



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS

AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

EVALUACIÓN FENOLÓGICA DEL *Alnus nepalensis* D. DON EN BASE A LA ALTITUD EN LA ZONA DE ÍNTAG, CANTÓN COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA.

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

AUTOR

Willian Cristóbal Matango Cacuango

DIRECTOR

Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, Mgs.

IBARRA – ECUADOR

2019

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS

AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

EVALUACIÓN FENOLÓGICA DEL *Alnus nepalensis* D. DON EN BASE A LA
ALTITUD EN LA ZONA DE ÍNTAG, CANTÓN COTACACHI, PROVINCIA DE
IMBABURA.

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

INGENIERO FORESTAL

APROBADO

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

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

Ing. María Isabel Vizcaíno Pantoja, Esp.
Tribunal de trabajo de titulación

Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez, MsC.
Tribunal de trabajo de titulación

Ibarra – Ecuador
2019



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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004009518		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Matango Cacuango Willian Cristobal		
DIRECCIÓN:	Av. Atahualpa; Barrio Bellavista de Caranqui 44-71		
EMAIL:	williancris28@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:	2653392	TELÉFONO MÓVIL:	0988314173

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN FENOLÓGICA DEL <i>Alnus nepalensis</i> D. DON EN BASE A LA ALTITUD EN LA ZONA DE INTAG, CANTÓN COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA.
AUTOR (ES):	Willian Cristobal Matango Cacuango
FECHA: DD/MM/AAAA	7 de agosto del 2019
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Forestal
ASESOR /DIRECTOR:	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 7 días del mes de agosto de 2019

EL AUTOR:

(Firma) 

Nombre: Willian Matango



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

Yo, Willian Cristobal Matango Cacuangó, con cédula de identidad Nro. 100400951 - 8; manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de titulación denominado “EVALUACIÓN FENOLÓGICA DEL *Alnus nepalensis* D. DON EN BASE A LA ALTITUD EN LA ZONA DE ÍNTAG, CANTÓN COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA.”, que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniero Forestal en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 7 días del mes de agosto del 2019

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: *Willian Matango*.....

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA - UTN

Fecha: Ibarra, 7 de agosto del 2019

Willian Cristobal Matango Cacuangó: **EVALUACIÓN FENOLÓGICA DEL *Alnus nepalensis* D. DON EN BASE A LA ALTITUD EN LA ZONA DE ÍNTAG, CANTÓN COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA.** /Trabajo de titulación. Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 7 de agosto del 2019. 82 páginas.

DIRECTOR: Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, Mgs.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar la fenología del *Alnus nepalensis* D. Don en base a la altitud en la zona de Intag. Entre los objetivos específicos se encuentran: Caracterizar individuos de *Alnus nepalensis* D. Don. De 5 a 17 años de edad en la Zona de Íntag, Elaborar un calendario fenológico del *Alnus nepalensis* D. Don. Para la zona alta, media y baja en base a la época de floración, fructificación y foliación, y Analizar las semillas de *Alnus nepalensis* D. Don. en cada piso altitudinal mediante el uso de las normas ISTA.

Fecha: Ibarra, 7 de agosto del 2019



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



.....
Willian Cristobal Matango Cacuangó
Autor

DEDICATORIA

Con admiración y amor dedico a mis padres, quienes impulsaron mi camino para seguir adelante en mi formación académica, que, con amor, respeto y comprensión supieron guiarme, apoyarme en los momentos más difíciles y no permitieron que desmayara, gracias a ustedes al esfuerzo y sacrificio que me dedicaron puedo decir que lo he logrado y que sus enseñanzas ha permitido que me convierta en una persona amable, respetoso y responsable que lucha por cumplir sus sueños sin importar los obstáculos.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por darme la vida y otorgarme a una familia excepcional, por darme la salud, confianza en mí mismo y la voluntad de superación que me ha permitido llegar a este punto.

De la misma manera agradezco a mis hermanos Michael y Danny quienes han hecho que mi vida sea llena de alegrías con su carisma sus chistes sus ocurrencias que han permitido que siempre estemos felices, pero en especial a mi hermana Jenny que sin importar cualquier cosa siempre ha sido la más preocupada y la que siempre ha estado ahí, con consejos, apoyo, y amor, gracias a ustedes me siento feliz de a ver podido llegar a cumplir esta meta.

En cuanto a mis maestros quiero agradecer a los que conformamos el equipo de investigación que con su sabiduría y sapiencia se pudo lograr concretar unos de los objetivos del proyecto, gracias a mi director Ingeniero Hugo Vallejos, asesores Ingeniera María Vizcaíno, Ingeniero Hugo Paredes e Ingeniero Jorge Cué García, por a verme guiado en esta ardua investigación ustedes fueron pilar fundamental para cumplir esta meta.

Por último y muy importante a mis inolvidables amigos Liniker, Ana, Moisés, Isaac, Gaby y David que sin ellos esta etapa no hubiese única y especial, que, con sus locuras, bromas, consejos pudimos formar una amistad increíble y la universidad se volvió mi segundo hogar.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Págs.
PORTADA	i
REGISTRO BIBLIOGRÁFICO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I	1
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos.....	2
1.1.1 Objetivo general	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	2
1.2 Hipótesis	2
CAPÍTULO II	3
2 MARCO TEÓRICO	3
2.1 Fundamentación legal.....	3
2.1.1 Constitución de la República del Ecuador (2008).	3
2.1.2 Plan nacional para el buen vivir 2017 – 2021.	3
2.1.3 Línea de investigación.	4
2.2 Fundamentación teórica.....	4
2.2.1 Fenología.	4
2.2.1.1 Fenología vegetal.....	4
2.2.1.2 Fases fenológicas.....	5
2.2.1.2.1 Floración.....	5
2.2.1.2.2 Fructificación.....	5
2.2.1.2.3 Defoliación.....	6

2.2.1.2.4	Foliación.	6
2.2.1.3	Observaciones fenológicas.	6
2.2.2	Importancia de la fenología.	6
2.2.3	Aplicaciones de la fenología.....	7
2.2.4	Calendario fenológico.....	8
2.2.4.1	Aplicaciones.	8
2.2.5	Análisis de calidad de la semilla.....	9
2.2.5.1	La semilla.	9
2.2.5.2	Importancia del análisis de calidad física de semillas forestales.....	9
2.2.5.3	Análisis de calidad de semillas por ISTA.....	10
2.2.5.3.1	Pureza	10
2.2.5.3.2	Peso.....	10
2.2.5.3.3	Contenido de humedad	10
2.2.5.3.4	Viabilidad	11
2.2.6	Descripción de la especie.	12
2.2.6.1	Taxonomía y nomenclatura.	12
2.2.6.2	Origen.	12
2.2.6.3	Distribución.	12
2.2.6.4	Descripción botánica.	12
2.2.6.5	Ecología.	13
2.2.6.6	Propagación.	14
2.2.6.6.1	Recolección de las semillas.	14
2.2.6.6.2	Conservación de la semilla.	14
2.2.6.6.3	Siembra y germinación.	14
2.2.6.7	Productos y Servicios.	15
CAPITULO III.....		16
3	MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1	Ubicación.....	16
3.1.1	Política.	16
3.1.2	Geografía.	17
3.1.3	Límites.	17

3.2	Datos climáticos	17
3.3	Materiales equipos y software	18
3.4	Metodología.....	18
3.4.1	Universo.....	19
3.4.2	Selección de los sitios de investigación.....	19
3.4.3	Caracterización fenológica del <i>A. nepalensis</i>	20
3.4.3.1	Fase 1: Delimitación del área de estudio.	20
3.4.3.2	Fase 2: Selección de los individuos para la evaluación fenológica del <i>A. nepalensis</i> . 20	
3.4.3.3	Fase 3: Seguimiento y evaluación del <i>A. nepalensis</i>	22
3.4.3.4	Fase 4: Análisis de resultados.....	24
3.4.4	Diseño del calendario fenológico del <i>A. nepalensis</i>	25
3.4.5	Cuantificación del potencial productivo y análisis de las semillas de <i>A. nepalensis</i> . 25	
3.4.5.1	Cuantificación del potencial productivo del <i>A. nepalensis</i>	25
3.4.5.2	Análisis de la semilla mediante las normas ISTA.	27
CAPITULO IV		32
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1	Fenología del <i>A. nepalensis</i>	32
4.1.1	Comportamiento vegetativo a 2812 msnm sector Las Delicias (sitio 1).....	32
4.1.2	Comportamiento reproductivo a 2812 msnm sector Las Delicias (sitio 1).	33
4.1.3	Comportamiento vegetativo a 1890 msnm sector Pucará (sitio 2).	34
4.1.4	Comportamiento reproductivo a 1890 msnm sector Pucará (sitio 2).	35
4.1.5	Comportamiento vegetativo a 1406 msnm sector Guagshi (sitio 3).	36
4.1.6	Comportamiento reproductivo a 1406 msnm sector Guagshi (sitio 3).....	38
4.2	Calendario fenológico del <i>A. nepalensis</i>	39
4.2.1	Calendario fenológico del sitio 1 (sector Las Delicias 2812 msnm).....	39
4.2.2	Calendario fenológico del sitio 2 (sector Pucará 1890 msnm).....	39
4.2.3	Calendario fenológico del sitio 3 (sector Guagshi 1406 msnm).	40
4.3	Potencial productivo del <i>A. nepalensis</i>	40
4.4	Análisis de la semilla del <i>A. nepalensis</i> mediante las normas ISTA	41
4.4.1	Pureza, peso y contenido de humedad.....	41

4.4.2	Germinación.....	42
4.5	Discusión.....	43
CAPITULO V.....		47
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	47
5.1	Conclusiones.....	47
5.2	Recomendaciones.....	47
CAPITULO VI.....		48
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
CAPITULO VII.....		54
7	ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

	Págs.
Tabla 1 Ubicación geográfica	16
Tabla 2 Límites parroquiales.....	17
Tabla 3 Materiales, equipos y software	18
Tabla 4 Localización geográfica de los sitios de estudio.....	19
Tabla 5 Criterios de evaluación fenotípica	21
Tabla 6 Individuos seleccionados para la evaluación fenológica	21
Tabla 7 Escala de interpretación de los eventos fenológicos.....	23
Tabla 8 Potencial productivo del <i>A. nepalensis</i>	41
Tabla 9 Resultados del análisis de calidad de semillas	41
Tabla 10 Porcentaje de germinación de las semillas de <i>A. nepalensis</i>	42

ÍNDICE DE FIGURAS

	Págs.
Figura 1. Ubicación geográfica de la investigación.....	16
Figura 2. Método de evaluación individual del árbol.	23
Figura 3. Representación gráfica del comportamiento vegetativo del <i>A. nepalensis</i> a los 2812 msnm.....	33
Figura 4. Representación gráfica del comportamiento reproductivo del <i>A. nepalensis</i> a los 2812 msnm.....	34
Figura 5.. Representación gráfica del comportamiento vegetativo del <i>A. nepalensis</i> a los 1890 msnm.....	35
Figura 6. Representación gráfica del comportamiento reproductivo del <i>A. nepalensis</i> a los 1890 msnm.....	36
Figura 7. Representación gráfica del comportamiento vegetativo del <i>A. nepalensis</i> a los 1406 msnm.....	37
Figura 8. Representación gráfica del comportamiento reproductivo del <i>A. nepalensis</i> a los 1406 msnm.....	38
Figura 9. Calendario fenológico del <i>A. nepalensis</i> sector Las delicias, 2812 msnm.....	39
Figura 10. Calendario fenológico del <i>A. nepalensis</i> sector Pucará, 1890 msnm.....	40
Figura 11. Calendario fenológico del <i>A. nepalensis</i> sector Guagshi, 1406 msnm.	40
Figura 12. Curva de germinación de las semillas del <i>A. nepalensis</i>	43
Figura 13. Mapa de ubicación del área de estudio, sitio 1.....	54
Figura 14. Mapa de ubicación del área de estudio, sitio 2.....	55
Figura 15. Mapa de ubicación del área de estudio, sitio 3.....	56
Figura 16. Ubicación y localización de los 3 sitios de estudio, 2812, 1890 y 1406 m.s.n.m.	57
Figura 17. Selección de los individuos de <i>A. nepalensis</i> mediante el método Delphi en cada sitio de estudio	57
Figura 18. Etiquetado de los individuos seleccionados para la evaluación fenológica del <i>A. nepalensis</i> en cada sitio de estudio.....	57

Págs.

Figura 19. Toma de los datos dasométricos de los individuos seleccionados.	57
Figura 20. Observaciones del comportamiento fenológico del <i>A. nepalensis</i> en cada sitio de estudio	57
Figura 21. Fotografías de las inflorescencias y frutos del <i>A. nepalensis</i>	57
Figura 22. Recolección de la semilla de <i>A. nepalensis</i>	57
Figura 23. Secado y extracción de la semilla.....	57
Figura 24. Envasado y transporte de la semilla al laboratorio de biotecnología forestal UTN. ...	57
Figura 25. Ensayo de pureza.....	57
Figura 27 Ensayo de contenido de humedad	57
Figura 26. Ensayo de peso	57
Figura 28. Ensayo de germinación.....	57

TITULO: EVALUACIÓN FENOLÓGICA DEL *Alnus nepalensis* D. DON EN BASE A LA ALTITUD EN LA ZONA DE ÍNTAG, CANTÓN COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA.

Autor: Willian Cristóbal Matango Cacuango

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

Año: 2019

RESUMEN

La adaptación de nuevas especies forestales en el Ecuador ha causado el desconocimiento de los ciclos vegetativos y reproductivos, este es el caso del *A. nepalensis* especie introducida en 1995 en Imbabura en la zona de Intag, pese a su gran potencial, rápido crecimiento y adaptación a diferentes sitios no se realizaron investigaciones sobre el comportamiento fenológico, lo que ha provocado que la especie sea propagada sin ningún proceso de planificación técnica. La presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar la fenología del *Alnus nepalensis* D. Don en base a la altitud en la zona de Intag. La investigación se llevó a cabo en tres sitios; en la parte alta a 2812 msnm, en la parte media a 1890 msnm y en la parte baja a 1406 msnm de la zona de Intag. La metodología consistió en caracterizar individuos de *A. nepalensis* en los tres sitios de estudio y determinar el comportamiento fenológico vegetativo (brotación de hoja, hoja madura y defoliación) y reproductivo (floración, frutos jóvenes y frutos maduros), los individuos evaluados fueron seleccionados mediante el método Delphi sustentado en factores ponderados, las observaciones realizadas por quincena de marzo 2018 a marzo 2019, para la evaluación de los eventos fenológicos se utilizó la escala de Fourier (1974). El comportamiento fenológico vegetativo en los tres sitios presentó tendencias similares en su desarrollo con variaciones en su masividad, mientras que la fenología reproductiva no manifestó patrones de similitud en su comportamiento, por lo tanto, se demuestra que las fenofases vegetativas a diferentes alturas siempre están presentes, pero en diferentes porcentajes, mientras que, para la fenofases vegetativas corren, duran y se manifiestan de manera diferente durante todo el año.

Palabras clave: fenología vegetativa, fenología reproductiva, eventos fenológicos, masividad, comportamiento.

TOPIC: PHENOLOGICAL EVALUATION OF THE *Alnus nepalensis* D. DON IN BASE TO THE ALTITUDE IN THE AREA OF ÍNTAG, CANTÓN COTACACHI, PROVINCE OF IMBABURA.

Author: Willian Cristobal Matango Cacuango

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

Year: 2019

ABSTRACT

The adaptation of new forest species in Ecuador has caused the ignorance of the cycles of vegetative and reproductive, this is the case of *A. nepalensis* specie introduced in 1995 in Imbabura in the area of Intag, in spite of its great potential, rapid growth and adaptation to different sites has not been conducted research on the behavior of phenological, which has caused that the specie to be propagated without any process of technical planning. The present research had as main objective to evaluate the phenology of *Alnus nepalensis* D. Don in base to the altitude in the zone of Intag. The research was conducted in three sites; in the part high to 2890 msnm, in the middle part to 1890 msnm and in the low to 1406 msnm in the area of Intag. The methodology consisted to characterize individuals of *A. nepalensis* in the three study sites and determine the behavior phenology vegetative (sprouting leaf, mature leaf, and defoliation), and reproductive (flowering, fruits young and fruits mature), the individuals evaluated were selected by the Delphi method based on weighted factors, the observations were made by fortnight of march 2018 to march 2019, for the evaluation of the events phenological we used the scale of Fournier (1974). The behavior phenological vegetative in the three sites presented similar trends in their development with variations in their massiveness, while the phenology of reproductive did not manifest patterns of similarity in their behavior, the characterization phenological *A. nepalensis* in the three sites demonstrates that the species is semicaducifolia according to the behavior vegetative, with manifestation differentiated in the massiveness of the fenofases, while, the reproductive activity is the difference in the duration and massiveness.

Key words: phenology vegetative, phenology reproductive, events phenological, massiveness, behavior.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Ecuador es uno de los países más diversos a nivel mundial, la presencia de la cordillera de los Andes y su ubicación geográfica favorece a la variedad climática, a la diversidad de especies forestales, velocidad de crecimiento y a la adaptación de nuevas especies; sin embargo, solo algunas especies forestales han sido estudiadas a nivel fenológico y otras están en procesos. La falta de información fenológica de la mayor parte de las especies forestales no permite una planificación técnica para la colección de semillas, reproducción de semillas y la producción de plantas en vivero (Guevara y Mursia citados por Jijon y Torres, 2008)

Este el caso del *Alnus nepalensis* D. Don (Aliso de Nepal), una especie introducida en 1995 en la provincia de Imbabura en la zona de Intag y que hasta la fecha ha sido considerada como de gran potencial debido a su rápido crecimiento y a la adaptación desde los 700 hasta los 3000 msnm Cevallos, (2017). Pese a su gran desarrollo adaptativo desde su introducción esta especie ha sido propagada si ningún proceso de selección de semillas y sin considerar el comportamiento fenológico en la zona. Esta falta de información ha ocasionado que no se pueda identificar y planificar una recolección técnica de las semillas.

El *A. nepalensis* es de gran importancia socioeconómica para la zona de Intag esto se debe a que la especie ha generado resultados muy alentadores en plantaciones, sistemas agroforestales, entre otros. Así como también gracias a su eficacia en el sitio ha sido objeto de varias investigaciones como captura de carbono, tecnología de la madera, biomasa, efectos alelopáticos entre otros, pero, no obstante, el estudio fenológico del *A. nepalensis* ha sido de muy poca relevancia y la experiencia técnica fenológica es muy escasa. Por esta premisa la investigación permitirá solucionar algunos problemas, como determinar los periodos de floración, fructificación y foliación de la especie, proporcionar conocimiento disponible del comportamiento fenológico en los diferentes pisos altitudinales, generar información base que servirá de planificación técnica para la colección, reproducción de semillas y establecimiento de fuentes semilleras a futuro.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Evaluar la fenología del *Alnus nepalensis* D. Don en base a la altitud en la zona de Intag.

1.1.2 Objetivos específicos.

- Caracterizar individuos de *Alnus nepalensis* D. Don de 5 hasta 17 años en las parroquias Plaza Gutiérrez, Apuela y Vacas Galindo.
- Elaborar un calendario fenológico del *Alnus nepalensis* D. Don para la zona alta, media y baja en base a la época de floración, fructificación y foliación.
- Analizar las semillas de *Alnus nepalensis* D. Don en cada piso altitudinal mediante el uso de las normas ISTA.

1.2 Hipótesis

Ho: El comportamiento fenológico del *A. nepalensis* es similar en los diferentes rangos altitudinales.

Ha: El comportamiento fenológico del *A. nepalensis* es diferente por lo menos un rango altitudinal.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentación legal

2.1.1 Constitución de la República del Ecuador (2008).

Art. 14; Sección segunda Ambiente sano; del Capítulo segundo Derechos del buen vivir; TITULO II DERECHOS: Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador de 2007, 2008).

Art. 395; Sección primera Naturaleza y ambiente; del Capítulo segundo Biodiversidad y recursos naturales: El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras (Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador de 2007, 2008)

2.1.2 Plan nacional para el buen vivir 2017 – 2021.

El presente estudio se enmarca en el eje 1: Derechos para todos durante toda la vida, del objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones; en la política 3.5: Impulsar la economía urbana y rural, basada en el uso sostenible y agregado de valor de recursos renovables, propiciando la corresponsabilidad social y el desarrollo de la bioeconomía. Con metas al 2021: Mantener el 16% de territorio nacional bajo conservación o manejo ambiental a 2021 (República del Ecuador Consejo Nacional de la Planificación, 2017-2021, págs. 64-67).

2.1.3 Línea de investigación.

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

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Fenología.

La fenología, es una palabra que deriva del griego phaino (mostrar) y logos (tratado), forma parte de una rama de la ecología, algunos autores como Aponte y Sanmatin, (2011) se refieren a la fenología como la ciencia que estudia el comportamiento periódico de la vida de las especies vegetales y animales en relación a las condiciones ambientales como temperatura, luz, humedad, entre otros. Mientras que la comunidad del cambio global hace referencia a Lieth, (1974) como “el arte de observar las fases del ciclo de vida o las actividades de las plantas y los animales en su ocurrencia temporal durante todo el año” citado por Menzel, (2002). Pérez , Villalba y Almanza, (2013) también coinciden y manifiestan que la fenología puede entenderse como el estudio de las respuestas de los organismos a los diferentes cambios y estímulos originados por el medio externo, principalmente el clima y las interacciones con las otras formas de vida.

2.2.1.1 Fenología vegetal.

Las especies vegetales como productores primarios dependen directamente del entorno físico (luz, viento, agua, nutrientes) para obtener sus recursos y lograr un desarrollo adecuado desde la germinación hasta el crecimiento y la reproducción Willis et al., (2017), la interacción entre estos dos factores bióticos y abióticos da como resultado la producción periódica de las estructuras vegetativas y reproductivas de la planta, el estudio de estos eventos periódicos se conoce como fenología vegetal (Paz y Dominguez, 2018).

Pérez, Villalba y Almanza, (2013) menciona que la dinámica vegetal es la mejor manera de percibir los cambios periódicos de una temporada a otra durante el año, que se manifiestan al cumplirse los fenómenos visibles de su vida, los que se acomodan a cierta periodicidad y se relacionan con el clima del lugar en el que ocurre, determinando el tiempo de germinación de las

semillas; duración y suspensión del crecimiento del tallo; las ramificaciones en el tallo; producción, brotación y caída de hojas; floración, maduración de los frutos y liberación de estos últimos.

La fenología vegetal es una disciplina fenomenológica, es decir, fundamentalmente descriptiva y de observación, que requiere método y precisión en el trabajo de campo utiliza conocimientos de fisiología, ecología y climatología; y tiene aplicaciones sobre todo en agricultura, pero también en ganadería, silvicultura y conservación de la naturaleza (Cara, 2006)

2.2.1.2 Fases fenológicas.

Cara, (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.

2.2.1.2.1 Floración.

Es la etapa más importante del ciclo de vida de las plantas, es el tiempo en cual se desarrollan las flores y se mantienen abiertas para que se lleve acabo la polinización, Rodríguez Ortíz, (2016). La fenología de la floración se ocupa de este evento reproductivo en relación a los cambios climáticos estacionales, Sánchez y Latorre, (2011) este proceso es necesario para producir semillas y para mantener la especie.

2.2.1.2.2 Fructificación.

Comprende el crecimiento inicial y desarrollo de los frutos Guevara y Mursia citados por Jijon y Torres, (2008) menciona que después de la polinización y fertilización de las flores, una planta es fructificante cuando los frutos amarran y prosperan hasta la cosecha, y es fértil cuando produce semillas viables.

2.2.1.2.3 Defoliación.

Es un parámetro que permite determinar la pérdida de hojas/acículas que padecen los árboles en la parte de su copa con relación a un árbol ideal, por lo tanto, la defoliación permite cuantificar el daño producido por fenómenos de origen natural (insectos, hongos, sequía, entre otros) o por factores externos (incendios, productos químicos, entre otros). En las coníferas y frondosas de hoja perenne, la defoliación, consiste en la reducción de retención de hojas, como la pérdida prematura en comparación con los ciclos normales, en las frondosas de hoja caduca, la defoliación, es la pérdida prematura de hoja (Manzano, 2016).

2.2.1.2.4 Foliación.

Cedeño citado por Jijon y Torres, (2008) afirma que la foliación consiste en el crecimiento y desarrollo de las plantas que se da origen a partir de las yemas foliares. Al iniciar una yema foliar su crecimiento, forma un brote donde producirá hojas nuevas y a su vez nuevas yemas sobre un nuevo tallo a este proceso también se lo llaman brotación.

2.2.1.3 Observaciones fenológicas.

Las observaciones tienen como objetivo reconocer los fenómenos periódicos de los vegetales y registrar las fechas en las que se producen a lo largo del año, de manera sistemática o global, las manifestaciones serán definidas por un conjunto de términos para determinar el cumplimiento de cada fase. El desarrollo de cada fase es un proceso a veces rápido, a veces más dilatado, las fases pueden clasificarse como: visibles (floración) u ocultas (germinación), y así mismo se las puede clasificar como: vegetativas (brotación) o reproductivas (floración y fructificación) (Hopp, 1974).

2.2.2 Importancia de la fenología.

La fenología como ciencia permite comprender las interacciones que existen entre distintos componentes de los ecosistemas, y la información adquirida aporta al conocimiento de la biología reproductiva de especies económicamente importantes Vázquez, (2014). Villalba y Almanza, (2013) indican que los estudios fenológicos han sido de vital importancia para el

desarrollo de la humanidad, con base al conocimiento adquirido durante la antigüedad ha sido posible predecir y planificar los recursos para su sostenimiento. Ochoa, Pérez, y de Jong, (2008) explican también que los estudios fenológicos son necesarios para la conservación de los recursos genéticos y el manejo forestal de los bosques primarios, y secundarios, que permiten una planificación de colecta de la semilla y la detección de las mejores procedencias de germoplasma.

En cuanto al cambio climático autores como Márquez et al., (2010) y Vázquez, (2014) señalan que actualmente los estudios fenológicos han tomado un papel muy importante en el proceso del calentamiento global. Se ha evidenciado que particularmente la fenología reproductiva ha mostrado sensibilidad como bio-indicadores del cambio climático, y los procesos biológicos de supervivencia pueden mejorar la precisión de los modelos de predicción de la distribución futura de las especies. Van et al., (2003) la fenología de las especies en relación a los cambios del clima tienen una relevancia muy significativa para los problemas socioeconómicos, como la agricultura, la silvicultura y la salud humana, los estudios fenológicos cumplen un papel fundamental en la sensibilización ambiental y la educación sobre el cambio climático.

2.2.3 Aplicaciones de la fenología.

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

En el sector forestal ha contribuido en optimizar el rendimiento de las especies de mayor importancia económicamente para hombre en el aprovechamiento forestal, la fenología ha favorecida en la toma de decisiones de cuánto y cómo realizar los planes de corta, pues tiene un

efecto directo sobre la regeneración de especies vegetales, así como en el comportamiento, migración y dieta de la fauna (Amazonia Forestal, 2011).

Wielgolaski, (1974) manifiesta que la fenología en la agricultura se ha utilizado para comprender el impacto del clima y las condiciones del suelo en el calendario de eventos biológicos en plantas de importancia comercial y ornamental. La información adquirida permite predecir la fecha de un determinado evento de una fenofase anterior de la misma o de otra especie en el mismo año. Quintero, (2010) utiliza a fenología con varios propósitos como; a la calendarización en el combate de plagas, enfermedades y malezas en la época de mayor incidencia; a la programación de asistencia técnica en base a la fenología, entre otros.

2.2.4 Calendario fenológico.

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

2.2.4.1 Aplicaciones.

Las aplicaciones se han realizado desde un punto descriptivo observacional y desde un punto de vista analítico, estas aplicaciones han recibido un amplio uso práctico en estudios floristas, ecológicos y meteorológicos, en la mayoría de los casos, los estudios fenológicos descriptivos se han basado en características morfológicas, anatómicas o conductuales que son fáciles de observar en la naturaleza, además estos estudios se han restringido generalmente a plantas superiores o a vertebrados migratorios e insectos (Lieth, 1973).

2.2.5 Análisis de calidad de la semilla.

2.2.5.1 *La semilla.*

Vázquez et al., (1997) la semilla es el principal órgano reproductivo de las plantas superiores terrestres y acuáticas, permite la persistencia, renovación y dispersión de las poblaciones de las plantas; regenera los bosques y las sucesiones ecológicas. La semilla comprende una compleja serie de eventos biológicos que inicia con la formación de la flor y concluye con la germinación de la semilla (Krugman citado por Urretavizcaya, Contardi, Oyharçabal, y Pasquini, 2016).

Urretavizcaya et al., (2016) asegura que la reproducción de la mayoría de las especies forestales se realiza por semilla, la sincronía espacial, periodicidad y variabilidad son características que permiten perpetuar de una generación a otra dentro de una misma población, por lo tanto, si se requiere desarrollar un programa de reproducción de plantas es necesario evaluar la calidad de la semilla a través de distintos análisis que miden la características físicas y biológicas de un lote de semillas.

2.2.5.2 *Importancia del análisis de calidad física de semillas forestales.*

Es esencial analizar la calidad física de la semilla, permite determinar la eficacia de las actividades de recolección, selección, procesamiento y almacenamiento; a la vez proporciona la información que necesita el usuario acerca de la calidad física y biológica (Robbins citado por Cuevas, 1996).

Peretti citado por Lallana, Garcia, y Elizalde, (2011) menciona que la calidad de la semilla determina la susceptibilidad a desarrollarse una plantula en condiciones no ideales, tal como puede ocurrir en campo. Las especies forestales Poulsen, (1993) al ser la mayoría propagadas por semillas es necesario preocuparse de la calidad de estas, como ventajas se obtienen: mejor condición para el almacenamiento, desperdicio mínimo de semillas, plantas más uniformes en el vivero, mayor acierto en la producción de plantas, posibilidades de desarrollar producción avanzada de plantas y técnicas y métodos de plantación.

2.2.5.3 *Análisis de calidad de semillas por ISTA.*

ISTA es una asociación internacional de identidades fundada en 1924 con el objetivo de desarrollar y publicar procedimientos estándar en el campo de las pruebas de las semillas. La misión de la asociación es producir normas acordadas internacionales para el muestreo y prueba de semillas, acredita laboratorios, promueve la investigación, certifica, capacita y difunde conocimiento en ciencia y tecnología de semillas ISTA, (2019). Para determinar la calidad de semillas se necesita aplicar cuatro parámetros: Peso (g), Pureza (g), Contenido humedad (%), y Germinación (%) (ISTA citado por Ortega y Guanuche, 2016).

2.2.5.3.1 *Pureza*

El análisis de pureza tiene por objetivo determinar la proporción de los distintos elementos que componen la muestra objeto de análisis, Esta se refiere a la mezcla normal de semillas puras con impurezas como puede ser: polvo, ramitas, hojas semillas de otras especies y en general, todo aquello q no se semilla pura (Cuevas, 1996).

2.2.5.3.2 *Peso*

El peso es el factor importante en análisis de la calidad, determina el número de semillas puras por unidad de peso, usualmente se realiza en kilogramos, el peso dependerá del tamaño de la semilla, su contenido de humedad y la cantidad de semilla pura (Quijada, Valera, y Garay, 2017).

2.2.5.3.3 *Contenido de humedad*

Cuevas, (1996) indica que el ensayo es esencial para determinar el contenido de humedad de las semillas en la muestra y permite decidir si las semillas están en condiciones de ser almacenadas y conservadas inmediatamente o deben secarse aún más.

2.2.5.3.4 Viabilidad

Esta prueba trata de someter a las semillas a diferentes tratamientos ya sean: químicos o físicos y se determina si las semillas están vivas o muertas mediante las respuestas de los tejidos vivos o muertos. Es una opción para mejorar la obtención de buenas plantas y usarlas en plantaciones forestales (Cuevas, 1996).

En el trabajo realizado por Quijada, Valera, y Garay, (2017) menciona los dos métodos para determinar la viabilidad de las semillas son dos:

- Métodos químicos:

a) Método bioquímico: da evidencia de los procesos de reducción que tienen lugar en células vivas, mediante una sustancia indicadora.

b) Prueba de Corte: Se corta la semilla transversalmente, exponiendo el embrión y se observa la firmeza, formación y coloración natural del mismo.

c) Prueba de flotación: De uso común en muchas leguminosas, y en general para semillas de tamaño mediano a medianamente grandes (0,5 a 1 cm). Consiste en introducir la muestra de semillas en agua u otra sustancia de densidad conocida, y observar su comportamiento inmediato.

d) Prueba de Rayos X: Se toma un mínimo de dos placas para muestras de 50 a 100 semillas y se observa la conformación interna de las mismas.

- Métodos físicos:

a) Germinación: Determina el valor productivo del lote de semillas, conociendo la proporción de plantas efectivas con relación al número de semillas sembradas en la muestra. Esta prueba se realiza bajo condiciones de temperatura, humedad y luz adecuadas.

2.2.6 Descripción de la especie.

2.2.6.1 Taxonomía y nomenclatura.

Orwa , Mutua, Kindt , Jamnadass y Anthony, (2009) describen que este árbol pertenece a la:

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).

2.2.6.2 Origen.

Joker, (2000) señala que la especie *A. nepalensis* es originaria de Pakistán, Nepal oriental, Bután, norte India, China suroccidental, alta Myanmar y partes de Indochina. Introducido en varios países en África, Centroamérica y Asia sudoriental.

2.2.6.3 Distribución.

El *A. nepalensis*, es una especie de hojas anchas y ampliamente distribuida en el sur de Asia en altitudes entre 600 m y 3000 m, y en Nepal entre 900 y 2700 m., Lamichhaney citado por Joker, (2000). En Ecuador se encuentra en la provincia de Imbabura en el Valle de Íntag entre los 1000 – 3000 msnm, (Cevallos, 2017).

2.2.6.4 Descripción botánica.

Joker, (2000) describe un árbol caducifolio o semicaducifolio, típicamente de unos 30 m de altura y con un diámetro de fuste de 60 cm, pero en sitios con condiciones buenas puede alcanzar hasta los 35 m y un diámetro de 2 m, tiene autopoda que constituye un crecimiento limpio y

recto de fuste. Duke, (1993) menciona una corteza verde oscuro o de color gris con presencias de lenticelas y en algunos casos machas amarillentas.

Las hojas son simples, alternas, de 6 - 20 cm de largo y de 5 – 10 cm de ancho, ligeramente serruladas con prominentes venas paralelas. Presenta un haz brillante de color verde oscuro y el envés es pálida (Duke, 1993).

Las flores son unisexuales, femeninas y masculinas en inflorescencias separadas llamadas catkins. Amentos masculinos de 10-25 cm de largo, caídos, en panículas terminales. Amentos femeninos de 1 - 2 cm de largo, 3 - 8 juntos en racimos axilares (Joker, 2000).

Los amentos fructíferos son elípticos de color marrón oscuro, compuesto de varias escamas de textura leñosa, se posicionan verticalmente sobre tallos cortos, sus conos entre 1.5 y 2 cm pueden permanecer en las ramas de los árboles por un largo periodo de tiempo Joker, (2000). Las semillas son 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).

2.2.6.5 Ecología.

Autores como 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. Castillo citado por Varela, (2017) 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 meses y una estación seca. 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. Crece bien en suelos con un alto contenido de agua, pero no en suelos acuosos.

2.2.6.6 Propagación.

El *A. nepalensis* es rico en procedencia y se propaga por semilla, estas maduran en la primera y lamitad de cada año en diciembre, los frutos se agrientan poco despues de la maduración y las semillas vuelan con el viento (Fen, 2005 y napier citado por Castillo, 2012).

2.2.6.6.1 Recolección de las semillas.

En la recolección Fen, (2005) menciona que, se debe realizarse a tiempo con fin de evitar que las semillas fácilmente pierdan la tasa de germinación. La recolección se realiza cuando la fruta cambia principalmente de verde a un marrón amarillento. Joker, (2000) manifiesta, al momento de realizar la recolección se debe evitar los frutos persistentes que no contienen semillas de épocas anteriores, estos son de color marrón oscuro o negro. La fruta cosechada se seca durante 1-2 días, y luego se coloca en un lugar seco y ventilado. Después de 3-4 días, se eliminan las semillas agrietadas de la fruta. En el proceso de recolección de semillas, se deben seleccionar árboles con una edad de más de 15 años, el ángulo de ramificación del tronco debe ser pequeño y estar libre de plagas ni enfermedades (Fen, 2005).

2.2.6.6.2 Conservación de la semilla.

Las semillas deben almacenarse en un lugar ventilado, fresco y seco o en el refrigerador a aproximadamente 5 ° C en periodos cortos, la pila no debe ser demasiado gruesa, generalmente de 5 cm. La semilla tiene un peso de mil gramos de 0,24 a 0,29 g, y la tasa de germinación en interiores es aproximadamente del 40%. Después de un año de almacenamiento, la tasa de germinación cae a aproximadamente al 10%, por lo que considera que no deben almacenarse durante mucho tiempo. En general, las semillas se cosechan al final del año y se siembran en la primavera del segundo año o con la cosecha (Fen, 2005).

2.2.6.6.3 Siembra y germinación.

Se prepara una cama con sustrato incorporando tierra de bosques maduros de *A. nepalensis* (para asegurar que los simbiontes apropiados están presentes). La siembra se esparce o se realiza en líneas con una cantidad de 15 kg/ha. A continuación, se cubre con una fina capa de suelo fino

compostado de cascarilla de arroz y acículas de pino o se cubre con un plástico. Las plantas son disueltas durante la temporada de lluvias cuando han producido seis hojas y han alcanzado una altura de 2- 3 cm. La plantación de la especie se realiza cuando las plántulas alcanzan un tamaño entre 25 – 35 cm. En las zonas menores a 1200 msnm, el tiempo para alcanzar esta altura es entre los 4 – 5 meses. Mientras que, en altitudes superiores esta puede tardar hasta 11 meses. Hay que considerar que las plántulas jóvenes son muy vulnerables a las heladas y son susceptibles de atacar por las hormigas y la tasa de supervivencia suele ser baja. La mayoría de las plantaciones de árboles se realizan con plántulas en contenedores, aunque las plántulas con raíces desnudas se pueden usar con éxito siempre que se levanten y manipulen adecuadamente, y la disponibilidad de humedad sea alta en el sitio de plantación (Joker, 2000)

2.2.6.7 Productos y Servicios.

Orwa et al., (2009) hacen referencia algunos productos y servicios importantes que la especie brinda a los productores:

Su follaje es ideal como forraje para ovejas y cabras, sirve como combustible por su bajo valor calorífico de 18239 kJ/kg, ideal para leña y carbón vegetal. La fibra es adecuada para la fabricación de papel de calidad con un rendimiento de 47, 4 % de pulpa, la madera es excelente para los acabados de construcción, decoración, cajas, fértidos, fósforos, y postes. En la carpintería general, se usa como piezas de muebles, tornería y papel de imprenta. La corteza *A. nepalensis* se ha utilizado ocasionalmente para el bronceado y el teñido.

Como servicios es una especie bien conocida que da cierta estabilidad a las laderas que tienden a resbalar y erosionar. Sus semillas han sido difundidas para estabilizar el área de deslizamientos. El *A. nepalensis* se interplanta con cultivos anuales y se utiliza como árbol de sombra, es eficaz para reforestar áreas abandonadas, porque crece como un pionero en hábitats degradados con suelos de baja fertilidad. También se plantan para mejorar la estabilidad de las laderas susceptibles de erosión y deslizamientos de tierra, y para la recuperación de minas.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación

3.1.1 Política.

La investigación se llevó a cabo en tres rangos altitudinales; 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 pertenecientes a la zona de Intag, cantón Cotacachi, ubicado a 63 km al noreste de la cabecera cantonal, provincia de Imbabura ver figura 1.

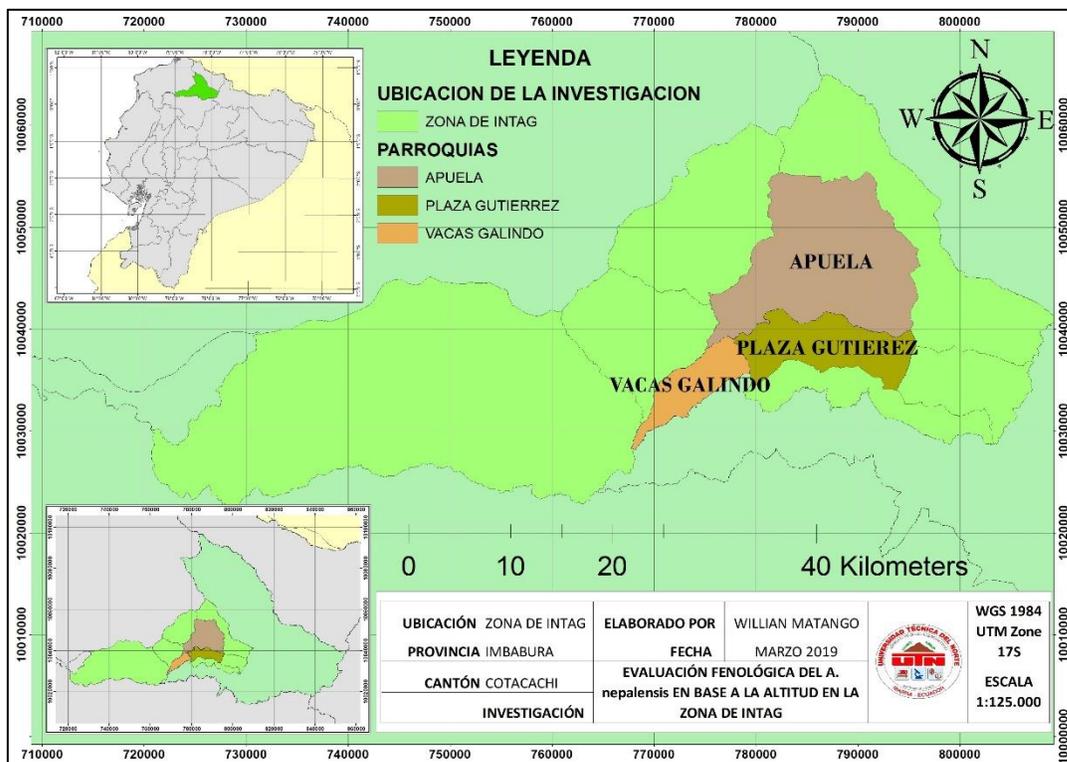


Figura 1. Ubicación geográfica de la investigación.

3.1.2 Geografía.

Tabla 1

Ubicación geográfica de Plaza Gutiérrez, Apuela y Vacas Galindo

Sitios	Parroquia	Altitud (msnm)	Latitud y longitud	
1	Plaza Gutiérrez	1700 – 2900	00°21'00"N	78°29'00"W
2	Apuela	1480 – 4880	00°21'00"N	78°30'00"W
3	Vacas Galindo	1120 - 2600	00°19'00"N	78°33'00"W

Fuente: PD y OT Vacas Galindo (2015), Plaza Gutiérrez, (2014) y Apuela, (2014)

3.1.3 Límites.

Los límites de las parroquias de acuerdo con su localización se describen en la tabla 2.

Tabla 2

Límites de las parroquias Plaza Gutiérrez, Apuela y Vacas Galindo

Sitios	Parroquia	Norte	Sur	Este	Oeste
1	Plaza Gutiérrez	Apuela	Quiroga	Imantag y Cotacachi	Vacas Galindo
2	Apuela	Cuellaje e Imantag	Plaza Gutiérrez y Vacas Galindo	Imantag	Peñaherrera.
3	Vacas Galindo	Apuela y Plaza Gutiérrez	Selva Alegre	Selva Alegre	García Moreno y Peñaherrera

Fuente: PD y OT Vacas Galindo (2015), Plaza Gutiérrez, (2014) y Apuela, (2014)

3.2 Datos climáticos

El PD y OT GAD Plaza Gutiérrez, (2014) se refiere a la parroquia de Plaza Gutiérrez se encuentra dentro de los bosques de neblina, presenta un relieve colinado con pendientes entre 25 – 50 %, el clima es subtropical mesotérmico húmedo con una temperatura promedio entre 12 y 15 °C, la precipitación media anual es de 1500 – 2000 mm.

El PD y OT, GAD Apuela (2015), ubica a la parroquia de Apuela dentro de la Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas y propone un relieve montañoso con pendientes mayores al 70 %,

el clima es subtropical mesotérmico, con una temperatura promedio de 10 – 20 °C, la precipitación media anual es de 1500 – 3000 mm.

PD y OT, GAD Vacas Galindo (2015) expone un relieve montañoso, depresiones y llanuras con una pendiente mayor > 70 %. El clima ecuatorial meso térmico húmedo, una precipitación medio anual de 1500 – 1700 mm, y una temperatura promedio entre 16 – 18 °C.

3.3 Materiales equipos y software

Los materiales de campo para el desarrollo de la investigación están descritos en la tabla 3.

Tabla 3

Materiales, equipos y software

Materiales de campo	Materiales de laboratorio	Equipos	Software
Cinta métrica	Termómetro	GPS.	Microsoft Word.
Hoja de campo	Cajas Petri	Hipsómetro de Suunto.	Microsoft Excel.
Machete	Papel filtro	Cámara fotográfica.	ArcGis 10.4
Útiles de escritorio	Tamiz de 0,5 x 0,5 mm	Brújula	InfoStat
Binoculares (25 x 10) marca Busnell	Bisturí	Computadora.	Microsoft Power Point
Podadora	Linterna	Balanza electrónica	
Martillo	Hoja de vidrio de 30 x 30 cm	Termómetro	
Clavos	Frascos de 30 ml	Estufa eléctrica	
Pintura	Termómetro		
Fundas			
Arnés			

3.4 Metodología

Para el desarrollo del estudio se tomó la información de la investigación de Cevallos, (2017) que presenta la “**Determinación de la ubicación geográfica de *Alnus nepalensis* D. Don en la zona de Intag noroccidente del Ecuador**”, así como también la edad, área y el número de predios con prácticas agroforestales, bosquetes y plantaciones.

3.4.1 Universo.

Se tomó como universo 140 predios en ocho prácticas forestales, en edades comprendidas entre 5 y 17 años, ubicados en las parroquias de Plaza Gutiérrez, Apuela y Vacas Galindo.

3.4.2 Selección de los sitios de investigación.

La selección se realizó mediante la determinación del tamaño de muestra empleando las ecuaciones de tamaño de muestra (n) y tamaño de muestra ajustado (n_2) ver ecuación 1 y 2.

$$n = \frac{t_{\alpha}^2 S^2}{E^2} \quad n_2 = \frac{n_1}{1 + \frac{n_1}{N}}$$

Ecu. (1 y 2)

Fuente: Aguirre y Vizcaino, (2010).

Donde:

n = Es la magnitud de la muestra para toda la población en número de unidades.

t_{α} = Se obtiene de la tabla de la distribución de Student.

E = Error de muestreo.

N = Tamaño de la población.

S^2 = Varianza

Se calculó la varianza (S^2) con la información de las edades; se empleó en valor de “ t_{α} ” de Student al 10% de probabilidad estadística y como error se consideró el valor del límite de confianza. Se determinó un tamaño de muestra de tres sitios de estudio, estos fueron seleccionados de manera aleatoria los cuales fueron: sitio 1 (1812 msnm sector de Las Delicias), sitio 2 (1890 msnm sector de Pucará) y sitio 3 (1406 msnm sector de Guagshi) ver tabla 4.

Tabla 4

Localización geográfica, edad, área y practica de los sitios seleccionados

Sitio	sector	Altitud (msnm)	edad (años)	Práctica	Longitud (W)	Latitud (N)
1	Las Delicias	2812	6	Lindero	78°26'609"	0°20'51,981"
2	Pucará	1890	6	Lindero	78°30'9,491"	0°21'31,981"
3	Guagshi	1406	8	Bosquete	78°31'55,688"	0°20'16,53"

Fuente: Cevallos, (2017).

3.4.3 Caracterización fenológica del *A. nepalensis*.

La caracterización de la especie se realizó en cuatro fases:

3.4.3.1 Fase 1: Delimitación del área de estudio.

En cada sitio seleccionado tomando puntos referenciales con el GPS se delimitó el área con la especie, luego se procedió a numerar cada individuo, para el cual se utilizó pintura blanca y un código específico, la numeración se realizó en orden de apareamiento. A continuación, se muestra el número de individuos, el área delimitada y la práctica donde se encontraba la especie:

Sitio 1, ubicado 2812 msnm en el sector Las Delicias se obtuvo 15 individuos de *A. nepalensis* en un área de 1,68 ha, en una práctica de lindero mayor a 5 x 5 m lineales, ver figura 12 anexo 1.

Sitio 2, ubicado a 1890 msnm en el sector de Pucará se obtuvo 19 individuos de *A. nepalensis* en un área de 0,49 ha, en una práctica de lindero de 3 x 3 m lineales, ver figura 13 anexo 3.

Sitio 3, ubicado a 1406 msnm en el sector de Guagshi se obtuvo 32 individuos de *A. nepalensis* en un área de 0,13 ha, establecidos en un bosque a 3 x 3 m cuadrados, ver figura 13 anexo 3.

3.4.3.2 Fase 2: Selección de los individuos para la evaluación fenológica del *A. nepalensis*.

La selección se efectuó mediante el método Delphi (expertos), sustentado en factores ponderados. El método consiste en un análisis cualitativo, según el criterio de la morfología de los individuos en función de la repetitividad de la especie. Este proceso metodológico se realizó en cada sitio de estudio de la siguiente manera:

Se estableció criterios con proyección a un árbol semillero con las características más importantes de la especie, a cada una se designó una puntuación de 1 a 4 según la importancia y el estado que puedan presentar ver tabla 5, a partir de los criterios seleccionados se elaboró una ficha técnica para la evaluación en el campo ver anexo 4.

Tabla 5*Criterios de evaluación fenotípica para los individuos de A. nepalensis*

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

Fuente: Samaniego, Ordóñez, Prado y Morocho, (2015).

La evaluación fue realizada por docentes de la carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Técnica del Norte. La metodología consistió en evaluar individualmente cada individuo marcado mediante los criterios establecidos en la tabla 5.

Los datos obtenidos de la evaluación se registraron en una matriz realizada en Excel, luego se procedió a ponderar los resultados y se determinó los individuos para el seguimiento fenológico. Los datos generales de selección se encuentran en el anexo 5. En la tabla 6 se muestra un resumen de los individuos seleccionados para la evaluación fenológica.

Tabla 6*Individuos seleccionados para la evaluación fenológica del A. nepalensis*

altitud (msnm)	sector	sitio	área de estudio (ha)	individuos evaluados	individuos seleccionados	porcentaje (%)
2812	Las Delicias	1	1,68	15	10	66,67
1890	Pucará	2	0,49	19	10	52,63
1406	Guagshi	3	0,14	32	10	31,25

A cada individuo seleccionado se codificó con una cartulina plástica que describía el número del individuo, la localización geográfica, edad, practica, nombre científico, y la institución. Luego se procedió a tomar los datos dasométricos ver anexo 6 como:

Diámetro a la altura del pecho (D.A.P.): se lo realizó midiendo el diámetro del fuste con el uso de una cinta diamétrica tomando desde la base del al árbol hasta 1, 30 m altura.

Altura total: se utilizó un hipsómetro Suunto calibrado a una distancia de 15 m; los porcentajes mayores fueron considerados del punto más alto de los árboles y los menores en la base. El cálculo se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$h = \frac{(\%_{mayor} - \%_{menor}) * 15 m}{100}$$

Ecu. (3)

Donde:

H = Altura
15 m = Distancia del árbol al observador

Diámetro de copa: se midió de extremo a extremo de manera perpendicular la proyección de las ramas que sobresalieron (en forma de cruz) para luego obtener el promedio de las dos dimensiones obtenidas para conseguir el diámetro de copa. Este se determinó con la ecuación 4:

$$D. copa = \frac{D_{mayor} + D_{menor}}{2}$$

Ecu. (4)

Donde:

D. copa = Diámetro de copa
D_{mayor} = Diámetro mayor
D_{menor} = Diámetro menor

3.4.3.3 Fase 3: Seguimiento y evaluación del *A. nepalensis*.

El seguimiento fenológico se realizó en un periodo de doce meses, las observaciones se realizaron de marzo 2018 a marzo 2019. En el registro fenológico se consideró dos tipos:

fenología vegetativa (brotación de hojas, hojas maduras y defoliación) y fenología reproductiva (inflorescencia, frutos jóvenes y frutos maduros).

Las observaciones se registraron de manera quincenal y fueron tomadas 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 misma ver la tabla 7.

Tabla 7

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).

La evaluación fue sistemática e individual, consistió en observar el desarrollo de cada evento desde un mismo punto. Se inició con la identificación la estructura de la copa para luego dividir en cuadrantes simétricos, seguida por una designación numeral a cada cuadrante a favor de las manecillas del reloj como se muestra en la figura 2. El registro de cada observación se lo realizó en una hoja de campo individual, ver anexo 7.

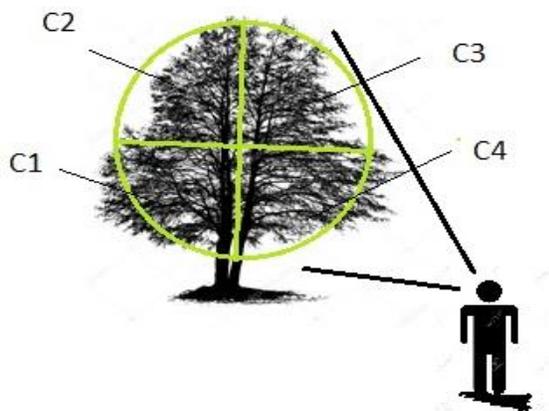


Figura 2. Método de evaluación individual del árbol.

Fuente: Aponte y Sanmatin, (2011).

3.4.3.4 Fase 4: Análisis de resultados

Con los datos obtenidos de las observaciones quincenales se determinó el índice promedio individual (IPi) y el índice promedio total (IP) por cada evento, mediante las ecuaciones 5 y 6, los cálculos se efectuaron en una matriz realizada en el software Excel 2013 ver anexo 8.

$$IPi = \frac{\sum \text{valor escala } x \text{ cuadrante}}{4}$$

Fuente: Hechavarría, (2009).

Donde:

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

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

Ecu. (5 y

y

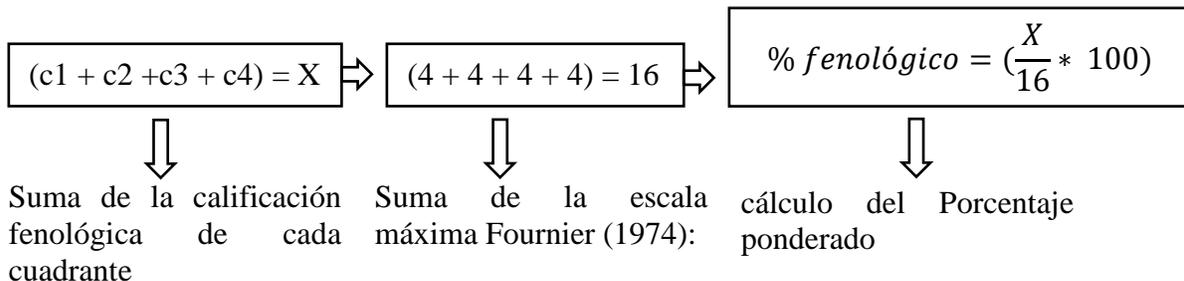
Fuente: Hechavarría, (2009).

Donde:

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

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

Con el IP quincenal y la masividad de los eventos fenológicos vegetativos y reproductivos, se precedió analizar los resultados mediante gráficas explicativas donde el eje de las abscisas representa el periodo de investigación en meses, el eje principal de las ordenadas representa el porcentaje fenológico para lo cual se determinó el porcentaje ponderado de cada fenofase de la siguiente manera:



Mientras que, el eje secundario de las ordenadas manifiesta la masividad de las fenofases mediante la categoría de la escala de (Hechavarría, 2009).

3.4.4 Diseño del calendario fenológico del *A. nepalensis*.

El calendario fenológico se realizó con la información resultante del comportamiento fenológico vegetativo y reproductivo de los doce meses de investigación, la representación de cada fenofase se lo realizó mediante un color específico utilizando los resultados de los porcentajes fenológicos obtenidos a partir de la escala de Fournier, (1974).

3.4.5 Cuantificación del potencial productivo y análisis de las semillas de *A. nepalensis*.

3.4.5.1 Cuantificación del potencial productivo del *A. nepalensis*.

En el potencial productivo (frutos y semillas) se consideró la madurez fisiológica del fruto (color marrón amarillento con ligeras ranuras). Se tomó cuatro individuos por sitio de estudio, se identificó la fructificación (racimos de estróbilos), luego se determinó el promedio de estróbilos por racimo; Se tomó 15 racimos y se contabilizó el número de estróbilos que lo formaba, posteriormente se sumó y promedio para el número de racimos muestreados ver ecuación 7.

$$Pfr = \frac{(r1 + r2 + \dots rn)}{15}$$

Ecu. (7)

Donde:

Pfr = Promedio de frutos por racimo
rn = Numero de frutos por racimo
15 = Racimos muestreados

Una vez determinado el número de frutos se evaluó los siguientes aspectos:

- Número de frutos promedio por rama (Nfp)

De cada copa de árbol se muestreo seis ramas dos en la base, dos en la parte media y dos en la parte superior. Luego se procedió a contabilizar los racimos contenidos en cada rama, el total de

racimos se promedió para el número de ramas evaluadas y se multiplicó para el (Pfr), obteniendo el número de frutos por rama ver ecuación 8.

$$Nfp = \frac{(r1 + r2 + r3 + r4 + r5 + r6)}{6} * Pfr$$

Ecu. (8)

Donde:

- Nfp** = Numero de frutos promedio por rama
- r** = Sumatoria de racimos de cada rama
- 6** = Ramas muestreadas
- Pfr** = Promedio de frutos por racimo

- Número de ramas con fruto (Nrf)

Para obtener el número de ramas con fruto (Nrf) se utilizó binoculares y desde el punto más visible se contabilizó ramas que contenían frutos.

- Numero de frutos totales por árbol (Nft)

El número de frutos totales por árbol se obtuvo mediante en el software Excel 2013, y se determinó mediante la ecuación:

$$Nft = Nfp * Nrf$$

Ecu. (9)

Fuente: Aponte y Sanmatin, (2011).

Donde:

- Nft** = Número de frutos totales de cada árbol
- Nfp** = Número de frutos promedio por rama
- Nrf** = Número de ramas con fruto

- Producción de semilla del *A. nepalensis*.

Se tomó una cierta cantidad de frutos maduros como muestra (Nfm), se almacenó por tres días hasta que los estróbilos se resquebrajen, se extrajo el total de semillas de los frutos y con mucha

precisión se cuantificó y se promedió para el número de frutos de la muestra obteniendo el número de semillas por fruto (Nsf), luego se pesó el total de la semilla muestra. Para calcular el número de semillas por árbol (Nsa), se multiplicó el número de frutos totales por árbol (Nft) con el número de semillas por fruto (Nsf) de la siguiente manera:

$Nsa = Nft * Nsf$	Ecu. (10)
-------------------	------------------

Fuente: Aponte y Sanmatin, (2011).

Donde:

- Nsa** = Número de semillas por árbol
- Nft** = Número de frutos totales por árbol
- Nsf** = Número de semillas por fruto

Finalmente, para obtener la producción de semilla en gramos (Ps), se multiplicó el (Nft) por (Psm) y el resultado se dividió para (Nfm) ver ecuación 11:

$Ps = \frac{Nft * Psm}{Nfm}$	Ecu.
------------------------------	-------------

Fuente: Aponte y Sanmatin, (2011).

Donde:

- Ps** = Producción de semillas por árbol
- Nft** = Número total de frutos por árbol
- Psm** = Peso de la semilla muestra
- Nfm** = Número de frutos de la muestra

3.4.5.2 Análisis de la semilla mediante las normas ISTA.

Los ensayos se llevaron a cabo en el laboratorio de biotecnología forestal de la Universidad Técnica del Norte. El análisis se lo realizó para cada sitio de estudio y en base a la metodología estandarizada Internacional Seed Testing Association ISTA, (2007) se realizó los ensayos de Pureza, Peso, Contenido de humedad y germinación, para el registro de datos se realizó fichas técnicas A continuación, se presenta el proceso realizado:

- Obtención del material

Las semillas de *A. nepalensis* se obtuvieron de manera directa, que comprendió la recolección en el campo directamente de la copa de los árboles. La recolección se realizó cuando los frutos presentaron madurez fisiológica de color marrón amarillento con ligeras ranuras, los frutos recolectados fueron almacenados en fundas plásticas de polietileno a temperatura ambiente donde la radiación no tuvo efecto durante 5 días hasta que la capsula se resquebraja.

A continuación, se realizó la extracción de la semilla que se obtuvo mediante el uso de tamices de plástico diferente diámetro (2,5 x 2.5 mm, 1,5 x 1,5 mm, y 1 x 1 mm) el cual permitió obtener la mayor cantidad de semillas. Una vez realizado la extracción la semilla fue colocada en contenedores de vidrio translucido y transportadas al laboratorio de biotecnología forestal.

- Toma de muestras

Se tomó una muestra representativa de las semillas, el muestreo se realizó de manera manual se sacó la totalidad de las semillas de los envases y amontonada sobre una superficie liza, luego con la mano extendida y los dedos un tanto cerrados, moviendo en diferentes direcciones, se obtuvo porciones de semillas obteniendo una muestra compuesta.

- Pureza

Se determinó la composición en peso de la muestra general y sus componentes, para este ensayo se excluyó el peso de los contenedores calibrando en conjunto con la balanza a cero.

Se tomó una muestra equivalente a 20 g y se dividió en dos submuestras (A y B), cada submuestra fue esparcida en una lámina de vidrio y con la ayuda de un bisturí se clasificó en dos componentes semillas puras y material inerte.

Inmediatamente se pesó cada componente en gramos hasta la aproximación de cuatro decimales en una balanza electrónica marca OHAUS, la suma de los dos constituyó el total de la

submuestra, con el peso de la semilla pura se calculó el porcentaje de pureza por medio de la formula descrita continuación:

$$\%Pi = \frac{Ps(g)}{Psm(g)} \times 100$$

Ecu. (12)

Fuente: ISTA citado por Quijada, Valera y Garay, (2017).

Donde:

%Pi = Porcentaje de pureza de la submuestra (**i** = submuestras A y B).

Ps = Peso de la semilla pura.

Psm = peso total de la submuestra.

Finalmente, el porcentaje de pureza se obtuvo del promedio de las dos submuestras en gramos mediante la fórmula:

$$\%P = \frac{\%PA + \%PB}{2}$$

Ecu. (13)

Fuente: ISTA citado por Quijada, Valera y Garay, (2017).

Donde:

%P = Porcentaje de pureza

%PA = Porcentaje de pureza de la submuestra A

%PB = Porcentaje de pureza de la submuestra B

- Peso

El ensayo consistió en determinar el peso de las semillas puras por unidades de peso en gramos. Se tomó del ensayo de pureza ocho submuestras de 100 semillas, se excluyó las semillas secas y las de menor tamaño al promedio general, cada submuestra fue pesada individualmente en gramos con aproximación a cuatro decimales en una balanza electrónica marca OHAUS. Después se procedió a sacar la media para determinar el peso de 1000 semillas.

$$\text{Peso de 1000 semillas} = \text{Media} \times 10$$

Ecu. (14)

Fuente: ISTA citado por Quijada, Valera y Garay, (2017).

- Contenido de humedad

Se determinó el contenido de humedad mediante el método al horno recomendado para semillas forestales (ISTA, 2017), se utilizó dos muestras por cada sitio de investigación tomadas de la prueba de pureza, el ensayo se realizó de la siguiente manera:

Se pesó dos submuestras frescas de cinco gramos cada una en una balanza electrónica METTLER AJ150 de aproximación a cuatro decimales.

Cada submuestra se colocó en un contenedor de vidrio translucido, luego cada una fue introducida en una estufa electrónica a 103 °C por 17 horas. Una vez cumplidas las 17 horas se apagó la estufa y se esperó una hora para retirar las submuestras esto se realizó con el fin de evitar que absorban la humedad del ambiente.

Con un tiempo de una hora para refrescar las semillas, estas fueron retiradas y nuevamente pesadas en la misma balanza electrónica. Con los datos de peso inicial y peso seco se determinó el contenido de humedad mediante la fórmula:

$$\%CH = \frac{Pi - Ps}{Pi} \times 100$$

$$\text{Ecu. (15)}$$

Fuente: Añazco, (2000)

Donde:

- %CH** = Porcentaje contenido de humedad
- Pi** = Peso inicial
- Ps** = Peso seco

- Porcentaje de germinación

Se determinó el número máximo de semillas que germinan bajo condiciones de optimas de luz, humedad y temperatura. El laboratorio de biotecnología forestal brindo las condiciones para este ensayo y se lo realizó de la siguiente manera:

De la muestra usada en el ensayo de pureza se separó cuatro réplicas de 100 semillas, se desinfectó en cloro al 5% por dos minutos y se enjuagó con agua destilada y desmineralizada

Las cuatro réplicas de 100 semillas fueron extendidas de manera uniforme en cajas Petri previamente esterilizadas; como sustrato se utilizó papel absorbente saturado en agua destilada, luego las cajas fueron colocadas a una temperatura de 23 °C con 12 horas de luz y 12 de oscuridad.

Durante 20 días se observó el comportamiento germinativo, el conteo de las semillas germinadas se las realizó diariamente, la humedad y temperatura se mantuvo a condiciones de la semilla.

Para determinar el porcentaje de germinación se efectuó una relación simple, se consideró como base que el total de las semillas del ensayo corresponde al 100%. Para luego obtener el porcentaje germinación mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{Germinación} = \frac{\text{Semillas Germinadas}}{\text{Semillas Sembradas}} \times 100$$

$$\text{Ecu. (16)}$$

Fuente: Añazco, (2000).

Donde:

- %G** = Porcentaje de germinación
- Sg** = Semillas germinadas
- Sb** = Semillas sembradas

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

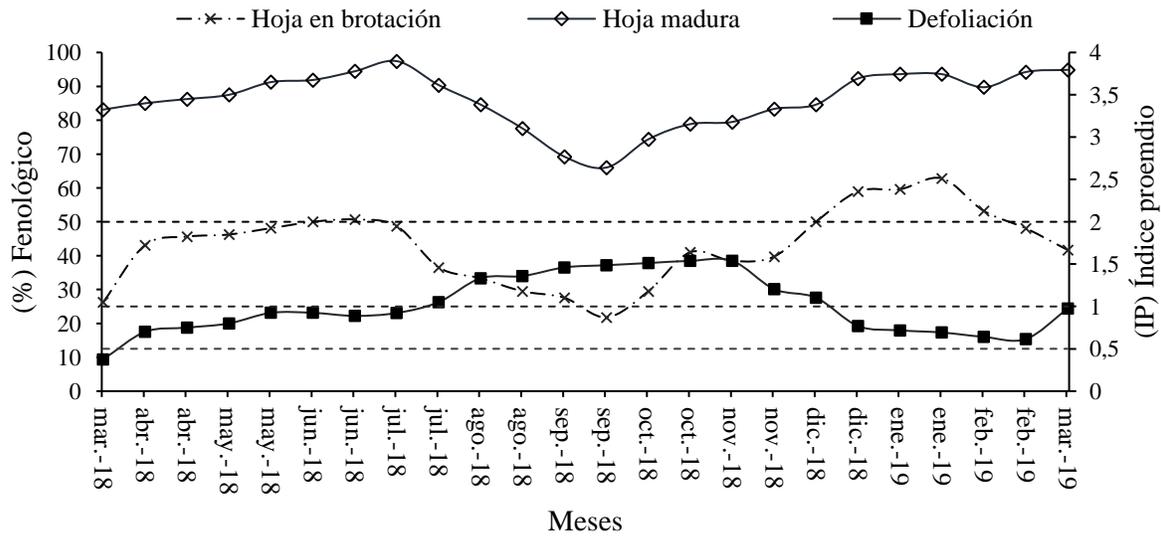
4.1 Fenología del *A. nepalensis*

La fenología del *A. nepalensis* se determinó mediante el comportamiento vegetativo y reproductivo de la especie durante doce meses, de finales de marzo del 2018 a inicios de marzo del 2019. En la fenología vegetativa constituyen los eventos de hoja en brotación, hoja madura y defoliación, y en la reproductiva la inflorescencia, fruto joven y fruto maduro. A continuación, se muestra los resultados representados por sitios.

4.1.1 Comportamiento vegetativo a 2812 msnm sector Las Delicias (sitio 1).

En la figura 3 muestra una brotación de hoja en masividades diferentes. En el periodo (marzo – junio 2018) la fenofase efectuó una producción del 26 al 51 %, que indica que de una masividad media paso a intensa, luego ésta a partir de (agosto 2018) decae y en (septiembre 2018) llega a una débil, que produce solo un 22 % de hojas nuevas, por el contrario, entre (octubre 2018 - enero 2019) la brotadura acrecentó la fabricación al 65 %, este periodo de intensidad determinó la máxima representación la fenofase, mientras que, (febrero – marzo 2019) se ve decreciente a un 45 %, de categoría media.

La masividad de hojas maduras se presentó intensa con variaciones en su actividad. La fenofase entre (marzo – julio 2018) y (diciembre 2018 – febrero 2019) se mantuvo entre el 80 y 100 % de expresión, mientras que la variaciones se produjeron de (agosto – noviembre 2018), dentro de este periodo (septiembre 2018) fue el más afectado por que se evidenció reducción pronunciada de la presencia de hojas maduras, está perdida coincidió con etapa de la defoliación que se dio en el mismo periodo de (agosto – noviembre 2018) donde se observó que la defoliación se incrementó de un 25 % de expresión al 40 %, lo que demuestra que la defoliación se presentó en masividades entre baja y media.



Masividad: baja (IP = 1 < 0.5); débil (IP = 0.5 y <1); media (IP = 1 y < 2); intensa (IP = > 2).
 Figura 3. Representación gráfica del comportamiento vegetativo del *A. nepalensis* a los 2812 msnm.

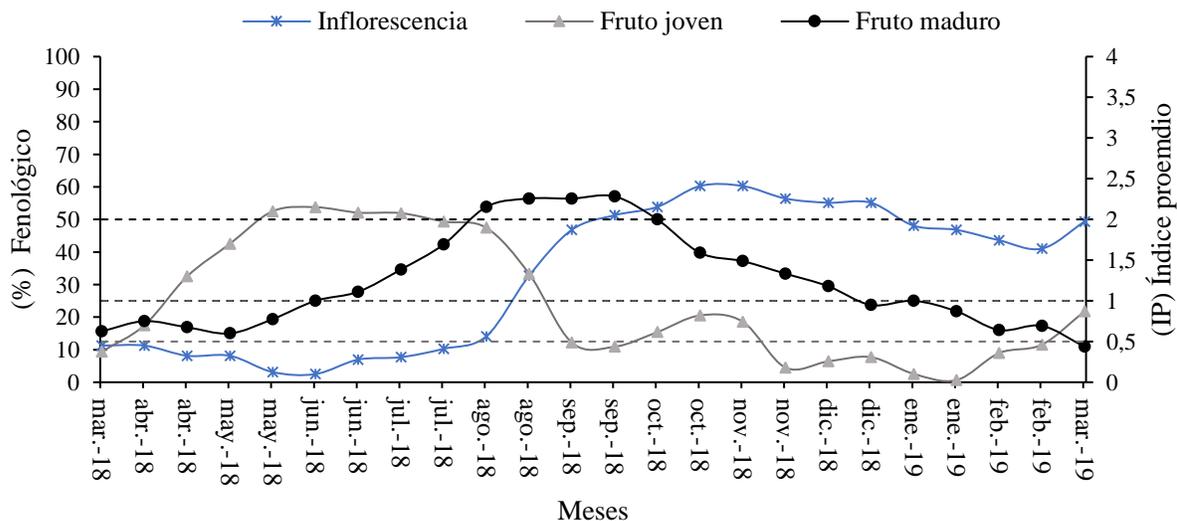
4.1.2 Comportamiento reproductivo a 2812 msnm sector Las Delicias (sitio 1).

Se puede evidenciar en la figura 4 en la fenofase de floración una masividad baja de (marzo – julio 2018) las inflorescencias se produjeron en pocos individuos con una expresión entre el 1 y 12,5 %. Sin embargo, el aumento de producción de las inflorescencias en todos los individuos entre (agosto – octubre 2018) provoca que la fenofase alcance la intensidad, con una representación 60 % que permaneció a (diciembre 2018). Luego (enero - febrero 2019) el 20 % de las inflorescencias se perdió manifestando una masividad media decreciente.

La fructificación joven, en (marzo 2018) la fenofase inicia con una fabricación del 10 % de masividad débil, en (mayo 2018) alcanza la intensidad con una producción del 55 % de frutos que perduró hasta (julio 2018). A partir de (agosto - septiembre 2018) la fructificación percibió una reducción del 40 % lo que provocó que, entre (octubre 2018 - marzo 2019) una producción frutos jóvenes sea menor al 25 % que expresa una masividad entre baja y débil.

La maduración de frutos más significativa se dio (julio – octubre 2018), en donde (julio 2018) inicia con una representación del 40 % de frutos maduros lo que manifiesta una masividad media y en (agosto 2018) se acrecienta al 60 % que indica una masividad intensa la cual perdura hasta

(octubre 2018). En cuanto al periodo de (noviembre - diciembre 2018) la maduración se reduce un 35 % y esta continua progresivamente que entre (enero – marzo 2019) expresa solo un 12,5 % de frutos maduros de masividad baja que indica la finalización del ciclo reproductivo.



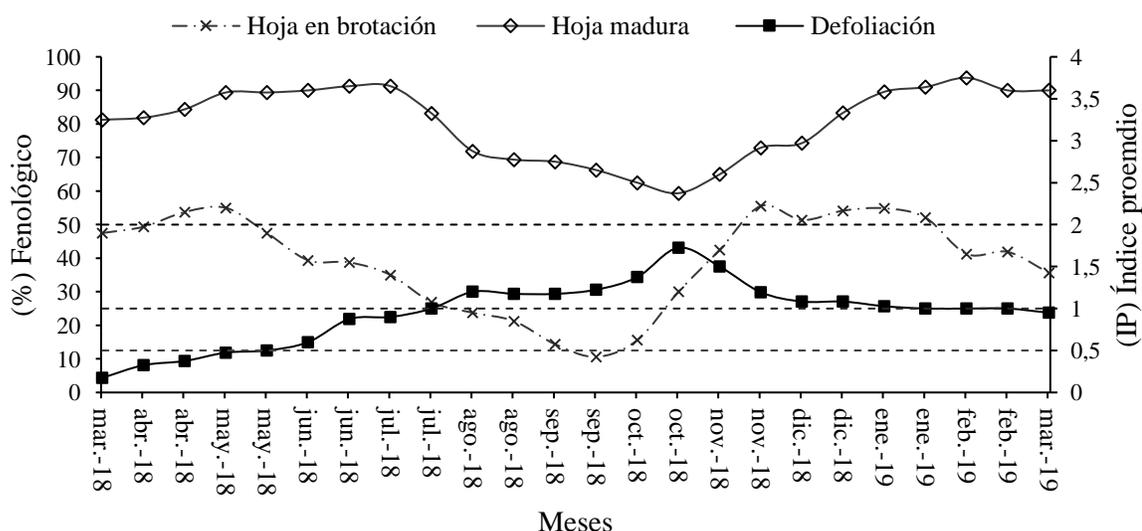
Masividad: baja (IP = < 0.5); débil (IP = 0.5 y < 1); media (IP = 1 y < 2); intensa (IP = > 2).
 Figura 4. Representación gráfica del comportamiento reproductivo del *A. nepalensis* a los 2812 msnm.

4.1.3 Comportamiento vegetativo a 1890 msnm sector Pucará (sitio 2).

En la figura 5 muestra un comportamiento de la brotación en masividades diferentes. La fenofase entre (marzo – mayo 2018) se mostró creciente de una masividad media a intensa, con una producción de hojas de 45 % a 55 %. Sin embargo, de (junio – septiembre 2018) la fenofase decrece y en el este último mes solo se produce un 12,5 % de hojas que revela una masividad baja. Entre (octubre - noviembre 2018) la brotación se acrecentó significativamente al 55 % indicando intensidad y manteniéndose hasta (enero 2019), ya para (febrero - marzo 2019) la masividad decreció a media produciendo solo un 20 % de hojas nuevas.

La presencia de hojas maduras exhibió variaciones en su intensidad, entre (marzo – julio 2018) y (enero - marzo 2019) el fenofase activa fue 75 y 90 %, mientras que, de (agosto - diciembre 2018) resto su manifestación en un 30 %.

En la defoliación se observó que mientras la brotación de hojas nuevas y la presencia de hojas maduras mostraban una tendencia decreciente la fenofase de defoliación se acrecentaba. Esta fenofase de (marzo - julio 2018) se manifestó con masividades entre baja y media, la pérdida de follaje se dio entre el 5 y 25 %, mientras que, de (agosto - diciembre 2018) la defoliación se acrecentó dentro de este periodo entre (octubre - noviembre 2018) experimentó una pérdida significativa del 45 % de follaje destacando como el periodo más afectado de masividad media.



Masividad: baja (IP = < 0.5); débil (IP = 0.5 y < 1); media (IP = 1 y < 2); intensa (IP = > 2).
 Figura 5.. Representación gráfica del comportamiento vegetativo del *A. nepalensis* a los 1890 msnm.

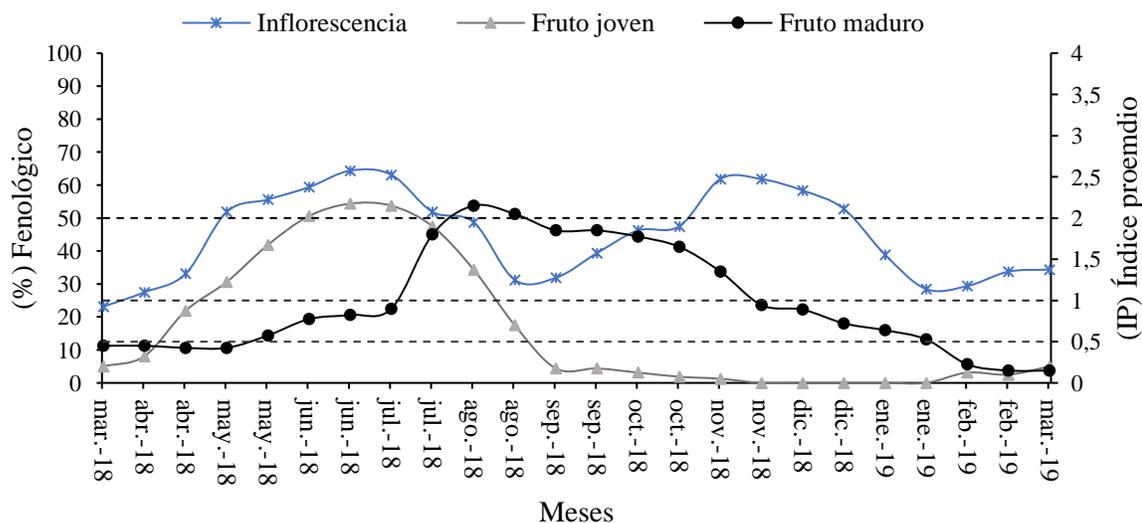
4.1.4 Comportamiento reproductivo a 1890 msnm sector Pucará (sitio 2).

En este sitio el 80 % de los individuos seleccionados permanecieron con inflorescencias todo el tiempo. La fenofase de la floración de la figura 6 muestra un desarrollo de masividad entre media e intensa y con variaciones en la producción. Media fue las más frecuente con una expresión entre 26 y 50 %, mientras que, la intensa se manifestó en los intervalos de (mayo – julio 2018) y (noviembre – diciembre 2018) donde la expresión fenológica presentó valores del 51 y 65 %.

La producción de frutos jóvenes inició a partir de (abril 2018) de masividad baja y una expresión entre el 12,5 y 25 %, pero el desarrollo más importante ocurrió de (mayo – julio 2018),

que de una masividad débil en (mayo 2018) pasó a una intensa en (junio 2018) en este mes la elaboración fue mayor al 50 % y perduro hasta (julio 2018). Luego a partir de (agosto – octubre 2018) la producción de frutos jóvenes decrece considerablemente hasta desaparecer en (noviembre 2018) alargándose hasta (enero 2019), no obstante, de (febrero - marzo 2019) el evento se hace visible nuevamente, con una masividad baja de una producción del 12,5 %.

La fructificación madura llegó a partir de (junio 2018) pero solo con el 20 % de manifestación indicando una masividad débil la cual duró hasta (julio 2018), en (agosto 2018) la maduración ocurre en todos los frutos representando el 55 % lo que significó una masividad intensa de la fenofase, sin embargo, entre (septiembre - noviembre 2018) resto su masividad a media, presentando una maduración se entre el 50 y 30 %, y continuando con una disminución del significativa del evento en los meses restantes, es importante señalar que este sitio frutos secos y sobremaduros de ciclos anteriores persistieron durante meses.



Masividad: baja (IP = < 0.5); débil (IP = 0.5 y <1); media (IP =1 y < 2); intensa (IP = > 2).
 Figura 6. Representación gráfica del comportamiento reproductivo del *A. nepalensis* a los 1890 msnm.

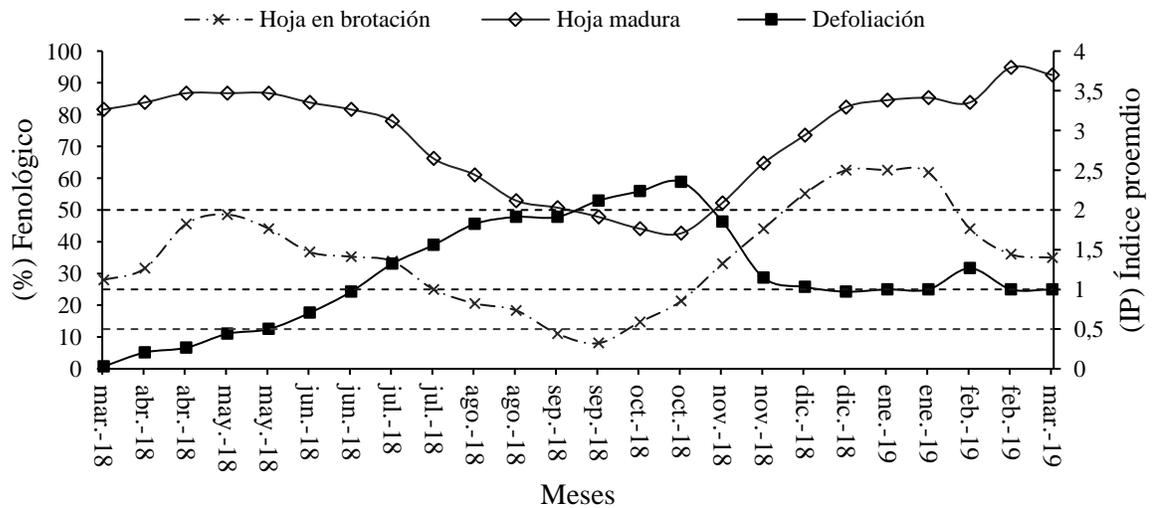
4.1.5 Comportamiento vegetativo a 1406 msnm sector Guagshi (sitio 3).

La figura 7 revela una aparición creciente de hojas nuevas de (marzo – mayo 2018) del 27 al 48 % en una masividad media, luego, en (junio 2018) la fenofase se torna decreciente que en (septiembre 2018) expresó el 12,5 % brotación, que señaló una masividad baja, pero en (octubre

2018) nuevamente se volvió creciente y en (diciembre 2018) la brotación fue 65 % manifestando intensidad que perduró hasta (enero 2019), de (febrero – marzo 2019) la fenofase pierde un 30 % de la producción de hojas nuevas lo que provocó que la masividad se permanezca en media.

La actividad de hojas maduras se desarrolló entre intensa y media. Entre (marzo - junio 2018) y (diciembre 2018 – marzo 2019) la fenofase expresó porcentajes del 80 y 95 %, que indica intensidad. mientras que, la masividad media fue de (julio – noviembre 2018) donde la producción de hojas se redujo considerablemente que en (septiembre – octubre 2018) expreso solo el 40%.

En la fenofase de defoliación, el sitio 3 fue el más afectado que el 1 y 2, la perdida de follaje se desarrolló de manera creciente de (marzo - octubre 2018) que de una masividad baja alcanzó una masividad intensa, dentro de este periodo la intensidad se dio en (septiembre y octubre 2018) donde la caída de hojas fue del 50 y 60 %, pero a partir de (noviembre 2018) la defoliación disminuyó al 27 % manteniendo la categoría de media a (marzo 2019).



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

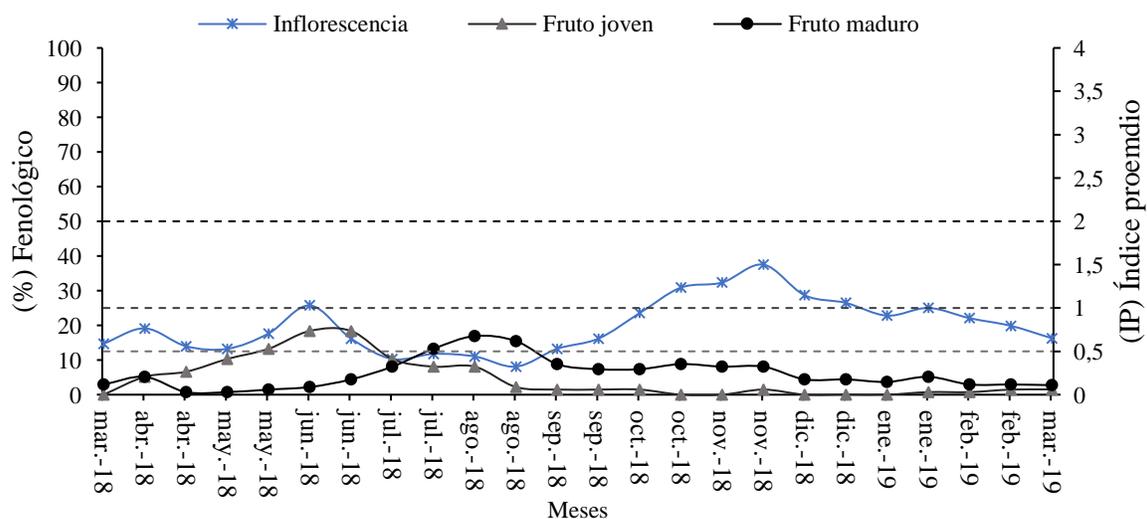
Figura 7. Representación gráfica del comportamiento vegetativo del *A. nepalensis* a los 1406 msnm

4.1.6 Comportamiento reproductivo a 1406 msnm sector Guagshi (sitio 3).

La actividad reproductiva como la floración se vio afectada en su permanencia por los fuertes vientos, a causa de este fenómeno la mayor parte de las inflorescencias se desprendían con facilidad de sus ramitas, al igual que los frutos no alcanzaban su madurez fisiológica.

La aparición de inflorescencias durante (marzo - junio 2018) fue del 12, 5 y 25 % que indica una masividad débil, en (julio 2018) la fenofase decreció aún más y en (agosto 2018) solo se produjo un 8 %, sin embargo, en (septiembre 2018) las inflorescencias se renuevan y en (noviembre 2018) indica una masividad media con un 38 % de producción, luego (diciembre 2018) nuevamente el evento reduce su manifestación y para cuando llegó (febrero 2019) la fenofase expreso solo el 20 % que muestra una masividad débil.

La fructificación no se evidenció en todos los individuos, la fenofase ocurrió en tres meses de (mayo - julio 2018) con una producción del 25 % en una masividad débil, luego los avistamientos de frutos jóvenes no se hicieron presentes la producción se decayó al 0 % hasta el final. Los frutos maduros, se realizó en (agosto - septiembre 2018) con un porcentaje del 25 % de masividad débil. Sin embargo, algunos frutos de ciclos anteriores se mantuvieron en las ramas considerándolos como frutos persistentes a sobremaduros y secos.



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

Figura 8. Representación gráfica del comportamiento reproductivo del *A. nepalensis* a los 1406 msnm.

4.2 Calendario fenológico del *A. nepalensis*.

A continuación, se representa la ocurrencia, desarrollo y duración de los eventos fenológicos del *A. nepalensis* en cada sitio de estudio durante los 12 meses de investigación.

4.2.1 Calendario fenológico del sitio 1 (sector Las Delicias 2812 msnm).

El calendario de la figura 9, muestra una foliación constante e intensa en los doce meses, con una defoliación mínima de (agosto - noviembre 2018), la floración ocurrió (agosto 2018 - febrero 2019), los frutos jóvenes aparecieron de (abril - agosto 2018) y maduraron de julio a noviembre del mismo año, en cuanto a la cosecha de semilla se realizó de (agosto - octubre 2018).

EVENTOS	2018											2019	
	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	
Brotadura de hoja	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Hoja madura	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Defoliación						■	■	■	■	■			
Floración						■	■	■	■	■	■	■	■
Fruto joven		■	■	■	■	■	■	■					
Fruto maduro					■	■	■	■	■	■			
Recolección de semilla						■	■	■	■				
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 %				

Figura 9. Calendario fenológico del *A. nepalensis* sector Las delicias, 2812 msnm.

4.2.2 Calendario fenológico del sitio 2 (sector Pucará 1890 msnm).

El calendario de la figura 10 segundo sitio de estudio expone de igual manera una foliación continua y permanente durante los 12 meses, sin embargo, se observa una defoliación que ocurre entre (agosto - diciembre 2018). La floración siempre estuvo presente en intensidades diferentes, mientras que los frutos nuevos se desarrollaron de (abril - agosto 2018) y maduraron de (julio - noviembre 2018), la cosecha de semilla fue de (agosto - septiembre 2018).

EVENTOS	2018												2019			
	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.				
Brotadura de hoja																
Hoja madura																
Defoliación																
Floración																
Fruto joven																
Fruto maduro																
Recolección de semilla																
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 %											

Figura 10. Calendario fenológico del *A. nepalensis* sector Pucará, 1890 msnm.

4.2.3 Calendario fenológico del sitio 3 (sector Guagshi 1406 msnm).

En la figura 11 se observa que la foliación experimentó una mayor defoliación que los sitios anteriores, esta ocurrió de (junio - diciembre 2018) pronunciándose con mayor fuerza en (octubre - noviembre 2018), en cuanto a la floración se manifestó de (octubre 2018 - enero 2019), la producción de frutos jóvenes se realizó de (abril - julio 2018) continuando con su maduración en (agosto – septiembre 2018) y la cosecha de semilla se presentó de (julio - septiembre 2018).

EVENTOS	2018												2019			
	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.				
Brotadura de hoja																
Hoja madura																
Defoliación																
Floración																
Fruto joven																
Fruto maduro																
Recolección de semilla																
Leyenda																
Brotación	Hoja madura	Defoliación	inflorescencia	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 %											

Figura 11. Calendario fenológico del *A. nepalensis* sector Guagshi, 1406 msnm.

4.3 Potencial productivo del *A. nepalensis*

El diagnóstico del potencial productivo del *A. nepalensis* se realizó de forma particular para cada sitio de estudio, el ensayo se realizó en mes de agosto periodo donde fructificación presento

mayor producción, los datos generales se muestran en el anexo 9, en la tabla 8 se presenta un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla 8

Potencial productivo del A. nepalensis en la zona alta media y baja

Sitios de estudio	N. de frutos por rama	N. de frutos por árbol	N. semillas por árbol	Peso (g) semilla por árbol
Sitio 1, Las Delicias	349 ± 105,9	7485 ± 4000,8	1437240 ± 768166,5	338,4 ± 183,5
Sitio 2, Pucará	307,4 ± 115,1	6892 ± 2403,07	1330228,4 ± 463792,3	315 ± 113,28
Sitio 3, Guagshi	64,5 ± 106,4	1160 ± 2213,565	221552 ± 422790,9	52,5 ± 100,04

La fructificación en el sitio 1 en el periodo de mayor producción presentó 7485 frutos por árbol; en el sitio 2 presentó una producción de 6892 frutos por árbol y en el sitio 3 se manifestó un promedio de 1160 de frutos por árbol.

4.4 Análisis de la semilla del A. nepalensis mediante las normas ISTA

4.4.1 Pureza, peso y contenido de humedad.

Los resultados generales de los ensayos pureza, peso y contenido de humedad se encuentran en el anexo 10, a continuación, en la tabla 9 se presenta un resumen de los resultados obtenidos del análisis de semillas de los tres sitios de estudio.

Tabla 9

Resultados de los ensayos de pureza, peso de 1000 semillas y contenido de humedad

Sitios	% De pureza			Peso 1000 semillas (gr)			Contenido de humedad (%)		
	\bar{X}	±S	CV (%)	\bar{X}	±S	CV (%)	\bar{X}	±S	CV (%)
Sitio 1, Las Delicias 2812 msnm	88,4071	3,5816	4,0512	0,2339	0,0006	0,2456	10,4959	0,2143	2,0417
Sitio 2, Pucará 1890 msnm	90,7138	0,8573	0,9450	0,2353	0,0003	0,1314	10,2609	0,3106	3,0268
Sitio3, Guagshi 1406 msnm	85,8300	0,8230	0,9589	0,2354	0,0009	0,3755	10,8507	0,0956	0,8808

\bar{X} : Promedio; ±S: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación

El porcentaje de pureza de las semillas en los tres sitios se presentó de forma elevada, siendo el sitio 2 Pucará el porcentaje más alto con el 90,71 % de pureza, lo que manifiesta que solo el 9,29 % son restos extraños. El peso de 1000 semillas fue el mismo para los tres sitios de 0,23 g, en cuanto al contenido de humedad la variación no fue significativa destacando el sitio 3 con el 10,85 % de humedad.

4.4.2 Germinación.

Los resultados del porcentaje de germinación para el *A. nepalensis*, mostraron diferencias significativas entre sitios. En la tabla 10 se observa que los individuos de la sitio 2 Pucará tuvieron una germinación del 10,5 % representando el más alto valor de germinación en relación a los tres sitios, seguido por el 8 % del sitio 1 Las Delicias y el menor de todos con el 3 % sitio 3 Guagshi.

Tabla 10

Porcentaje de germinación de las semillas de A. nepalensis de los tres sitios de estudio.

Sitios	Semillas sembradas	Semillas germinadas	% germinación	±S	CV (%)
Sitio 1, Las Delicias 2812 msnm	400	32	8	1,4142	4,419417
Sitio 2, Pucará 1890 msnm	400	42	10,5	2,8868	6,873217
Sitio 3, Guagshi 1406 msnm	400	12	3	1,4142	11,78511

±S: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación

La curvatura de la germinación de las semillas se representa en la figura 12 donde describe que la germinación de los sitios 1 y 2 inició en el sexto día y ascendió hasta el doceavo día donde se estabilizó al 8 y 10,5 % respectivamente en los días siguientes hasta el vigésimo el porcentaje de germinación se mantuvo igual, en cuanto al sitio 3 la germinación se realizó en cuatro días, desde el octavo hasta el onceavo día que alcanzó un porcentaje del 3 % y se mantiene así hasta el final.

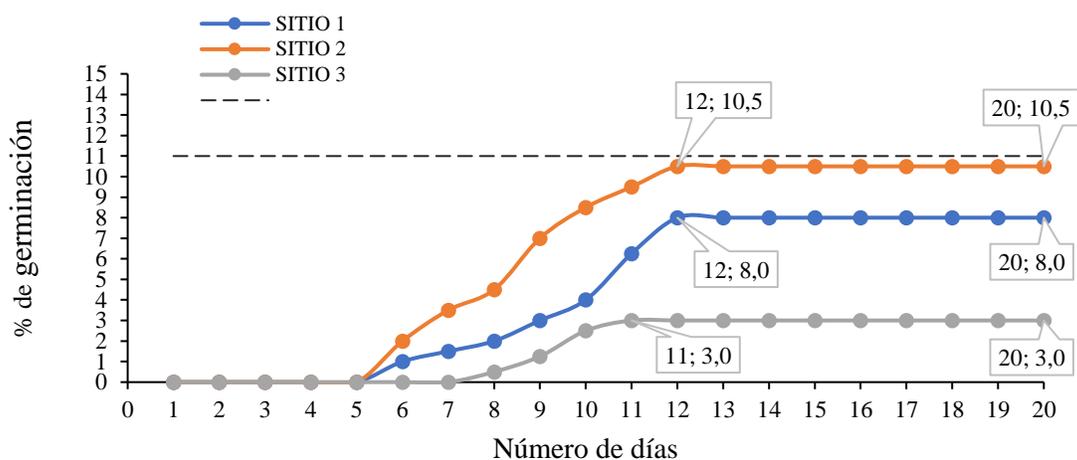


Figura 12. Curva de germinación de las semillas del *A. nepalensis*.

4.5 Discusión

En el apartado de la discusión es importante hacer mención que es el primer estudio fenológico a detalle de la especie *A. nepalensis* en el Ecuador, la poca de la información que existe no especifica el comportamiento fenológico de la especie durante un año.

- Fenología vegetativa

El desarrollo de la fenología vegetativa de la especie *A. nepalensis* presentó patrones de similitud entre los tres sitios de estudio.

Los eventos fenológicos de hoja en brotación, hoja madura, y defoliación se presentaron durante toda la fase de investigación, pero con diferentes masividades. La brotadura de hojas en los tres sitios se desarrolló de manera exponencial en dos etapas de abril a junio y noviembre a febrero. Mientras que, la producción de hojas maduras en los tres sitios siempre estuvo presente, aunque en el periodo de agosto a noviembre presencié variaciones evidentes en su manifestación, estos resultados difiere con Shrestha, Jha, y Uprety, (2008), en su estudio fenológico de ocho especies leñosas realizado en el jardín de Kirtipur mencionan que, para el *A. nepalensis* la brotación de hoja se realiza en marzo y la producción de hojas maduras de marzo a septiembre. 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.

Pero Kramer y Kolowski (1979) menciona que, 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.

La defoliación durante la investigación registro los porcentajes más bajos en los tres sitios de estudios con variaciones en su manifestación, la más expresiva se realizó de julio a noviembre, es muy importante mencionar que esta fenofase se presentó en hojas secas, decoloradas, y verdes, resultados que concuerda con kikim y Yādava, (2001) el cual menciona que para el *A. nepalensis* la defoliación es continua con hojas siempre verdes. Mientras que, Shrestha, Jha, y Uprety, (2008) afirma una defoliación de enero a marzo en *A. nepalensis*.

- Fenología de reproducción

Respecto a las etapas de reproducción el comportamiento fenológico en relación con los tres sitios de estudio no se distinguió ningún patrón de similitud en su desarrollo.

La fenofase de inflorescencias en el sitio 1 se manifestó en un periodo de agosto a febrero, en el sitio 2 se presentó de mayo a enero y en el sitio 3 ocurrió septiembre a diciembre. La variabilidad de la floración no concuerda con la descripción realizado por Orwa et al, (2009) sobre la botánica y biología del *A. nepalensis*, el cual menciona que en India y China los amentos se producen en septiembre y octubre, mientras que en Nepal es de septiembre a noviembre, y a la vez se diferencia con Shrestha, Jha, y Uprety, (2008) que afirma una floración en el mes julio. Por otra parte, Harrington, Chandler, DeBell, y Schopmeyer, (2008) en su estudio del genero *Alnus* en Hawaii menciona que, el inicio de la floración para los alisos rojos y europeos ocurre durante finales de junio o julio donde las flores masculinas y femeninas se convierten en amentos que se alargan a fines del invierno o principios de la primavera y maduran en las ramitas del año anterior.

La fructificación, mostro una tendencia similar en los tres sitios, con diferencias en la carga de los frutos. La producción de frutos jóvenes se realizó de abril a agosto y la maduración ocurrió de agosto a noviembre, los resultados se diferencian con el estudio de Orwa et al, (2009) donde

afirma que la aparición de los conos nuevos (Nepal) se visualizó entre diciembre y marzo, y maduran en diciembre (China), en cuanto Harrington et al., (2008) indica una maduración de frutos de octubre a febrero (Hawaii) resultados que concordaron con Shrestha, Jha, y Uprety, (2008) donde manifiesta una fructificación en octubre. 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, Alvin citado por 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.

- Potencial productivo de las semillas de *A. nepalensis*.

La producción de frutos en el sitio 1 y 2 presentaron rendimientos altamente significativos, esto se debe a que el 80 y 90 % respectivamente de los individuos seleccionados que llegaron a fructificar, mientras que, en el sitio 3 manifestó una baja producción, ya que solo 40 % de los individuos llegó a completar la etapa de fructificación, es importante mencionar que, en el sitio 3 la mayor parte de las inflorescencias tendía a desprenderse por un factor climático el viento, zona que presentó vientos intensos durante todo el año, Marquéz, (2007) explica que, los factores que inducen a la floración pueden verse afectados por la densidad del arbolado, la fertilidad del suelo, la edad, tamaño de los árboles, predisposición genética, la topografía y exposición; a esto se agregan los riesgos de plagas, enfermedades, depredación y eventos climáticos como nevadas, granizo, vientos fuertes entre otros.

En cuanto a la desviación estándar se puede constatar en los resultados presenta valores elevados, Aponte y Sanmatin, (2011) explica que, una elevada desviación estándar es causada por una variabilidad en la producción individual, y eso se debe a la disponibilidad y competencia de recursos para producción de frutos o los ciclos endógenos.

- Analisis de la semillas del *A. nepalensis*

Los analisis relizados a la semilla de *A. nepalensis* en los resultados obtenidos muestra que el porcentaje de pureza en los tres sitios es mayor al 80 %, esto se debe a que los frutos fueron recolectados directamente de la copa y la extracción de la semilla se realizó a decuadamente con la ayuda de tamises de diferentes diametros, Poulsen citado por Urretavizcaya et al, (2016), menciona que un alto porcentaje de pureza en las semillas representa un alto rendimiento en la produccion de plantas lo que permite una excelente planificación de siembra en el vivero, en cuanto al contenido de humedad del *A. nepalensis* no fue mayor al 12 % en los tres sitios de sestudio, Willan, (1991) expone que un contenido de humedad bajo reduce la respiración de la semilla, y con ello se desacelera el envejecimiento de la semilla y se prolonga su viabilidad. La germinación se realizó en condiciones de laboratorio y los resultados obtenidos manifiestan un bajo porcentaje con variaciones significativas entre los tres sitios, la germinación empezó a partir del 6 - 8 día y se completó en el día 12 con una temperatura de 23°, Thapliyal, (1991) en el estudio de germinación y longevidad del *A. nepalensis* y *A. nítida* la germinación comenzó en el día 7 y se completó en el día 28 a una temperatura de 25 °C. También menciona que existió variaciones en la germinación y que la deficiente de esta fue principalmente por semillas huecas y embrión podrido.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La caracterización fenológica del *A. nepalensis* en los tres sitios demuestra que, la especie es perennifolia según el comportamiento vegetativo, con manifestación diferenciada en cuanto a la masividad de las fenofases, mientras que, la actividad reproductiva se diferencia en duración y masividad en relación con sus fenofases.

Los calendarios fenológicos para cada sitio según la altitud constatan que la mayor diferenciación se presenta para las fenofases reproductivas, se inicia la floración más tempranamente en el sitio medio siendo el más tardío el sitio de mayor altitud.

La calidad de la semilla en relación con los tres sitios muestra que el sitio medio mostró los valores más elevado en pureza y poder germinativo, seguido por el sitio alto y luego el sitio bajo.

5.2 Recomendaciones

Seleccionar individuos que tengan características de un árbol semillero, las observaciones realizar con un equipo óptimo de gran resolución y para asegurar la información observar a los individuos aledaños a los seleccionados.

Para certificar un calendario fenológico es necesario continuar con el seguimiento de la especie, para comprobar y entender el comportamiento fenológico año tras año, así como también asociar la información con parámetros ambientales como temperatura y precipitación ya que en los siguientes años pueden presentar variaciones en estos factores.

Para el análisis de semilla se recomienda utilizar semillas frescas no mayor a dos semanas de cosecha y para extracción secar al sol por dos días y luego a la sombra por 3 días.

CAPITULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Harrington, C., Chandler Brodie, L., DeBell, D., y Schopmeyer, C. (2008). *Alnus P. Mill. alder. The woody plant seed manual*, 232-242.
- Ortega Loja, C. B., y Guanuche Caiminagua, S. E. (2016). *Fenología de seis especies forestales y calidad de semillas en dos bosques altoandinos del Macizo del Cajas, provincia del Azuay*". Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Paz Pellat, F., y Dominguez Casiano, M. (2018). Patrones espectrales de la fenología del desarrollo vegetativo y reproductivo de arboles de huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.). *Terra Latinoamericana*, 36(4), 394-400.
- Shrestha, B. B., Jha, S. K., y Uprety, Y. (2008). Phenology and water relations of eight woody species in the Garden of Kirtipur, central Nepal. *Imalayan Journal of Sciences*, 4, 49-55.
- Van Vliet, A., de Groot, R., Braun, P., Bruegger, R., Bruns, E., Clevers, J., . . . Sparks, T. (2003). The European Phenology Network. *International Journal of Biometeorology*, 47, 202-2012.
- Ahas, R., Jaagus, J., y Aasa, A. (2000). The phenological calendar of Estonia and its correlation with mean air temperature. *Int J Biometeorol*, 159–166.
- AmazoniaForestal. (2011, Octubre). *BosqueNatural.org*. Retrieved from [BosqueNatural.org: https://amazoniaforestal.blogspot.com/2011/10/la-fenologia.html?showComment=1556599503548#c3328958203756606111](https://amazoniaforestal.blogspot.com/2011/10/la-fenologia.html?showComment=1556599503548#c3328958203756606111)
- Añazco, M. (2000). *Selección de especies y manejo de semillas*. Quito: Camaren.

- Aponte Correa , R. V., y Sanmatin Bermejo, J. C. (2011). *Fenología y ensayos de germinación de diez especies forestales nativas, con potencial productivo maderable y no maderable del bosque protector el bosque de la parroquia San Pedro de Vilcabamba, Loja*. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador de 2007, A. (2008). *Constitución de la República 2008*. Quito: Semplades.
- Cabrera, N. S. (2012). *Análisis del comportamiento del aliso *Alnus nepalensis* D. DON, asociado con *Brachiaria decumbens* Staff y pasto miel *Setaria sphacelata* (Schumach) Staff y C. E. Hubb y pasturas en monocultivo*. Ibarra: UTN.
- Cairnis, M. (2004). *Voces desde el Bosque integrando el conocimiento indígena en la agricultura sustentable de tierras altas*. Washintogn D.C.: USA.
- Cara García, J. A. (2006). La observación fenológica en agrometeorología. *Ambienta*, 64-69.
- Castillo, N. S. (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*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Cevallos Rondón, J. L. (2017). *Determinación de la ubicación geográfica de *Alnus nepalensis* D. Don en la zona de Intag noroccidente del Ecuador*. Ibarra: UTN.
- Cuevas, C. (1996). Análisis de la calidad física de semillas forestal. In F. Mesén, Y. Rodríguez, y A. Sánchez, *Primer seminario nacional sobre mejoramiento genético y semillas forestales* (pp. 49-55). Santo Domingo: Turrialba.
- Duke, J. A. (1993). *Manual de cultivos energéticos*. Retrieved Diciembre 12, 2017, from Manual de cultivos energéticos: https://translate.google.com.ec/translate?hl=es-419ysl=enyu=https://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Alnus_nepalensis.htmlyprev=search

- Fen, X. (2005, noviembre 25). *chinaforestry*. Retrieved from chinaforestry: <http://chinaforestry.net/zxzx/view1.aspx?id=2462#>
- Ferewood Crops. (1980). *Ferewood Crops Shrub and Trees species for Energy Production*. Washintong, D.c.: National Academy of sciences.
- García, L. C. (1997). *Estudio fenológico y de crecimiento de once especies leñosas del matorral Espinoso Tamaulipeco en Linares, Nuevo León, Mexico*. Linares: Universias Autonomia de Nuevo León.
- Gómez Restrepo , M. L. (2010). *Fenología reproductiva de especies forestales nativas presentes en la jurisdicción de Corantoquia, un paso hacia su conservación*. Medellín: Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, Corantoquia.
- Hechavarría Kindelán, O. (2009). *Contribución de la fenología a la conservación de tres especies forestales en Tope de Collantes*. Pinar del Río: Universidad de Pinar del Rio.
- Hopp, R. J. (1974). Plant Phenology Observation Networks. *Phenology and Seasonality Modeling*, 1-2.
- ISTA. (2019, 12 17). *Asociación Internacional de Pruebas de Semillas - ISTA*. Retrieved from Asociación Internacional de Pruebas de Semillas - ISTA: <https://www.seedtest.org/en/home.html>
- Jácome, G. D. (2017). *Efectos alelopáticos de *Alnus nepalensis* D. DON en cuatro cultivos agrícolas de importancia socioeconomica en la zona de Intag, noroccidente del Ecuador* . Ibarra: UTN.
- Jijon, W., y Torres, K. (2008). *Fenología de cinco especies forestales en el bosque natural del cantón Mocache y parcelas establecidas en la represa Daule-Peripa*. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

- Joker, D. (2000). *Alnus nepalensis* D. Don. *Seed Leaflet*, 1-2.
- kikim, A., y Yādava, P. (2001). Phenology of tree species in subtropical forests of Manipur in north eastern India. *Tropical Ecology*, 269-276.
- kramer, J. P., y Kozlowski. (1979). *Physiology of woody plants*. San Diego: Academic Press, INC.
- Lallana, V., Garcia, L., y Elizalde, J. (2011). *Unidad Temática 11: Germianción*. Oro Verde, Parama: Universidad Nacional de Entre Ríos .
- Larrea , C., Belmont, P., Paguay, J., Walter, M., y Latorre, S. (2013, Diciembre 5). *Íntag, un paraíso escondido en imbabura*. Barcelona : Universidad Andina Simón Bolívar, Universidad Autónoma de Barcelona.
- Lieth, H. (1973). Phenology in Productivity Studies . *Analysis of Temperate Forest Ecosystems*, 4-5.
- Manzano, M. J. (2016). *Salud en los bosques*. Navarra: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Márquez Ramírez, J. (2007). *Potencial y eficiencia de producción de semillas como indicadores del amnejo de Pinus oaxacana Mirov*. Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Marquéz Ramírez, J. (2007). *Potencial y eficiencia de producción de semillas como indicadores del manejo de Pinus oaxacana Mirov*. Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Márquez Ramírez, J., Alba-Landa, J., Mendizábal-Hernández, L. d., Ramírez-García, E. O., y Cruz-Jiménez, H. (2010). La fenología reproductiva y el manejo de los recursos forestales. *Foresta Veracruzana*, 35-38.
- Menzel, A. (2002). Phenology: Its Importance to the Global Change Community. *Climatic Change*, 379-385.

- Ochoa Gaona, S., Pérez Hernández, I., y de Jong, B. (2008). Fenología reproductiva de las especies arbóreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*, 657-673.
- Orwa , C., Mutua, A., Kindt , R., Jamnadass , R., y Anthony, S. (2009). *Alnus nepalensis* D. Don. *Agroforestry Database 4.0*, 1-5.
- Pérez L., C. A., Villalba , J. C., y Almanza, M. I. (2013). Fenología del Roble (*Quercus humboldtii* bonpland) en Popayán (Cauca, Colombia). *Biotenología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* , 145-154.
- Poulsen, C. (1993). Concepto, Medición y métodos para incrementar la calidad de la semilla . *Danida Forest Seed Centre*, 1-14.
- Quijada, M., Valera, L., y Garay , V. (2017). Normas Principales para las Pruebas Rutinarias de Semillas Forestales (Basadas en Normas Internacionales ISTA). *Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida*., 1-6.
- Quintero, R. (2010, Junio 7). *Agrometeorología*. Retrieved from Agrometeorología: <http://agrometeoromaluly.blogspot.com/2010/06/fenologia.html>
- República del Ecuador Consejo Nacional de la Planificación, (. (2017). *El Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021*. Riobamba: Semplades.
- Rodríguez Ortíz, P. (2016). La floración . *Infobiología* .
- Samaniego Rojas, C., Ordóñez Gutierrez, O., Prado Rodríguez, L., y Morocho Mayancela, M. (2015). *Fuentes semilleras y semillas forestales nativas de Loja y Cañar: participación social en el manejo*. Loja: FOSEFOR.

- Sánchez, A., y Latorre, F. (2011, Julio 19). Floración de especies arbóreas urbanas y concentración de polen en el aire de diamante (entre Ríos, Argentina). *Scientia Interfluvius*, 2, 7-19.
- Thapliyal, R. (1991, Abril 4). *The Indian forester*. Retrieved from The Indian forester: <http://www.indianforester.co.in/index.php/indianforester/article/view/8608>
- Urretavizcaya, M. F., Contardi, L., Oyharçabal, M., y Pasquini, M. (2016). Calidad de semillas de especies nativas del bosque andino patagónico de la provincia de Chubut y su importancia para la producción de plantines. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 9-18.
- Vázquez Ramírez, J. (2014). *Fenología reproductiva de las comunidades vegetales del parque nacional Cofre de Perote, Veracruz; México*. Xalapa: Universidad de Veracruzana.
- Varela Jácome, G. D. (2017). *Efectos de alelopáticos de *Alnus nepalensis* D. Don en cuatro cultivos agrícolas de importancia socioeconómica en la zona de Íntag, noroccidente del Ecuador*. Ibarra : Universidad Técnica del Norte .
- Vázquez, C., Orozco, A., Rojas, M., Sánchez, M., y Cervantes, V. (1997). *La reproducción de las plantas: semillas y meristemos*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Wielgolaski, F.-E. (1974). Phenology in Agriculture. *Phenology and Seasonality Modeling, VIII*, 369-381.
- Willan, R. (1991). *Guía para la manipulación de semillas forestales*. Roma: FAO.
- Willis, C., Ellwood, E., Primack, R., Davis, C., Pearson, K., Gallinat, A. S., . . . Soltis, P. (2017). Old Plants, New Tricks: Phenological Research Using Herbarium Specimens. *Trends in Ecology y Evolution*, 32, 531-546. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/316591008_Old_Plants_New_Tricks_Phenological_Research_Using_Herbarium_Specimens.

CAPITULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Ubicación y numeración de la especie *A. nepalensis* mediante la localización y delimitación del área de estudio en el sitio 1, sector Las Delicias a 2812 m.s.n.m.

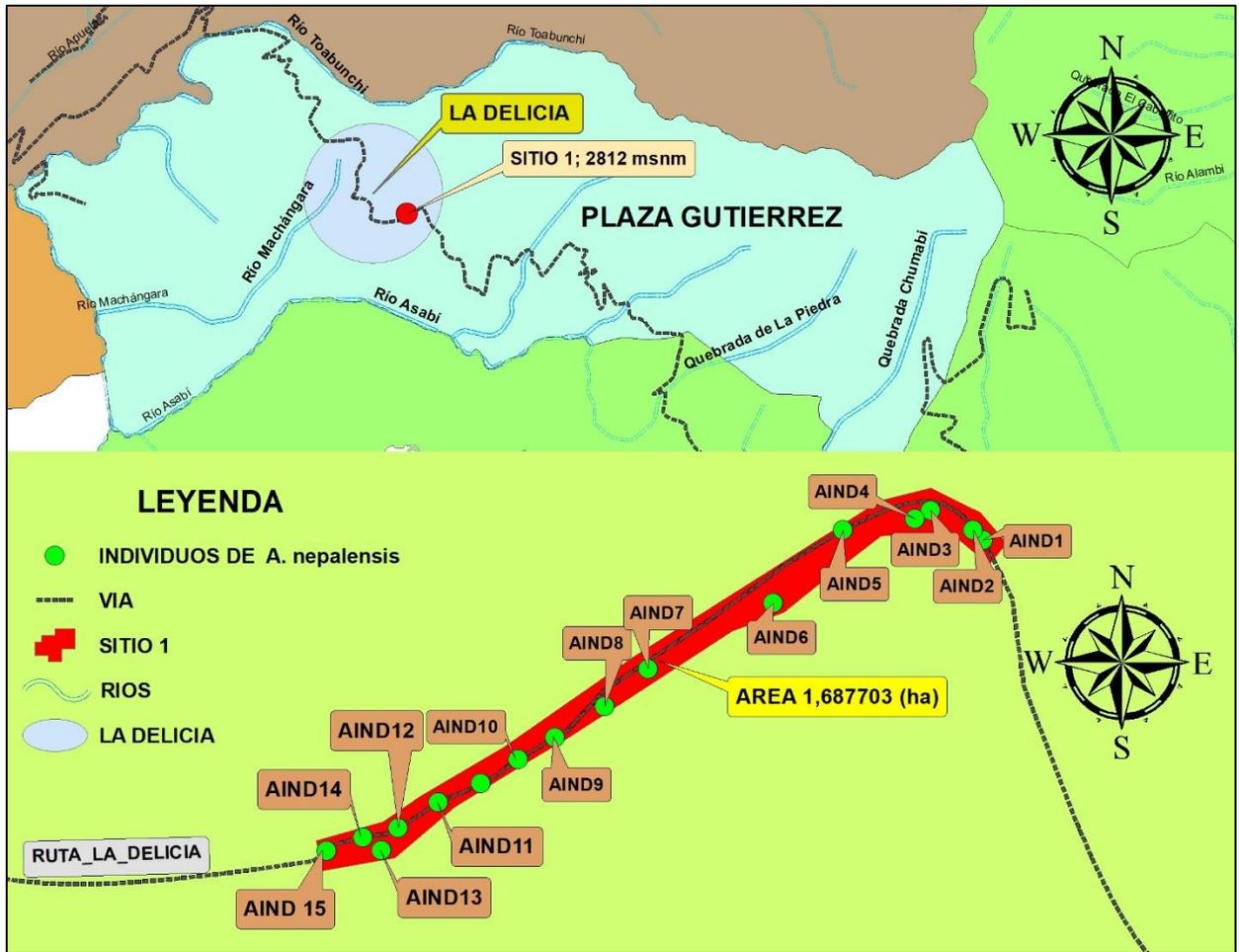


Figura 13. Mapa de ubicación del área de estudio, sitio 1.

Anexo 2. Ubicación y numeración de la especie *A. nepalensis* mediante la localización y delimitación del área de estudio en el sitio 2, sector Pucará 1890 m.s.n.m.

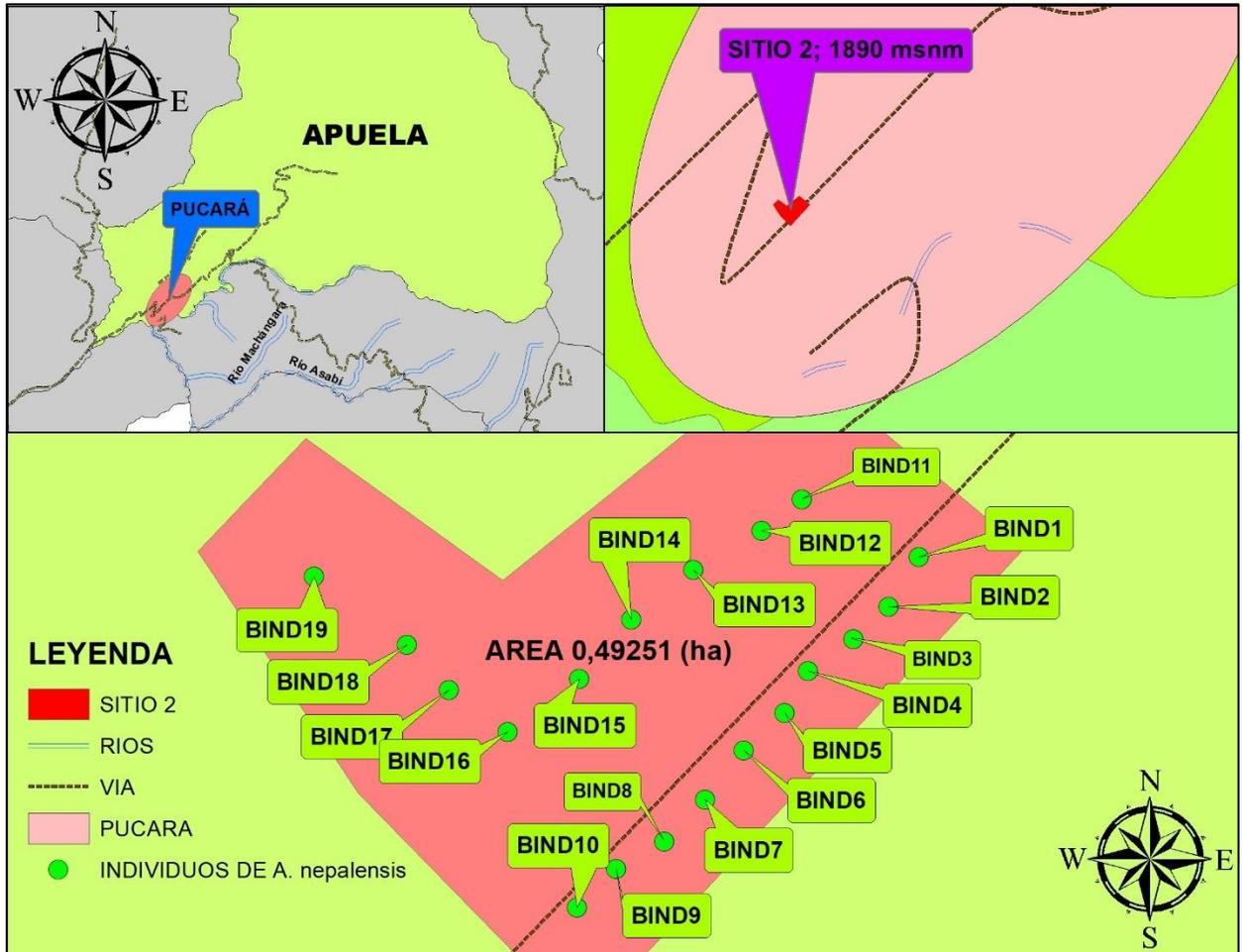


Figura 14. Mapa de ubicación del área de estudio, sitio 2

Anexo 3. Ubicación y numeración de la especie *A. nepalensis* mediante la localización y delimitación del área de estudio en el sitio 3, sector Guagshi 1406 m.s.n.m.

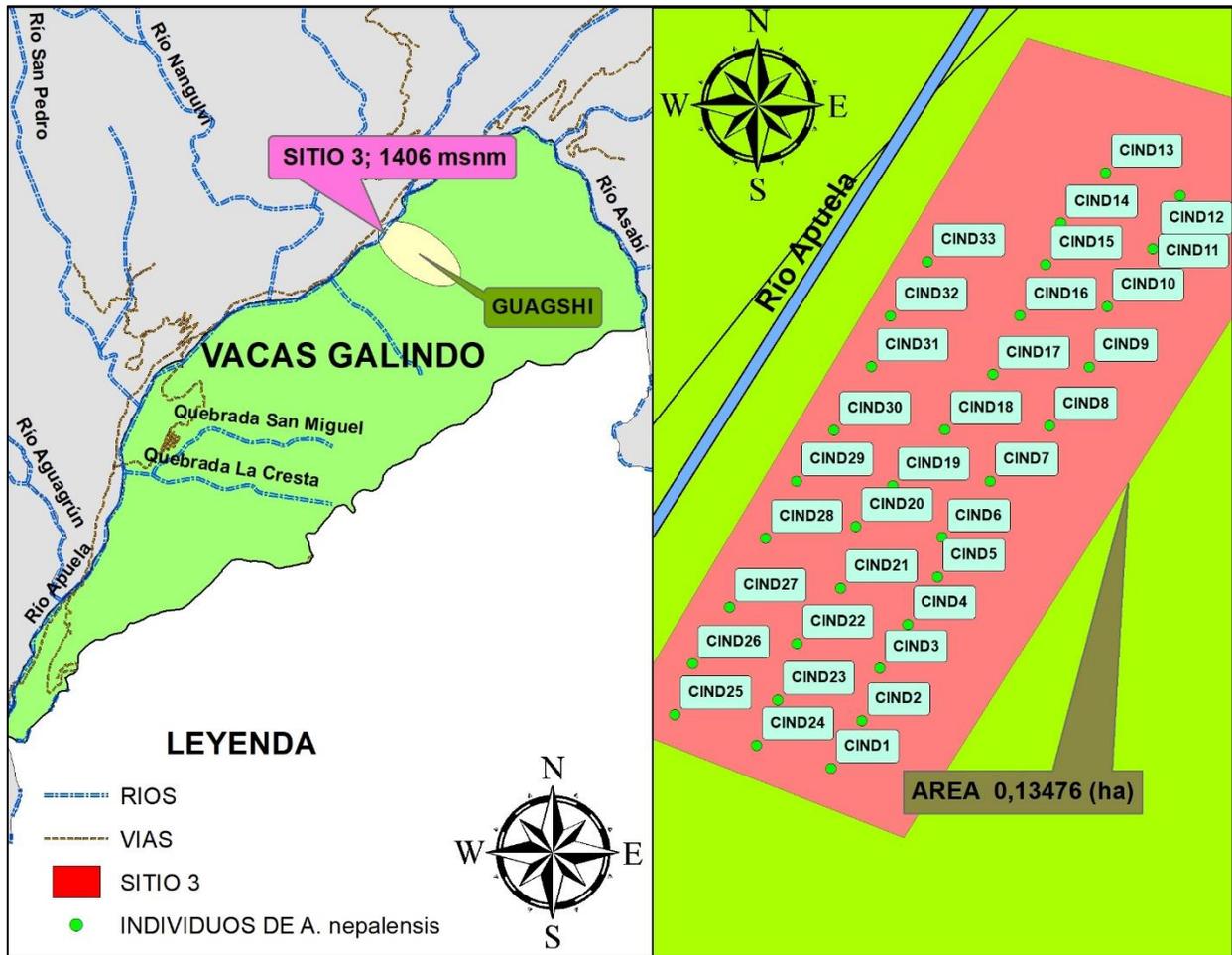


Figura 15. Mapa de ubicación del área de estudio, sitio 3

Anexo 4. Formulario de evaluación de los individuos de *A. nepalensis* para la selección.

Nombre del evaluador					carácter	Criterios	P.
Fecha					Forma del fuste	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	Angulo de inserción de las ramas	De 60° a 90°	3
						De 30° a 60°	2
						De 0° a 30°	1
1					Forma de la copa	Columnar	4
2						Semicolumnar	3
3						Columnar irregular	2
4						Pocas ramas	1
5					Estado sanitario	100 % sano	4
6						75 % sano	3
7						50 % sano	2
8						25 % sano	1

Fuente: Samaniego Rojas, Ordóñez Gutierrez, Prado Rodríguez, y Morocho Mayancela, (2015)

Anexo 5. 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					
Sitio 1, sector Las Delicias 2812 msnm																																					
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																							
sitio 2, sector Pucará 1890 msnm																																					
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																				
Sitio 3, sector Guagshi 1406 msnm																																					
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 6. Datos dasométricos y ubicación geográfica de los individuos seleccionados para la evaluación fenológica de *A. nepalensis*.

Anexo 7. Datos dasométricos y ubicación geográfica de los individuos seleccionados para la evaluación fenológica de *A. nepalensis*.

SITIO 1	Parroquia Plaza Gutiérrez 2812 m. s. n. m. sector Las Delicias									
N#	AIND1	AIND2	AIND3	AIND4	AIND5	AIND6	AIND7	AIND8	AIND9	AIND10
D. A. P. (m)	0,24	0,22	0,26	0,35	0,25	0,27	0,29	0,29	0,25	0,28
D. copa (m)	7,2	7,3	9,4	7,8	8,8	7,4	8,5	8,5	8,6	7,85
H. total (m)	14	14	15	16	17	16	17,5	17	15	14
x	785193	785185	785151	785138	785080	785024	784888	784888	784710	784676
y	10038673	10038681	10098697	10038690	10038681	10038622	10038539	10038539	10038422	10038420
SITIO 2	Parroquia Apuela 1890 m. s. n. m. sector Pucará									
N#	BIND1	BIND2	BIND3	BIND4	BIND5	BIND6	BIND7	BIND8	BIND9	BIND10
D. A. P (m)	0,42	0,46	0,28	0,37	0,4	0,38	0,28	0,31	0,32	0,38
D. copa (m)	8,5	8	7,4	7,1	6,5	7,9	7,2	6	7,3	7,45
H. total (m)	23	24	20	22	22	23	19,5	18	20	21
x	777994	777998	777971	777985	777975	777967	777971	777958	777967	777983
y	10039713	10039713	10039713	10039711	10039697	10039683	10039694	10039705	10039714	10039726
SITIO 3	Parroquia Vacas Galindo 1406 m. s. n. m. sector Guagshi									
N#	CIND1	CIND2	CIND3	CIND4	CIND5	CIND6	CIND7	CIND8	CIND9	CIND10
D. A. P. (m)	0,38	0,54	0,35	0,25	0,36	0,4	0,31	0,46	0,28	0,38
D. copa (m)	7,9	8	7	6,5	6,6	6,3	5,9	8,5	6,2	5,4
H. total (m)	22	20	21	18	18	21	20	22	19	21
x	774679	774682	774680	774677	774684	774685	774694	774704	774685	774682
y	10037371	10037372	10037376	10037385	10037380	10037384	10037401	10037405	10037412	10037391

Anexo 8. Formulario para el registro de datos fenológicos quincenales individual.

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 9. Matriz para determinar el índice promedio quincenal de cada sitio

FECHA																									
# DE MEDICIÓN																									
ALTITUD																									
SITIO Y SECTOR																									
ÍNDICE PROMEDIO QUINCENAL																									
IND. CÓDIGO	INFLORESCENCIA				F. JOVEN				F. MADURO				H. BROTAÇÃO				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																									
suma	0				0				0				0				0				0				
IP	0				0				0				0				0				0				

Anexo 10. Datos generales del potencial productivo del *A. nepalensis* en los tres sitios.

ESTRATO	# Racimos/Rama						Prom # racimos por rama	Prom. # fruto por rama	# ramas con frutos	# frutos/árbol (NFT)	# semillas / fruto	# semillas / árbol	peso (g) de semillas muestra	# frutos de la muestra	peso semillas / árbol (g)
	ALTO		MEDIO		BAJO										
sitios _ individuo	R1	R2	R3	R4	R5	R6									
sitio 1_AIND1	28	25	36	45	80	90	50,7	354,7	15	5320,0	192,0	1021440,0	0,8082	18,0	238,9
sitio 1_AIND2	20	28	23	33	45	35	30,7	214,7	17	3649,3	192,0	700672,0	0,8111	18,0	164,4
sitio 1_AIND6	125	50	60	15	130	26	67,7	473,7	27	12789,0	192,0	2455488,0	0,821	18,0	583,3
sitio 1_AIND9	95	55	40	20	50	45	50,8	355,8	23	8184,2	192,0	1571360,0	0,8072	18,0	367,0
promedio							50,0	349,7	20,5	7485,6	192,0	1437240,0	0,8	18,0	338,4
desviación estándar							15,133	105,93	5,508	4000,87	0	768166,5	0,0063	0	183,4598
sitio 2_BIND4	55	45	102	60	50	60	62,0	434,0	18	7812,0	193,0	1507716,0	0,8193	18,0	355,6
sitio 2_BIND6	25	35	25	36	18	13	25,3	177,3	20	3546,7	193,0	684506,7	0,7993	18,0	157,5
sitio 2_BIND7	30	25	35	30	50	45	35,8	250,8	28	7023,3	193,0	1355503,3	0,8259	18,0	322,3
sitio 2_BIND1	47	36	57	39	65	71	52,5	367,5	25	9187,5	193,0	1773187,5	0,8317	18,0	424,5
promedio							43,9	307,4	22,8	6892,4	193,0	1330228,4	0,8	18,0	315,0
desviación estándar							16,445	115,12	4,573	2403,07	0	463792,3	0,01411	0	113,286
sitio 3_CIND2	3	2	2	2	1	1	1,8	12,8	4	51,3	191,0	9804,7	0,8115	18,0	2,3
sitio 3_CIND3	9	10	25	25	65	58	32,0	224,0	20	4480,0	191,0	855680,0	0,8137	18,0	202,5
sitio 3_CIND6	0	3	5	1	2	2	2,2	15,2	6	91,0	191,0	17381,0	0,8511	18,0	4,3
sitio 3_CIND8	0	1	0	1	0	3	0,8	5,8	3	17,5	191,0	3342,5	0,8101	18,0	0,8
promedio							9,2	64,5	8,3	1160,0	191,0	221552,0	0,8	18,0	52,5
desviación estándar							15,205	106,44	7,932	2213,56	0	422790,9	0,01972	0	100,0367

Anexo 11. Datos generales de los ensayos de pureza, peso y contenido de humedad de las semillas del *A. nepalensis*.

PORCENTAJE DE PUREZA (%)										
sitios	Peso total de la muestra (gr)		Peso semillas puras (gr)		%P.1	%P.2	% P - Sp	\bar{X}	$\pm S$	CV (%)
	sub. m.1	sub. m.2	sub. m.1	sub. m.2						
Las Delicias 2812 msnm	10,13	10,56	9,34	9,47	92,20	89,68	90,94	88,407	3,5816	4,051
	10,17	10,73	8,33	9,64	81,91	89,84	85,87			
Pucará 1890 msnm	10,4	10,12	9,74	8,76	93,65	86,56	90,11	90,714	0,8573	0,945
	10,01	10,03	9,4	8,9	93,91	88,73	91,32			
Guagshi 1406 msnm	10,94	10,3	8,87	9,21	81,08	89,42	85,25	85,830	0,8230	0,959
	10,78	10,56	9,3	9,14	86,27	86,55	86,41			

sitios	PESO (gr)								Prom.	peso 1000 semillas	\bar{X}	$\pm S$	CV (%)
	sub. 1	sub. 2	sub. 3	sub. 4	sub. 5	sub. 6	sub. 7	sub. 8					
Las Delicias 2812 msnm	0,0222	0,0225	0,0228	0,0234	0,0223	0,0228	0,0257	0,0251	0,0234	0,2335	0,234	0,0006	0,246
	0,0230	0,0226	0,0235	0,0236	0,0232	0,0233	0,0242	0,0242	0,0234	0,2343			
Pucará 1890 msnm	0,0237	0,0226	0,0241	0,0238	0,0241	0,0238	0,0227	0,0233	0,0235	0,2351	0,235	0,0003	0,131
	0,0242	0,0237	0,0241	0,0239	0,0241	0,0231	0,0226	0,0229	0,0236	0,2356			
Guagshi 1406 msnm	0,0246	0,0248	0,0241	0,0240	0,0241	0,0223	0,0224	0,0225	0,0236	0,2360	0,235	0,0009	0,376
	0,0234	0,0237	0,0235	0,0237	0,0232	0,0226	0,0241	0,0238	0,0235	0,2348			

PORCENTAJE DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)											
Sitios	Sub. 1			sub. 2			% CH	\bar{X}	$\pm S$	CV (%)	
	Pi	Ps	% CH sub.1	M1	M2	% CH sub.2					
Las Delicias 2812 msnm	5,01	4,50	10,14	5,00	4,44	11,16	10,65	10,496	0,2143	2,042	
	5,00	4,51	9,84	5,00	4,46	10,85	10,34				
Pucará 1890 msnm	5,00	4,52	9,55	5,01	4,48	10,54	10,04	10,261	0,3106	3,027	
	5,01	4,50	10,27	5,01	4,47	10,69	10,48				
Guagshi 1406 msnm	5,02	4,47	10,99	5,01	4,46	10,84	10,92	10,851	0,0956	0,881	
	5,01	4,48	10,57	5,00	4,45	11,00	10,78				

Anexo 12. Etapas del proceso de caracterización del *A. nepalensis* en el campo.



Figura 17. Ubicación y localización de los 3 sitios de estudio, 2812, 1890 y 1406 m.s.n.m.



Figura 16. Selección de los individuos de *A. nepalensis* mediante el método Delphi en cada sitio de estudio



Figura 18. Etiquetado de los individuos seleccionados para la evaluación fenológica del *A. nepalensis* en cada sitio de estudio.



Figura 19. Toma de los datos dasométricos de los individuos seleccionados.



Figura 20. Observaciones del comportamiento fenológico del *A. nepalensis* en cada sitio de estudio



Figura 21. Fotografías de las inflorescencias y frutos del *A. nepalensis*

Anexo 13. Etapas del proceso de análisis de semillas del *A. nepalensis*



Figura 24. Envasado y transporte de la semilla al laboratorio de biotecnología forestal UTN.

Figura 23. Secado y extracción de la semilla

Figura 22. Recolección de la semilla de *A. nepalensis*



Figura 258. Ensayo de germinación

Figura 267. Ensayo de contenido de humedad

Figura 27. Ensayo de peso

Figura 285. Ensayo de pureza