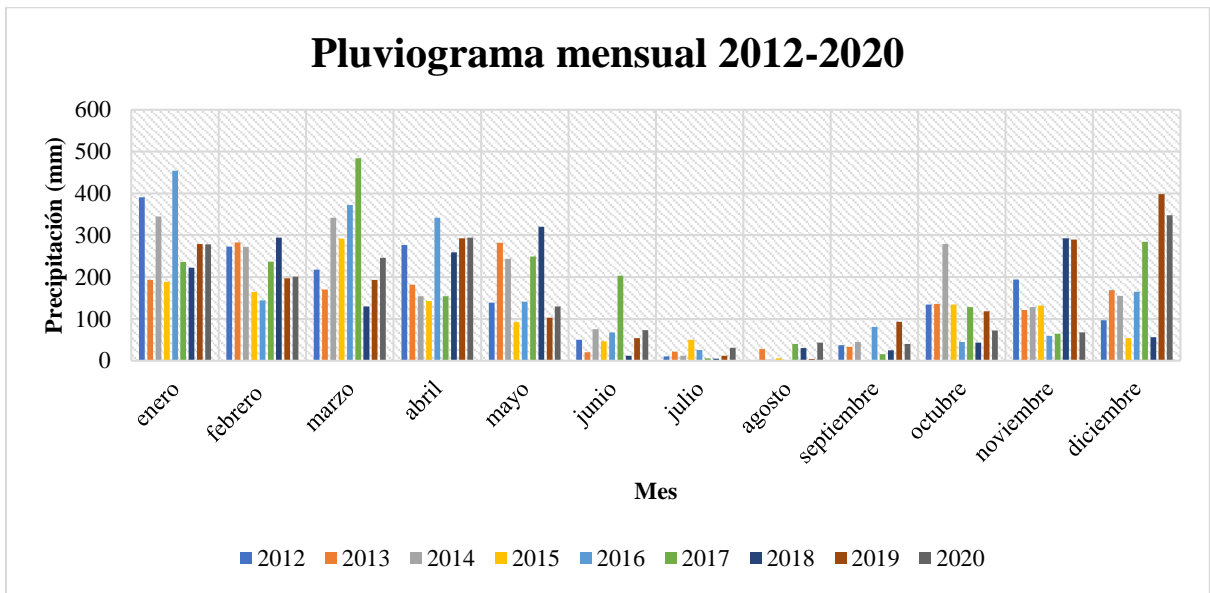
**Anexo 3.** Matriz para determinar el índice promedio mensual de cada sitio

FECHA																									
# DE MEDICIÓN																									
ALTITUD																									
SITIO Y SECTOR																									
ÍNDICE PROMEDIO MENSUAL																									
IND. CÓDIGO	INFLORESCENCIA				F. JOVEN				F. MADURO				H. BROTACIÓN				H. MADURA				DEFOLIACIÓN				
	C 1	C 2	C 3	C 4	C 1	C 2	C 3	C 4	C 1	C 2	C 3	C 4	C 1	C 2	C 3	C 4	C 1	C 2	C 3	C 4	C 1	C 2	C 3	C 4	
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
Suma	0				0				0				0				0				0				
IP	0				0				0				0				0				0				

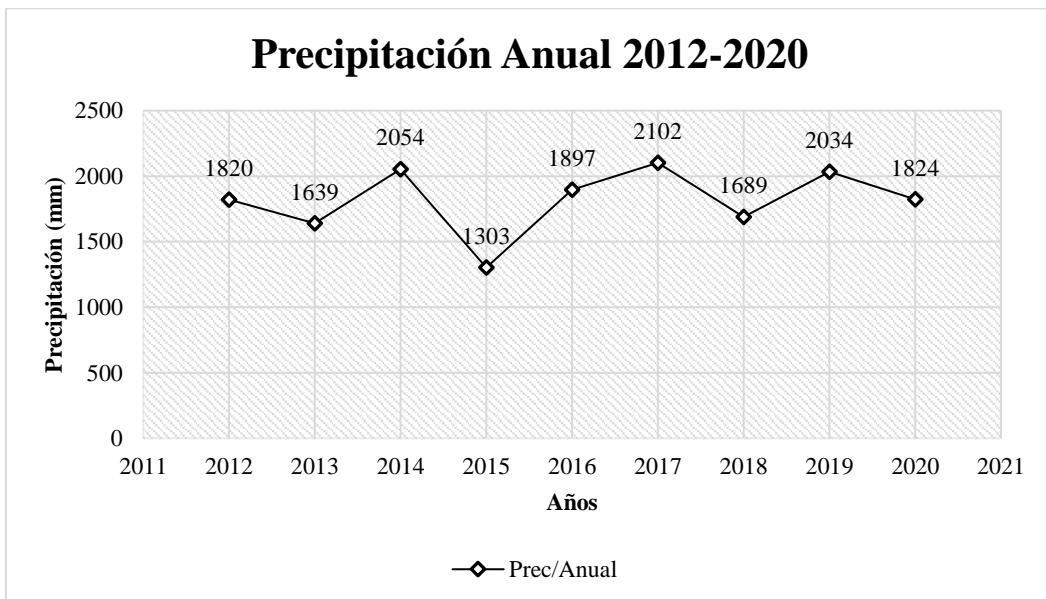
**Anexo 4.** Matriz para determinar el índice promedio mensual de cada sitio

OBSERVADOR					PENDIENTE								Coord. X															
ZONA _ SITIO					PRÁCTICA								Coord. Y															
PARROQUIA					ALTITUD (msnm)								Tipo SUELO															
SECTOR					D. A. P								Diam. COPA															
LUGAR					CLIMA								Ind. código.															
EDAD					H. COMER.								H. TOTAL															
FECHA DE OBSERVA.	Inflorescencia				F. Joven				F. maduro				H. brote				H. Madura				Defoliación							
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4				
1																												
2																												
3																												
4																												
5																												
6																												
7																												
8																												
9																												
10																												
Observaciones																												

**Anexo 5. Pluviograma mensual 2012-2020**



**Anexo 6. Precipitación Anual 2012-2020**



**Anexo 7.** Datos generales de la correlación de Spearman para relacionar la fenología de *Alnus nepalensis* D. Don y la precipitación Anual.

<b>Coefficientes de correlación</b>					
<b>Correlación de Spearman</b>					
<b>Variable(1)</b>	<b>Variable(2)</b>	<b>n</b>	<b>Spearman</b>	<b>p-valor</b>	<b>Correlación</b>
INFLO.M	Precipitac	12	0,34	0,2816	No significativa
FRUTO J	Precipitac	12	-0,34	-0,2747	No significativa
FRUTO M	Precipitac	12	-0,30	-0,3414	No significativa
H. BROTE	Precipitac	12	0,21	0,5113	No significativa
H. MADU	Precipitac	12	0,22	0,4947	No significativa
DEFOL	Precipitac	12	-0,31	0,3239	No significativa

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

**Anexo 8.** Datos generales de la prueba U mann-whiney con la inflorescencia masculina con la combinación sitio 1- sitio 2

Mes	Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)	
abril	Altitud	Inflo masc	A	B	10	10	0,60	3,00	0,99	0,82	60,00	0,0005	CON-DIF-SIG
Agosto	Altitud	Inflo masc	A	B	10	10	0,75	1,05	0,49	0,44	87,00	0,1496	SIN-DIF-SIG
Diciemb	Altitud	Inflo masc	A	B	10	10	1,20	1,55	0,54	0,80	96,00	0,4778	SIN-DIF-SIG
Enero	Altitud	Inflo masc	A	B	10	10	1,15	1,55	0,41	0,50	83,50	0,0773	SIN-DIF-SIG
julio	Altitud	Inflo masc	A	B	10	10	0,85	2,20	0,75	0,59	63,00	0,0013	CON-DIF-SIG
junio	Altitud	Inflo masc	A	B	10	10	1,45	1,35	0,50	0,58	113,00	0,5291	SIN-DIF-SIG
mayo	Altitud	Inflo masc	A	B	10	10	1,05	3,05	0,28	1,40	66,00	0,0022	CON-DIF-SIG
Noviemb	Altitud	Inflo masc	A	B	10	10	1,50	1,60	1,05	0,46	100,50	0,7228	SIN-DIF-SIG
Octub	Altitud	Inflo masc	A	B	10	10	1,30	1,55	0,42	0,50	91,00	0,2456	SIN-DIF-SIG
Septiem	Altitud	Inflo masc	A	B	10	10	1,75	1,30	0,72	0,35	123,00	0,1499	SIN-DIF-SIG

**Anexo 9.** Datos generales de la prueba U mann-whiney con la inflorescencia masculina con la combinación sitio 2- sitio 3

Mes	Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)	
abril	Altitud	Inflo masc B	B	C	10	10	3,00	1,05	0,82	1,01	147,50	0,0012	CON-DIF-SIG
Agosto	Altitud	Inflo masc B	B	C	10	10	1,05	0,85	0,44	0,34	114,00	0,4005	SIN-DIF-SIG
Diciemb	Altitud	Inflo masc B	B	C	10	10	1,55	0,75	0,80	0,42	133,50	0,0182	CON-DIF-SIG
Enero	Altitud	Inflo masc B	B	C	10	10	1,55	1,00	0,50	0,00	135,00	0,0047	CON-DIF-SIG
julio	Altitud	Inflo masc B	B	C	10	10	2,20	0,70	0,59	0,48	155,00	0,0001	CON-DIF-SIG
junio	Altitud	Inflo masc B	B	C	10	10	1,35	0,55	0,58	0,50	139,50	0,0059	CON-DIF-SIG
mayo	Altitud	Inflo masc B	B	C	10	10	3,05	0,20	1,40	0,42	149,00	0,0004	CON-DIF-SIG
Noviemb	Altitud	Inflo masc B	B	C	10	10	1,60	1,00	0,46	0,24	139,00	0,0044	CON-DIF-SIG
Octub	Altitud	Inflo masc B	B	C	10	10	1,55	0,70	0,50	0,54	140,50	0,0045	CON-DIF-SIG
Septiem	Altitud	Inflo masc B	B	C	10	10	1,30	0,30	0,35	0,42	150,00	0,0004	CON-DIF-SIG

**Anexo 10.** Datos generales de la prueba U mann-whiney con la inflorescencia masculina con la combinación sitio 1- sitio 3

Mes	Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)	
abril	Altitud	Inflo masc A	A	C	10	10	0,60	1,05	0,99	1,01	89,50	0,2168	SIN-DIF-SIG
Agosto	Altitud	Inflo masc A	A	C	10	10	0,75	0,85	0,49	0,34	95,00	0,4117	SIN-DIF-SIG
Diciemb	Altitud	Inflo masc A	A	C	10	10	1,20	0,75	0,54	0,42	132,00	0,0245	CON-DIF-SIG
Enero	Altitud	Inflo masc A	A	C	10	10	1,15	1,00	0,41	0,00	115,00	0,2791	SIN-DIF-SIG
julio	Altitud	Inflo masc A	A	C	10	10	0,85	0,70	0,75	0,48	106,50	0,9026	SIN-DIF-SIG
junio	Altitud	Inflo masc A	A	C	10	10	1,45	0,55	0,50	0,50	144,50	0,0021	CON-DIF-SIG
mayo	Altitud	Inflo masc A	A	C	10	10	1,05	0,20	0,28	0,42	146,00	0,0008	CON-DIF-SIG
Noviemb	Altitud	Inflo masc A	A	C	10	10	1,50	1,00	1,05	0,24	116,00	0,3724	SIN-DIF-SIG
Octub	Altitud	Inflo masc A	A	C	10	10	1,30	0,70	0,42	0,54	133,00	0,0200	CON-DIF-SIG
Septiem	Altitud	Inflo masc A	A	C	10	10	1,75	0,30	0,72	0,42	152,00	0,0003	CON-DIF-SIG



**Anexo 11.** Datos generales de la prueba U mann-whiney con el fruto joven con la combinación sitio 1- sitio 2

Mes	Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)	
abril	Altitud	F.joven	A	B	10	10	1,30	0,90	1,11	0,84	117,00	0,3532	SIN-DIF-SIG
Agosto	Altitud	F.joven	A	B	10	10	0,80	1,05	0,48	1,04	102,00	0,8104	SIN-DIF-SIG
Diciemb	Altitud	F.joven	A	B	10	10	0,95	0,85	0,55	0,58	109,50	0,7085	SIN-DIF-SIG
Enero	Altitud	F.joven	A	B	10	10	1,05	1,25	0,50	0,54	98,50	0,5622	SIN-DIF-SIG
julio	Altitud	F.joven	A	B	10	10	1,00	1,60	0,85	0,94	88,00	0,1757	SIN-DIF-SIG
junio	Altitud	F.joven	A	B	10	10	1,40	1,45	1,02	0,83	100,50	0,7298	SIN-DIF-SIG
mayo	Altitud	F.joven	A	B	10	10	1,50	0,30	0,91	0,54	141,50	0,0040	CON-DIF-SIG
Noviemb	Altitud	F.joven	A	B	10	10	0,90	1,20	1,07	0,82	95,00	0,4362	SIN-DIF-SIG
Octub	Altitud	F.joven	A	B	10	10	1,05	0,95	0,55	0,64	109,00	0,7496	SIN-DIF-SIG
Septiem	Altitud	F.joven	A	B	10	10	1,15	1,20	0,85	1,01	105,00	>0,9999	SIN-DIF-SIG

**Anexo 12.** Datos generales de la prueba U mann-whiney con el fruto joven con la combinación sitio 2- sitio 3

Mes	Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)	
abril	Altitud	F.joven	B	C	10	10	0,90	1,30	0,84	1,11	93,00	0,3532	SIN-DIF-SIG
Agosto	Altitud	F.joven	B	C	10	10	1,05	0,60	1,04	0,52	116,00	0,3720	SIN-DIF-SIG
Diciemb	Altitud	F.joven	B	C	10	10	0,85	0,25	0,58	0,42	133,50	0,0191	CON-DIF-SIG
Enero	Altitud	F.joven	B	C	10	10	1,25	0,90	0,54	0,32	119,00	0,1631	SIN-DIF-SIG
julio	Altitud	F.joven	B	C	10	10	1,60	1,20	0,94	0,48	118,00	0,2790	SIN-DIF-SIG
junio	Altitud	F.joven	B	C	10	10	1,45	0,65	0,83	0,63	132,50	0,0339	CON-DIF-SIG
mayo	Altitud	F.joven	B	C	10	10	0,30	0,35	0,54	0,41	98,00	0,5476	SIN-DIF-SIG
Noviemb	Altitud	F.joven	B	C	10	10	1,20	0,50	0,82	0,47	132,00	0,0307	CON-DIF-SIG
Octub	Altitud	F.joven	B	C	10	10	0,95	0,20	0,64	0,42	137,00	0,0086	CON-DIF-SIG
Septiem	Altitud	F.joven	B	C	10	10	1,20	0,15	1,01	0,34	139,50	0,0049	CON-DIF-SIG

**Anexo 13.** Datos generales de la prueba U mann-whiney con el fruto joven con la combinación sitio 1- sitio 3

Mes	Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)	
abril	Altitud	F.joven	A	C	10	10	1,30	1,30	1,11	1,11	105,00	>0,9999	SIN-DIF-SIG
Agosto	Altitud	F.joven	A	C	10	10	0,80	0,60	0,48	0,52	115,00	0,3854	SIN-DIF-SIG
Diciemb	Altitud	F.joven	A	C	10	10	0,95	0,25	0,55	0,42	138,50	0,0073	CON-DIF-SIG
Enero	Altitud	F.joven	A	C	10	10	1,05	0,90	0,50	0,32	114,00	0,3300	SIN-DIF-SIG
julio	Altitud	F.joven	A	C	10	10	1,00	1,20	0,85	0,48	97,50	0,5431	SIN-DIF-SIG
junio	Altitud	F.joven	A	C	10	10	1,40	0,65	1,02	0,63	128,00	0,0761	SIN-DIF-SIG
mayo	Altitud	F.joven	A	C	10	10	1,50	0,35	0,91	0,41	143,50	0,0027	CON-DIF-SIG
Noviemb	Altitud	F.joven	A	C	10	10	0,90	0,50	1,07	0,47	113,00	0,5222	SIN-DIF-SIG
Octub	Altitud	F.joven	A	C	10	10	1,05	0,20	0,55	0,42	142,00	0,0027	CON-DIF-SIG
Septiem	Altitud	F.joven	A	C	10	10	1,15	0,15	0,85	0,34	140,00	0,0045	CON-DIF-SIG

**Anexo 14.** Datos generales de la prueba U mann-whiney con el fruto maduro con la combinación sitio 1- sitio 2

Mes	Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)	
abril	Altitud	F. maduro	A	B	10	10	0,10	0,65	0,32	0,58	79,50	0,0212	CON-DIF-SIG
Agosto	Altitud	F. maduro	A	B	10	10	0,45	0,70	0,50	0,92	101,00	0,7428	SIN-DIF-SIG
Diciemb	Altitud	F. maduro	A	B	10	10	0,90	0,40	0,57	0,46	129,50	0,0424	CON-DIF-SIG
Enero	Altitud	F. maduro	A	B	10	10	0,75	0,95	0,49	0,16	93,50	0,2824	SIN-DIF-SIG
julio	Altitud	F. maduro	A	B	10	10	0,45	1,45	0,60	0,90	72,00	0,0107	CON-DIF-SIG
junio	Altitud	F. maduro	A	B	10	10	0,60	1,55	0,77	0,50	68,00	0,0039	CON-DIF-SIG
mayo	Altitud	F. maduro	A	B	10	10	1,30	0,10	1,25	0,32	136,50	0,0071	CON-DIF-SIG
Noviemb	Altitud	F. maduro	A	B	10	10	0,45	0,80	0,76	0,63	90,00	0,2141	SIN-DIF-SIG
Octub	Altitud	F. maduro	A	B	10	10	0,55	0,35	0,44	0,47	119,50	0,2445	SIN-DIF-SIG
Septiem	Altitud	F. maduro	A	B	10	10	0,70	1,05	0,79	0,96	94,00	0,3880	SIN-DIF-SIG

**Anexo 15.** Datos generales de la prueba U mann-whiney con el fruto maduro con la combinación sitio 2- sitio 3

Mes	Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)	
abril	Altitud	F. maduro B	B	C	10	10	0,65	0,00	0,58	0,00	135,00	0,0047	CON-DIF-SIG
Agosto	Altitud	F. maduro B	B	C	10	10	0,70	0,20	0,92	0,42	121,00	0,1537	SIN-DIF-SIG
Diciemb	Altitud	F. maduro B	B	C	10	10	0,40	0,40	0,46	0,52	106,00	0,9323	SIN-DIF-SIG
Enero	Altitud	F. maduro B	B	C	10	10	0,95	0,90	0,16	0,32	105,50	0,9422	SIN-DIF-SIG
julio	Altitud	F. maduro B	B	C	10	10	1,45	0,70	0,90	0,67	128,50	0,0621	SIN-DIF-SIG
junio	Altitud	F. maduro B	B	C	10	10	1,55	1,25	0,50	0,72	116,50	0,3685	SIN-DIF-SIG
mayo	Altitud	F. maduro B	B	C	10	10	0,10	0,85	0,32	0,88	79,00	0,0206	CON-DIF-SIG
Noviemb	Altitud	F. maduro B	B	C	10	10	0,80	0,55	0,63	0,50	116,00	0,3502	SIN-DIF-SIG
Octub	Altitud	F. maduro B	B	C	10	10	0,35	0,15	0,47	0,34	119,00	0,2095	SIN-DIF-SIG
Septiem	Altitud	F. maduro B	B	C	10	10	1,05	0,50	0,96	0,58	122,00	0,1741	SIN-DIF-SIG

**Anexo 16.** Datos generales de la prueba U mann-whiney con el fruto maduro con la combinación sitio 1- sitio 3

Mes	Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)	
abril	Altitud	F. maduro A	A	C	10	10	0,10	0,00	0,32	0,00	110,00	0,3171	SIN-DIF-SIG
Agosto	Altitud	F. maduro A	A	C	10	10	0,45	0,20	0,50	0,42	119,00	0,2059	SIN-DIF-SIG
Diciemb	Altitud	F. maduro A	A	C	10	10	0,90	0,40	0,57	0,52	127,00	0,0583	SIN-DIF-SIG
Enero	Altitud	F. maduro A	A	C	10	10	0,75	0,90	0,49	0,32	95,50	0,3745	SIN-DIF-SIG
julio	Altitud	F. maduro A	A	C	10	10	0,45	0,70	0,60	0,67	95,00	0,4232	SIN-DIF-SIG
junio	Altitud	F. maduro A	A	C	10	10	0,60	1,25	0,77	0,72	79,50	0,0472	CON-DIF-SIG
mayo	Altitud	F. maduro A	A	C	10	10	1,30	0,85	1,25	0,88	116,00	0,3914	SIN-DIF-SIG
Noviemb	Altitud	F. maduro A	A	C	10	10	0,45	0,55	0,76	0,50	96,50	0,4748	SIN-DIF-SIG
Octub	Altitud	F. maduro A	A	C	10	10	0,55	0,15	0,44	0,34	130,50	0,0324	CON-DIF-SIG
Septiem	Altitud	F. maduro A	A	C	10	10	0,70	0,50	0,79	0,58	111,00	0,6308	SIN-DIF-SIG

**Anexo 17.** Datos generales de la prueba U mann-whiney con de la brotación de hoja con la combinación sitio 1- sitio 2

Mes	Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)	
abril	Altitud	H.brote	A	B	10	10	1,25	2,00	0,35	0,41	63,50	0,0009	CON-DIF-SIG
Agosto	Altitud	H.brote	A	B	10	10	1,25	0,95	0,59	0,37	120,00	0,2101	SIN-DIF-SIG
Diciemb	Altitud	H.brote	A	B	10	10	1,45	1,10	0,55	0,32	124,50	0,0683	SIN-DIF-SIG
Enero	Altitud	H.brote	A	B	10	10	1,20	1,00	0,42	0,00	115,00	0,1461	SIN-DIF-SIG
julio	Altitud	H.brote	A	B	10	10	1,25	1,65	0,42	0,47	83,00	0,0649	SIN-DIF-SIG
junio	Altitud	H.brote	A	B	10	10	1,35	1,00	0,24	0,24	136,50	0,0067	CON-DIF-SIG
mayo	Altitud	H.brote	A	B	10	10	1,35	1,15	0,63	0,24	121,00	0,1886	SIN-DIF-SIG
Noviemb	Altitud	H.brote	A	B	10	10	1,55	1,20	0,69	0,48	119,50	0,2257	SIN-DIF-SIG
Octub	Altitud	H.brote	A	B	10	10	1,10	1,10	0,21	0,32	109,00	0,6263	SIN-DIF-SIG
Septiem	Altitud	H.brote	A	B	10	10	0,85	1,25	0,34	0,35	77,50	0,0216	CON-DIF-SIG

**Anexo 18.** Datos generales de la prueba U mann-whiney con de la brotación de hoja con la combinación sitio 2- sitio 3

Mes	Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)	
abril	Altitud	H.brote	B	C	10	10	2,00	1,35	0,41	0,41	141,00	0,0037	CON-DIF-SIG
Agosto	Altitud	H.brote	B	C	10	10	0,95	1,05	0,37	0,16	100,50	0,5838	SIN-DIF-SIG
Diciemb	Altitud	H.brote	B	C	10	10	1,10	1,00	0,32	0,00	110,00	0,3171	SIN-DIF-SIG
Enero	Altitud	H.brote	B	C	10	10	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	sd	
julio	Altitud	H.brote	B	C	10	10	1,65	0,70	0,47	0,48	144,50	0,0012	CON-DIF-SIG
junio	Altitud	H.brote	B	C	10	10	1,00	0,65	0,24	0,47	124,50	0,0683	SIN-DIF-SIG
mayo	Altitud	H.brote	B	C	10	10	1,15	1,30	0,24	0,42	97,00	0,4731	SIN-DIF-SIG
Noviemb	Altitud	H.brote	B	C	10	10	1,20	1,05	0,48	0,16	111,50	0,5178	SIN-DIF-SIG
Octub	Altitud	H.brote	B	C	10	10	1,10	1,20	0,32	0,42	100,00	0,5416	SIN-DIF-SIG
Septiem	Altitud	H.brote	B	C	10	10	1,25	0,90	0,35	0,32	128,00	0,0220	CON-DIF-SIG

**Anexo 19.** Datos generales de la prueba U mann-whiney con de la brotación de hoja con la combinación sitio 1- sitio 3

Mes	Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)	
abril	Altitud	H.brote	A	C	10	10	1,25	1,35	0,35	0,41	98,50	0,5840	SIN-DIF-SIG
Agosto	Altitud	H.brote	A	C	10	10	1,25	1,05	0,59	0,16	116,50	0,3215	SIN-DIF-SIG
Diciemb	Altitud	H.brote	A	C	10	10	1,45	1,00	0,55	0,00	130,00	0,0129	CON-DIF-SIG
Enero	Altitud	H.brote	A	C	10	10	1,20	1,00	0,42	0,00	115,00	0,1461	SIN-DIF-SIG
julio	Altitud	H.brote	A	C	10	10	1,25	0,70	0,42	0,48	130,50	0,0171	CON-DIF-SIG
junio	Altitud	H.brote	A	C	10	10	1,35	0,65	0,24	0,47	146,00	0,0009	CON-DIF-SIG
mayo	Altitud	H.brote	A	C	10	10	1,35	1,30	0,63	0,42	112,00	0,5726	SIN-DIF-SIG
Noviemb	Altitud	H.brote	A	C	10	10	1,55	1,05	0,69	0,16	127,00	0,0397	CON-DIF-SIG
Octub	Altitud	H.brote	A	C	10	10	1,10	1,20	0,21	0,42	103,00	0,8285	SIN-DIF-SIG
Septiem	Altitud	H.brote	A	C	10	10	0,85	0,90	0,34	0,32	96,50	0,4256	SIN-DIF-SIG

**Anexo 20.** Datos generales de la prueba U mann-whiney con de la hoja madura con la combinación sitio 1- sitio 2

Mes	Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)	
abril	Altitud	H. madura	A	B	10	10	3,95	3,50	0,16	0,62	126,50	0,0445	CON-DIF-SIG
Agosto	Altitud	H. madura	A	B	10	10	2,55	3,50	1,09	0,75	77,00	0,0293	CON-DIF-SIG
Diciemb	Altitud	H. madura	A	B	10	10	2,90	3,70	0,77	0,67	76,00	0,0181	CON-DIF-SIG
Enero	Altitud	H. madura	A	B	10	10	3,90	3,50	0,32	0,75	120,50	0,1233	SIN-DIF-SIG
julio	Altitud	H. madura	A	B	10	10	2,75	3,15	1,18	0,82	96,00	0,4861	SIN-DIF-SIG
junio	Altitud	H. madura	A	B	10	10	3,55	3,80	0,50	0,35	91,50	0,2439	SIN-DIF-SIG
mayo	Altitud	H. madura	A	B	10	10	3,55	3,45	0,44	0,55	109,50	0,7192	SIN-DIF-SIG
Noviemb	Altitud	H. madura	A	B	10	10	2,65	3,55	0,75	0,76	74,50	0,0152	CON-DIF-SIG
Octub	Altitud	H. madura	A	B	10	10	2,65	3,15	1,11	0,67	93,50	0,3642	SIN-DIF-SIG
Septiem	Altitud	H. madura	A	B	10	10	2,65	2,70	1,16	0,54	104,50	0,9689	SIN-DIF-SIG

**Anexo 21.** Datos generales de la prueba U mann-whiney con de la hoja madura con la combinación sitio 2- sitio 3

Mes	Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)	
abril	Altitud	H. madura	B	C	10	10	3,50	2,65	0,62	0,67	136,50	0,0144	CON-DIF-SIG
Agosto	Altitud	H. madura	B	C	10	10	3,50	3,10	0,75	0,74	120,50	0,2117	SIN-DIF-SIG
Diciemb	Altitud	H. madura	B	C	10	10	3,70	3,00	0,67	0,82	129,50	0,0398	CON-DIF-SIG
Enero	Altitud	H. madura	B	C	10	10	3,50	3,25	0,75	0,63	117,50	0,3143	SIN-DIF-SIG
julio	Altitud	H. madura	B	C	10	10	3,15	2,90	0,82	0,74	115,00	0,4351	SIN-DIF-SIG
junio	Altitud	H. madura	B	C	10	10	3,80	2,75	0,35	0,79	140,50	0,0045	CON-DIF-SIG
mayo	Altitud	H. madura	B	C	10	10	3,45	2,90	0,55	0,57	129,50	0,0457	CON-DIF-SIG
Noviemb	Altitud	H. madura	B	C	10	10	3,55	2,90	0,76	0,99	124,00	0,1099	SIN-DIF-SIG
Octub	Altitud	H. madura	B	C	10	10	3,15	2,50	0,67	0,71	130,00	0,0448	SIN-DIF-SIG
Septiem	Altitud	H. madura	B	C	10	10	2,70	2,65	0,54	1,00	111,00	0,6340	SIN-DIF-SIG

**Anexo 22.** Datos generales de la prueba U mann-whiney con de la hoja madura con la combinación sitio 1- sitio 3

Mes	Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)	
abril	Altitud	H. madura	A	C	10	10	3,95	2,65	0,16	0,67	149,50	0,0003	CON-DIF-SIG
Agosto	Altitud	H. madura	A	C	10	10	2,55	3,10	1,09	0,74	90,00	0,2374	SIN-DIF-SIG
Diciemb	Altitud	H. madura	A	C	10	10	2,90	3,00	0,77	0,82	101,50	0,7823	SIN-DIF-SIG
Enero	Altitud	H. madura	A	C	10	10	3,90	3,25	0,32	0,63	135,00	0,0092	CON-DIF-SIG
julio	Altitud	H. madura	A	C	10	10	2,75	2,90	1,18	0,74	106,00	0,9360	SIN-DIF-SIG
junio	Altitud	H. madura	A	C	10	10	3,55	2,75	0,50	0,79	134,00	0,0214	CON-DIF-SIG
mayo	Altitud	H. madura	A	C	10	10	3,55	2,90	0,44	0,57	136,50	0,0101	CON-DIF-SIG
Noviemb	Altitud	H. madura	A	C	10	10	2,65	2,90	0,75	0,99	98,00	0,5667	SIN-DIF-SIG
Octub	Altitud	H. madura	A	C	10	10	2,65	2,50	1,11	0,71	111,50	0,6058	SIN-DIF-SIG
Septiem	Altitud	H. madura	A	C	10	10	2,65	2,65	1,16	1,00	106,50	0,9063	SIN-DIF-SIG

**Anexo 23.** Datos generales de la prueba U mann-whiney con la defoliación con la combinación sitio 1- sitio 2

Mes	Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)	
abril	Altitud	Defoliaci	A	B	10	10	1,00	1,30	0,24	0,35	82,00	0,0392	CON-DIF-SIG
Agosto	Altitud	Defoliaci	A	B	10	10	1,75	0,90	1,06	0,61	129,50	0,0473	CON-DIF-SIG
Diciemb	Altitud	Defoliaci	A	B	10	10	1,40	0,60	0,70	0,70	133,00	0,0244	CON-DIF-SIG
Enero	Altitud	Defoliaci	A	B	10	10	1,15	0,65	0,58	0,47	128,50	0,0438	CON-DIF-SIG
julio	Altitud	Defoliaci	A	B	10	10	1,40	0,90	1,43	0,52	110,50	0,6552	SIN-DIF-SIG
junio	Altitud	Defoliaci	A	B	10	10	0,90	1,15	0,57	0,82	96,50	0,4653	SIN-DIF-SIG
mayo	Altitud	Defoliaci	A	B	10	10	1,05	1,00	0,50	0,00	110,00	0,5431	SIN-DIF-SIG
Noviemb	Altitud	Defoliaci	A	B	10	10	1,70	0,80	0,82	0,71	135,50	0,0175	CON-DIF-SIG
Octub	Altitud	Defoliaci	A	B	10	10	1,50	1,05	1,15	0,86	115,00	0,4351	SIN-DIF-SIG
Septiem	Altitud	Defoliaci	A	B	10	10	1,40	1,40	1,26	0,97	104,00	0,9377	SIN-DIF-SIG

**Anexo 23.** Datos generales de la prueba U mann-whiney con la defoliación con la combinación sitio 2- sitio 3

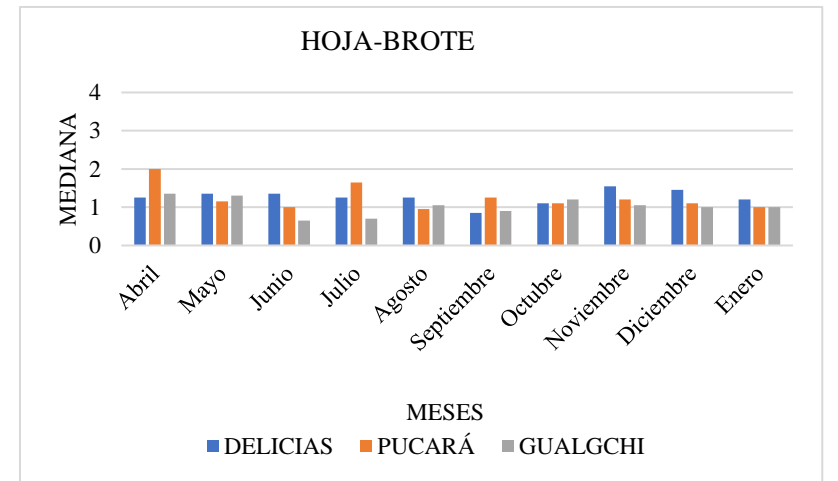
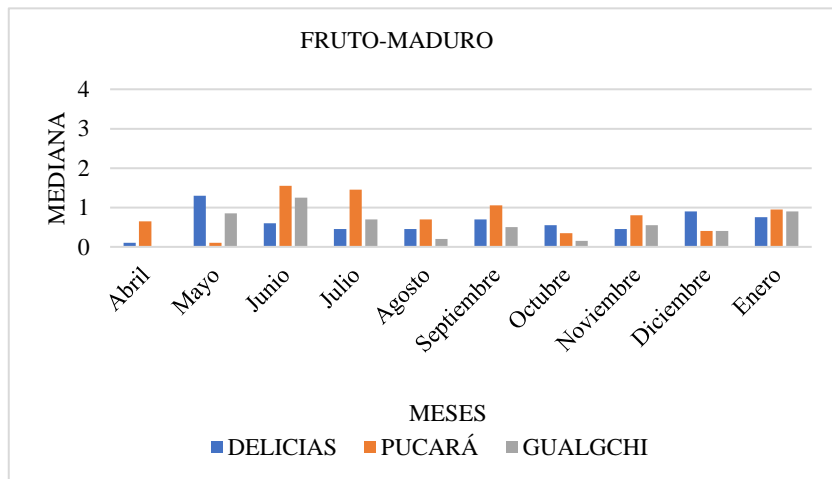
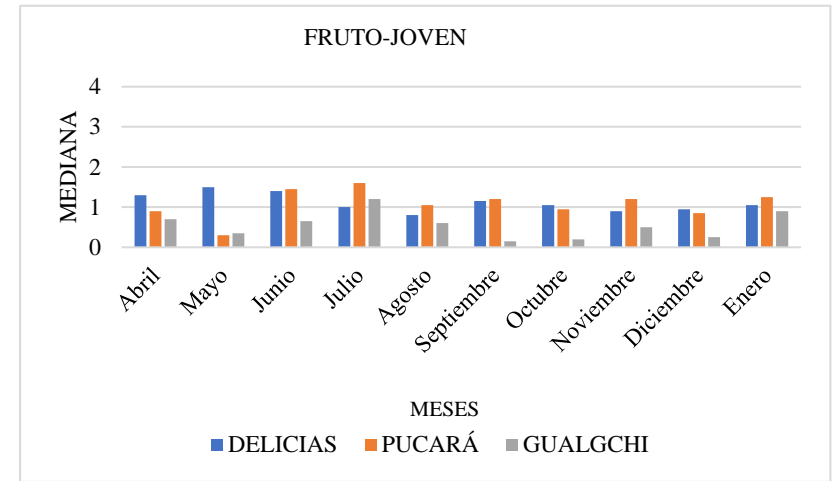
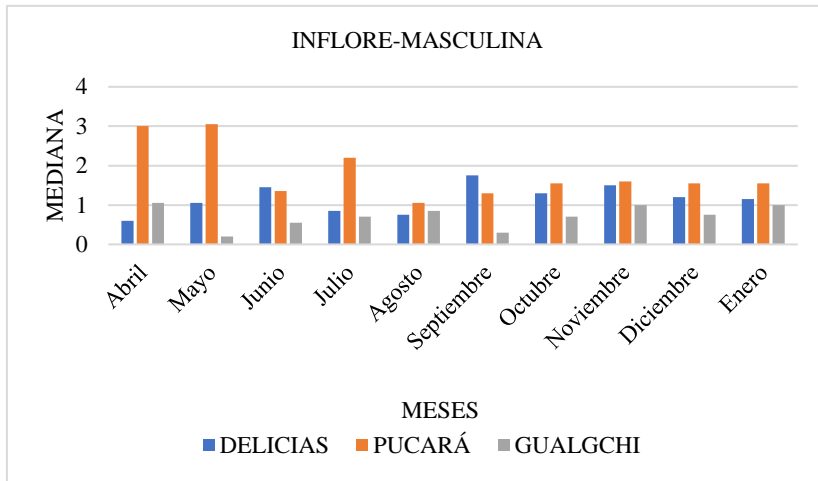
Mes	Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)	
abril	Altitud	Defoliaci	B	C	10	10	1,30	1,00	0,35	0,00	130,00	0,0124	CON-DIF-SIG
Agosto	Altitud	Defoliaci	B	C	10	10	0,90	1,00	0,61	0,24	100,00	0,6569	SIN-DIF-SIG
Diciemb	Altitud	Defoliaci	B	C	10	10	0,60	0,90	0,70	0,70	92,00	0,2926	SIN-DIF-SIG
Enero	Altitud	Defoliaci	B	C	10	10	0,65	1,00	0,47	0,00	85,00	0,0300	CON-DIF-SIG
julio	Altitud	Defoliaci	B	C	10	10	0,90	0,75	0,52	0,63	112,00	0,5597	SIN-DIF-SIG
junio	Altitud	Defoliaci	B	C	10	10	1,15	0,80	0,82	0,79	117,00	0,3324	SIN-DIF-SIG
mayo	Altitud	Defoliaci	B	C	10	10	1,00	1,15	0,00	0,24	90,00	0,0670	SIN-DIF-SIG
Noviemb	Altitud	Defoliaci	B	C	10	10	0,80	0,95	0,71	0,37	97,50	0,5420	SIN-DIF-SIG
Octub	Altitud	Defoliaci	B	C	10	10	1,05	1,45	0,86	0,50	91,50	0,2862	SIN-DIF-SIG
Septiem	Altitud	Defoliaci	B	C	10	10	1,40	0,65	0,97	0,75	127,50	0,0756	SIN-DIF-SIG

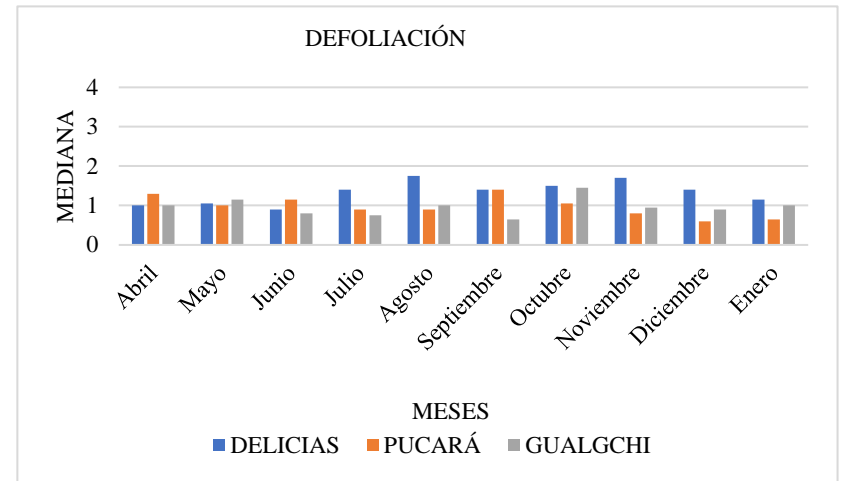
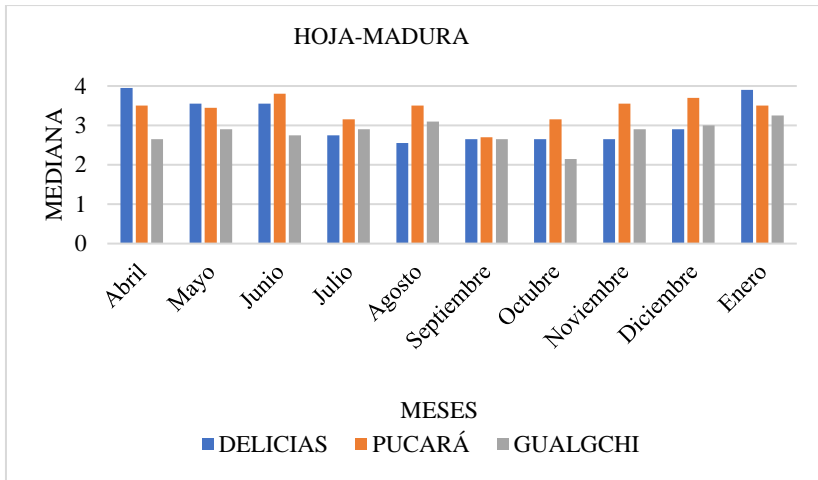
**Anexo 23.** Datos generales de la prueba U mann-whiney con la defoliación con la combinación sitio 1- sitio 3

Mes	Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)	
abril	Altitud	Defoliaci	A	C	10	10	1,00	1,00	0,24	0,00	105,00	>0,9999	SIN-DIF-SIG
Agosto	Altitud	Defoliaci	A	C	10	10	1,75	1,00	1,06	0,24	129,00	0,0329	CON-DIF-SIG
Diciemb	Altitud	Defoliaci	A	C	10	10	1,40	0,90	0,70	0,70	124,00	0,1305	SIN-DIF-SIG
Enero	Altitud	Defoliaci	A	C	10	10	1,15	1,00	0,58	0,00	115,00	0,2791	SIN-DIF-SIG
julio	Altitud	Defoliaci	A	C	10	10	1,40	0,75	1,43	0,63	115,50	0,3982	SIN-DIF-SIG
junio	Altitud	Defoliaci	A	C	10	10	0,90	0,80	0,57	0,79	110,00	0,6736	SIN-DIF-SIG
mayo	Altitud	Defoliaci	A	C	10	10	1,05	1,15	0,50	0,24	98,00	0,5117	SIN-DIF-SIG
Noviemb	Altitud	Defoliaci	A	C	10	10	1,70	0,95	0,82	0,37	135,50	0,0123	CON-DIF-SIG
Octub	Altitud	Defoliaci	A	C	10	10	1,50	1,45	1,15	0,50	105,00	>0,9999	SIN-DIF-SIG
Septiem	Altitud	Defoliaci	A	C	10	10	1,40	0,65	1,26	0,75	121,50	0,1902	SIN-DIF-SIG



**Anexo 24.** Etapas del proceso de caracterización del *A. nepalensis* en el campo





**Anexo 25.** Etapas del proceso de caracterización del *A. nepalensis* en el campo.



Ubicación y localización de los 3 sitios de estudio, 2812, 1890 y 1406 m.s.n.m.



Selección de los individuos de *A. nepalensis* mediante el método Delphi en cada sitio de estudio



Variables a estudiar como inflorescencia masculina, defoliación, hoja madura.



Observaciones del comportamiento fenológico del *A. nepalensis* en cada sitio de estudio



Observaciones del comportamiento fenológico del *A. nepalensis* en cada sitio de estudio



Observaciones del comportamiento fenológico del *A. nepalensis* en cada sitio de estudio