



Universidad Nacional de Loja

**Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales
Renovables**

Carrera de Ingeniería Forestal

**Evaluación de la fisiología reproductiva y calidad de semillas de
Wilco (*Anadenanthera colubrina*) a nivel de laboratorio, usando
las Normas ISTA.**

*Tesis de grado previa a la obtención del
título de Ingeniera Forestal.*

AUTORA:

Génesis Balbina Castillo Guamán

DIRECTOR:

1859

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

LOJA – ECUADOR

2020

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

CERTIFICACIÓN

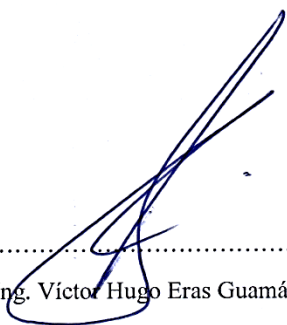
Ing. Víctor Hugo Eras Guamán Mg. Sc

DIRECTOR DE TESIS

En Calidad de director de la tesis titulada “**Evaluación de la fisiología reproductiva y calidad de semillas de Wilco (*Anadenanthera colubrina*) a nivel de laboratorio, usando las Normas ISTA**” de autoría de la señorita egresada de la carrera de la ingeniería Forestal Génesis Balbina Castillo Guamán, ha sido dirigida, revisada y aprobada en su integridad; por tal razón autorizo su presentación y publicación.

Loja, 28 de febrero del 2020

Atentamente,


.....
Ing. Víctor Hugo Eras Guamán Mg. Sc
DIRECTOR DE TESIS

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

Ing. Paulina Vanesa Fernández Guarnizo Mg. Sc.

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL CALIFICADOR DE LA TESIS

CERTIFICA:

En Calidad de Presidente del Tribunal de Calificación de la Tesis titulada “**Evaluación de la fisiología reproductiva y calidad de semillas de Wilco (*Anadenanthera colubrina*) a nivel de laboratorio, usando las Normas ISTA**” de autoría de la señorita egresada de la carrera de Ingeniería Forestal **Génesis Balbina Castillo Guamán**, con cédula de identidad N° 1104782238, se informa que ha sido revisada e incorporada todas las observaciones realizadas por el Tribunal Calificador; luego de su revisión se ha procedido a la respectiva calificación.

Por lo tanto autorizo la versión final de la tesis y la entrega oficial para su sustentación pública.

Loja, 28 de febrero del 2020

Atentamente,



Ing. Paulina Vanesa Fernández Guarnizo Mg. Sc.

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Ing. Aurita Geovania Gonzaga Figueroa Mg. Sc.,

VOCAL



Ing. Narcisa de Jesús Urgiles Gómez PhD.,


VOCAL

AUTORÍA

Yo, Génesis Balbina Castillo Guamán, declaro ser autora del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

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

Autora: Génesis Balbina Castillo Guamán

Firma:..........

Cédula: 1104782238


Fecha: Loja, 28 de febrero del 2020

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

Yo, Génesis Balbina Castillo Guamán, declaro ser autora de la tesis titulada “Evaluación de la fisiología reproductiva y calidad de semillas de Wilco (*Anadenanthera colubrina*) a nivel de laboratorio, usando las Normas ISTA”, como requisito para optar al grado de: Ingeniería Forestal, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional: Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con los cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los 28 días del mes de febrero del 2020. Firma la autora.

Firma: 

Autora: Génesis Balbina Castillo Guamán

Número de cédula: 1104782238

Dirección: Loja; Ciudadela la Inmaculada

Correo electrónico: génesisguaman02@gmail.com

Teléfono: 3103549 **Celular:** 0986556795

DATOS COMPLEMENTARIOS

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

Tribunal de Grado: Ing. Paulina Vanesa Fernández Guarnizo Mg. Sc.	Presidenta
Ing. Aurita Geovania Gonzaga Figueroa Mg. Sc.	Vocal
Ing. Narcisa de Jesús Urgiles Gómez PhD.	Vocal

AGRADECIMIENTO

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

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

Al Laboratorio de Micropropagación Vegetal, por el apoyo para la realización de este estudio, al Ing. Víctor Hugo Eras Guamán, director de tesis, por gran esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, experiencia, su gran motivación y sus valiosos consejos y sugerencias, permitieron concluir con éxito el presente trabajo.

Al Ing. Paulina Fernández presidente del tribunal calificador a la Phd. Narcisa Urgirles y Ing. Aurita Gonzaga, miembros del tribunal de calificación de tesis; por las importantes sugerencias dadas en la presente investigación.

También quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Ing. Magaly Arévalo y a la Ing. Ruth Guamán, por sus conocimientos, su gran disposición para ayudar, por su paciencia y motivación que han sido fundamental para mi formación tanto profesional y también como persona. Por el apoyo y dedicación, por haber compartido conmigo sus conocimientos y amistad.

A mis familiares por el apoyo incondicional y a mis amigos/as quienes me apoyaron de una u otra forma en el desarrollo de la presente investigación.

A todos Gracias.....

DEDICATORIA

Llena de alegría, regocijo y agradecimiento, dedico este proyecto a Dios y a mis ángeles del cielo: Mamita, Papito, Adolfinita, Rosarito y Sr. Luis todos juntos me han permitido finalizar con mis estudios universitarios, por haberme cuidado, protegido, regalarme salud y sabiduría para lograr mis objetivos y no renunciar ante los problemas que se presentaban en el camino.

Al motor de mi vida mi madre, Lidia Guamán gracias por ser mi otra rodilla y no dejarme caer nunca, por ayudarme a sacudir de cada caída y levantarme con una sonrisa. Mi Padre Mauro Castillo, gracias infinitas por tu disciplina, por tu amor incondicional y doblarte por amor ante tus hijas. A mi mejor amiga, cómplice, compañera y mi incondicional, mi hermana Jazmín Castillo, solo puedo decir que ustedes son mi combustible en esta vida, ustedes mi orgullo de ser lo que seré.

Con el mismo amor de ese primer día, te dedico a ti esposo amado Patricio Rodríguez, por tu sacrificio y esfuerzo en ayudarme a obtener mi carrera, por siempre creer en mí y no dejarme desmayar ante las adversidades por decidir recorrer este camino juntos.

Y en especial la dedico a mi bebe Lunita, la razón de mi existencia y mi motivación diaria, por haber despertado en mí sentimientos nunca antes vividos y volverme loca en todos los sentidos, gracias por demostrarme que el amor todo lo sufre, todo lo cree, todo lo espera, todo lo soporta. Gracias por elegirme como tu mamá.

Y a todos aquellos quienes participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta investigación.

Genesis

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁG.
CERTIFICACIÓN	i
APROBACIÓN.....	ii
AUTORÍA	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xix
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Generalidades de la especie <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	4
2.1.1. Descripción taxonómica.....	4
2.1.2. Descripción botánica	4
2.1.3. Fenología	5
2.1.4. Polinización.....	5

2.1.5.	Importancia Ecológica.....	5
2.1.6.	Uso de la Especie	6
2.1.7.	Ubicación Geográfica de la Especie en el Ecuador.....	6
2.1.8.	Descripción dendrológica de la Especie.....	6
2.1.9.	Características de la Semilla.....	7
2.2.	Definición de semilla de calidad	7
2.2.1.	Factores que afectan la calidad de la semilla	7
2.2.2.	Métodos para la medición de la calidad de la semilla	8
2.2.3.	Técnicas para el mejoramiento de la calidad de las semillas	8
2.3.	La Germinación.....	9
2.3.1.	Condiciones ambientales necesarias para la germinación.....	9
2.3.1.1.	Humedad.....	9
2.3.1.2.	Temperatura.....	9
2.3.1.3.	Oxígeno.....	10
2.3.1.4.	Luminosidad.....	10
2.3.1.5.	Sustrato.....	10
2.4.	Normas Internacionales para el Análisis de Semillas Forestales (ISTA).....	10
2.4.1.	Análisis de pureza	10

2.4.2.	Peso de semilla	11
2.4.3.	Viabilidad	11
2.4.4.	Contenido de humedad.....	12
2.4.5.	Sanidad de la Semilla	12
2.4.6.	Germinación	12
2.5.	Estudios Similares Desarrollados.....	13
2.5.1.	Morfo-anatomía, imbibición, viabilidad y germinación de las semillas de <i>Anadenanthera colubrina</i> var. <i>cebil</i> (Fabaceae).	13
2.5.2.	Estudio fenológico y análisis de calidad de semillas de tres especies forestales nativas, promisorias del Bosque Seco, Provincia de Loja.	14
2.5.3.	Potencial reproductivo y análisis de calidad de semillas de <i>Cinchona</i> <i>officinalis</i> L., provenientes de relictos boscosos en la provincia de Loja.	15
2.5.4.	Descongelación y calidad fisiológica de las semillas de <i>Anadenanthera</i> <i>colubrina</i> congeladas a temperatura ultrabaja.	17
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1.	Ubicación y descripción del área de estudio.....	18
3.1.1.	Fase de Campo	19
3.1.2.	Fase de laboratorio	20

3.2.	Metodología para determinar el potencial reproductivo de semillas de Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan, provenientes de árboles semilleros	20
3.2.1.	Selección de árboles	20
3.2.2.	Recolección de Semillas.....	20
3.2.3.	Determinación del potencial reproductivo de la especie Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan.....	21
3.2.3.1.	Número de frutos promedio por rama y por árbol.....	21
3.2.3.2.	Producción de semillas por fruto.....	22
3.3.	Metodología para Analizar la Calidad de Semillas de Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan, provenientes de árboles semilleros mediante la utilización de las Normas Internacionales para el Análisis de Semillas Forestales ISTA a nivel de laboratorio	23
3.3.1.	Obtención de semillas de los frutos de Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan ...	23
3.3.2.	Pruebas Estándar de Calidad de Semillas, de acuerdo a las Normas ISTA.	23
3.3.2.1.	Pureza.....	23
3.3.2.2.	Peso de la semilla.....	24
3.3.2.3.	Contenido de humedad.....	24
3.3.2.4.	Porcentaje de Germinación.....	25
3.3.2.5.	Viabilidad de la semilla.....	26

3.3.3.	Análisis de los datos	26
3.4.	Metodología para difundir resultados sobre la fisiología reproductiva y calidad de semillas de la especie Wilco (<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan), a los moradores del sector Chinguilamaca, Parroquia Purunuma, Cantón Gonzanamá de la Provincia de Loja	27
4.	RESULTADOS	28
4.1.	Localización de los árboles de <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	28
4.2.	Descripción morfológica de los árboles de <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	28
4.3.	Potencial reproductivo de la especie <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenen, en el sector Chinguilamaca	30
4.3.1.	Número de frutos promedio por rama y por árbol	30
4.3.2.	Producción de semillas por árbol	31
4.4.	Resultados del análisis de calidad de semillas de <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan a nivel de laboratorio aplicando las normas ISTA	32
4.4.1.	Pureza de la semilla	32
4.4.2.	Peso de las semillas	33
4.4.3.	Contenido de humedad de las semillas	34
4.4.4.	Germinación de las semillas	35
4.4.5.	Viabilidad de las semillas	37

4.5.	Difusión de los resultados sobre la fisiología reproductiva y calidad de semillas de la especie <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan.....	38
5.	DISCUSIÓN	39
5.1.	Determinación el potencial reproductivo de semillas de <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan, provenientes de árboles semilleros del sector Chinguilamaca.....	39
5.2.	Análisis de la calidad de semilla de la especie <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan a nivel de laboratorio aplicando las Normas ISTA (2007).....	40
6.	CONCLUSIONES	43
7.	RECOMENDACIONES	44
8.	BIBLIOGRAFÍA	45
9.	ANEXOS	50

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PÁG.
Tabla 1. Lista de análisis o mediciones para evaluar la calidad de la semilla.....	8
Tabla 2. Hoja de campo para la recopilación de información general y localización de individuos seleccionados.....	21
Tabla 3. Hoja de campo para la recopilación de datos generales de campo de los individuos seleccionados	21
Tabla 4. Hoja de registro para el cálculo del potencial productivo de cada árbol.....	22
Tabla 5. Parámetros previos a la germinación de las semillas en estudio.	25
Tabla 6. Número de frutos promedio por rama y por árbol de <i>Anadenanthera colubrina</i> , del sector Chinguilamaca.....	30
Tabla 7. Producción de semillas por árbol de <i>Anadenanthera colubrina</i> del sector Chinguilamaca.	31
Tabla 8. Porcentaje de pureza de semillas de <i>Anadenanthera colubrina</i>	33
Tabla 9. Peso de 1000 semillas de los árboles de <i>Anadenanthera colubrina</i> del sector de Chinguilamaca.....	33
Tabla 10. Porcentaje de contenido de humedad de los árboles de <i>Anadenanthera colubrina</i> del sector de Chinguilamaca.	34
Tabla 11. Porcentajes de viabilidad en semillas de <i>Anadenanthera colubrina</i>	37
Tabla 12. Resumen de la prueba de calidad de semillas de la especie <i>Anadenanthera colubrina</i> del sector Chinguilamaca.	38

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PÁG.
Figura 1. Ubicación del área de estudio	19
Figura 2. Mapa de ubicación de los árboles de <i>Anadenanthera colubrina</i>	28
Figura 3. Morfología de <i>Anadenanthera colubrina</i> a) Árbol, b) Fuste, c) Hoja, d) Flor, e) Vaina, f) Semilla.	29
Figura 4. Producción de semillas de <i>Anadenanthera colubrina</i> en el sector de Chinguilamaca	32
Figura 5. Porcentaje de germinación de los 10 árboles de <i>Anadenanthera colubrina</i> . Las líneas en color gris representan la germinación acumulada de cada árbol y la línea negra representa el promedio de germinación de la especie.	35
Figura 6. Porcentaje de germinación y de contaminación de semillas de <i>Anadenanthera colubrina</i> en el sector de Chinguilamaca.	36
Figura 7. Energía germinativa de la especie <i>Anadenanthera colubrina</i> del sector Chinguilamaca.	36

ÍNDICE DE ANEXOS

CONTENIDO	PÁG.
Anexo 1. Levantamiento de información en campo de la especie <i>Anadenanthera colubrina</i> en el sector de Chinguilamaca.	50
Anexo 2. Resultados obtenidos del número de frutos por rama y por árbol de la especie <i>Anadenanthera colubrina</i> en el sector Chinguilamaca.	55
Anexo 3. Resultados obtenidos del análisis de pureza de 1000 semillas de la especie <i>Anadenanthera colubrina</i> aplicando las Normas ISTA.	55
Anexo 4. Resultados obtenidos del ensayo de Contenido de humedad de la especie <i>Anadenanthera colubrina</i>	56
Anexo 5. Resultados de germinación de la especie <i>Anadenanthera colubrina</i> en el sector de Chinguilamaca.	57
Anexo 6. Datos de campo de los árboles identificados de la especie <i>Anadenanthera colubrina</i> en el sector de Chinguilamaca.	57
Anexo 7. Tríptico para difusión de los resultados obtenidos en la investigación.	57

TITULO

Evaluación de la fisiología reproductiva y calidad de semillas de Wilco (*Anadenanthera colubrina*) a nivel de laboratorio, usando las Normas ISTA

RESUMEN

Los bosques secos de la provincia de Loja, son ecosistemas sensibles y frágiles, que están siendo muy intervenidos y destruidos, por encontrarse en zonas relativamente pobladas y que son de gran importancia económica para la población del área rural, los cuales abastecen de productos maderables y no maderables para su subsistencia. Además, actividades como la ganadería caprina y agricultura, ejercen grandes presiones sobre estos ecosistemas ocasionando profundos daños. Por lo que restaurar la cubierta vegetal de estos ecosistemas naturales se ha convertido en una necesidad inaplazable, que debe estar sustentada en un conocimiento adecuado de la flora nativa y de la biología reproductiva de las especies. La especie *Anadenanthera colubrina* (Wilco), es nativa de los ecosistemas de transición de bosque seco al andino, ha sido reportada en la provincia de Loja, y se la considera como una especie importante por su semilla, ya que se usaba como alucinógeno por los pueblos originarios.

Bajo esta perspectiva, se desarrolló la presente investigación titulada: **“Evaluación de la fisiología reproductiva y calidad de las semillas de *Anadenanthera colubrina* (Wilco) a nivel de laboratorio, usando las Normas ISTA”**; misma que buscó generar información importante sobre el potencial reproductivo y calidad de las semillas de la especie, mediante ensayos de laboratorio, utilizando las normas ISTA, para contribuir de esta forma a la conservación de la especie en ambiente natural y así mismo permitirá caracterizar una fuente semillera y poder propagar la especie en proyectos de reforestación con medidas naturales o biotecnológicas, la cual es de gran importancia para la provincia de Loja.

Como resultados de la presente investigación se obtuvo que en promedio la producción de frutos por árbol de la especie de *Anadenanthera colubrina*, fue de 516,13 frutos por árbol y con 33,38 frutos por rama.

La calidad de las semillas de la especie, en cuanto al porcentaje de pureza fue alto, con un valor de 98,91 %, debido al buen estado fitosanitario que presentaron los individuos seleccionados; así como también, a la época en la que se recolectaron los frutos. El porcentaje más alto de pureza fue del árbol 4 con 99,68 %, mientras que el porcentaje más bajo fue del árbol 9 con 96,95 %. En cuanto al peso de las 1000 semillas se obtuvo un valor promedio de 243,99 g (0,24 kg), y en un kilogramo se estimó la cantidad de 481,62 semillas en total de los árboles evaluados. En promedio se obtuvo que la especie produce por árbol aproximadamente 4.816 semillas/Kg. Mientras que el contenido promedio de humedad de las semillas fue de 7,95 %, con lo que se pudo concluir que las semillas son tipo ortodoxas.

En lo relacionado a la germinación a nivel de laboratorio, el porcentaje promedio fue del 72,60 %. El alto valor de la germinación se dio por el bajo porcentaje de contaminación de las semillas que fue de 27,40 %. El alto grado de germinación de la especie, nos permite concluir que las semillas de *Anadenanthera colubrina* tienen una alta viabilidad.

Palabras clave: *Anadenanthera colubrina*, calidad de semillas, Wilco, Viabilidad.

ABSTRACT

The dry forests of the province of Loja, are sensitive and fragile ecosystems, which are being heavily intervened and destroyed, because they are in relatively populated areas and are of great economic importance for the population of the rural area, which supply timber products and non-timber for subsistence. In addition, activities such as goat farming and agriculture, exert great pressure on these ecosystems caused deep damage. So, restoring the vegetation cover of these natural ecosystems has become an unplayable need, which must be supported by an adequate knowledge of the native flora and the reproductive biology of the species. The species *Anadenanthera colubrina* (Wilco), is native to the transitional ecosystems of the dry forest to the Andean, has been reported in the province of Loja, and is considered as an important species for its seed, since it was used as a hallucinogen by the people originating.

Under this perspective, the present research was developed: "**Evaluation of the reproductive physiology and quality of the seeds of *Anadenanthera colubrina* (Wilco) at the laboratory level, using the ISTA Standards**"; which sought to generate important information on the reproductive potential and quality of the seeds of the species, through laboratory tests, using ISTA standards, to contribute in this way to the conservation of the species in a natural environment and also allow to characterize a source seedbed and be able to propagate the species in reforestation projects with natural or biotechnological measures, which is of great importance for the province of Loja.

As results of the present investigation it was obtained that on average the production of fruits per tree of the species of *Anadenanthera colubrina*, was 516.13 fruits per tree and with 33.38 fruits per branch.

The quality of the seeds of the species, in terms of the percentage of purity was high, with a value of 98.91%, due to the good phytosanitary state presented by the selected individuals; as well as,

at the time when the fruits were collected. The highest percentage of purity was from tree 4 with 99.68%, while the lowest percentage was from tree 9 with 96.95%. As for the weight of the 1000 seeds, an average value of 243.99 g (0.24 kg) was obtained, and in a kilogram the amount of 481.62 seeds in total of the trees evaluated was estimated. On average it was obtained that the species produces approximately 4,816 seeds / kg per tree. While the average moisture content of the seeds was 7.95%, it could be concluded that the seeds are orthodox type.

Regarding germination at the laboratory level, the average percentage was 72.60%. The high germination value was due to the low percentage of seed contamination that was 27.40%. The high degree of germination of the species, allows us to conclude that the seeds of *Anadenanthera colubrina* have a high viability.

Keywords: *Anadenanthera colubrina*, seed quality, Wilco, Viability.

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador es considerado como uno de los 17 países megadiversos del mundo, por albergar en su territorio gran cantidad de especies de plantas por Km² (Sierra, 1995). Esto se debe a las más variadas formas de vida expresadas en la riqueza de flora, fauna, microorganismos, diversidad genética, y ecosistemas que se forman gracias a particulares condiciones geográficas, relieve y clima (MAE, 2015).

La Región de Endemismo Tumbesina, abarca territorios en el suroeste ecuatoriano y noroeste Peruano desde 0 hasta 1000 msnm e incluso áreas a 3000 msnm, tiene una extensión de 135 000 km². En esta Región, la mayor superficie está representada por el ecosistema de bosque seco con 86 859 km² (Pratolongo 2006, Aguirre et al 2006). Sin embargo, Naturaleza y Cultura Internacional (2006), menciona que la biodiversidad ecuatoriana, se encuentra amenazada debido a una creciente presión antrópica a la que han sido sometidos los bosques secos, estas actividades antrópicas han afectado fuertemente el estado de conservación de la especie *Anadenanthera colubrina*., dentro del país; y, nuestra provincia y cantones con este tipo de vegetación no son ajenos a esta realidad.

Los bosques secos del suroccidente de la provincia de Loja, se ubican en áreas con una alta presencia humana, la cual representa el 60 % de la población rural de la provincia de Loja, muchas veces en suelos aptos para cultivos y por tal razón, han sido muy intervenidos y destruidos (Aguirre y Kvist 2005). Las principales amenazas que enfrentan los bosques secos de Loja son: la extracción selectiva de madera de especies como: *Anadenanthera colubrina* (wilco), *Handeantrus crysantha* (guayacan), *Loxopterygium huasango* (guasango), *Bursera graveolens* (palo santo), entre otras, las mismas que son representativas de la Región Sur del Ecuador (Aguirre y Delgado 2005), por otro lado, se encuentra el sobrepastoreo de chivos y vacas, así

como también, la expansión de la frontera agrícola, la cacería; y, la recolección de miel, que implica quemar y tumbar los árboles que albergan las colmenas (Paladines 2003).

Anadenanthera colubrina., es una especie nativa de los bosques de transición de tipo seco, ha sido reportada en la provincia de Loja, sus propiedades medicinales han hecho que se considere como una especie importante, ya que la semilla se usaba como alucinógeno por los pueblos originarios por sus efectos psicotrópicos (Andersson y Taylor, 1994).

En la provincia de Loja y en el país en general, existe escasa información y estudios acerca de la fisiología reproductiva del *Anadenanthera colubrina* (Wilco), así mismo sobre la calidad de sus semillas, por lo que es necesario conocer las condiciones naturales adecuadas para su conservación y propagación, en la provincia de Loja.

Bajo esta perspectiva, se desarrolló la presente investigación: **“Evaluación de la fisiología reproductiva y calidad de semillas de Wilco (*Anadenanthera colubrina*) a nivel de laboratorio, usando las Normas ISTA”**; la misma que buscó generar información importante sobre el potencial reproductivo y calidad de las semillas de la especie, mediante ensayos de laboratorio utilizando las normas ISTA, realizados en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Universidad Nacional de Loja, para contribuir de esta forma a la conservación de la especie en ambiente natural y así mismo permitirá caracterizar una fuente semillera obteniendo el mejor árbol con las mejores características dasométricas y poder propagar la especie en proyectos de reforestación con medidas naturales o biotecnológicas, la cual es de gran importancia para la provincia de Loja y tener insumos que permitan emprender a futuro en proyectos para la propagación de la especie, que es de gran importancia para la provincia de Loja.

Los objetivos que orientaron la presente investigación fueron los siguientes:

Objetivo General:

- Contribuir a la generación de información sobre la fisiología reproductiva y la calidad de semillas de Wilco (*Anadenanthera colubrina*), aplicando las normas ISTA.

Objetivos específicos

- Determinar el potencial reproductivo de semillas de Wilco (*Anadenanthera colubrina*), provenientes de árboles semilleros del sector Chinguilamaca.
- Analizar la calidad de semillas de Wilco (*Anadenanthera colubrina*) de árboles semilleros provenientes del sector Chinguilamaca de la Parroquia Purunuma del Cantón Gonzanamá, Provincia de Loja, a nivel de laboratorio aplicando las normas ISTA.
- Difundir resultados sobre la fisiología reproductiva y calidad de semillas de la especie Wilco (*Anadenanthera colubrina*), a los moradores del sector Chinguilamaca de la Parroquia Purunuma del Cantón Gonzanamá Provincia de Loja.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades de la especie *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan

El Wilco es una especie del género *Anadenanthera*, se distribuye en las provincias de El Oro, Guayas, Loja y Manabí, las plantas de Wilco crecen de cinco a treinta metros de altura, su fuste se ramifica cerca del suelo, con fustecillos retorcidos y sus hojas son opuestas, alternas, trifoliadas, ovales. El fruto es una vaina larga algo angosta, achatada, entre coriácea a leñosa de color castaño oscuro presenta un borde ondulado que se ensancha entre las divisiones de cada semilla. Las semillas están en vainas o legumbres leñosas, secas, aplanadas, dehiscentes de 10 a 30 cm de largo y hasta 2 cm de ancho, de color café-brillante, de borde ondulado y simétrico en ambos lados (Barrandeguy, 2016).

2.1.1. Descripción taxonómica

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Anadenanthera*

Especie: *Colubrina*

Nombre Científico: *Anadenanthera colubrina*

Nombre Común: Wilco

2.1.2. Descripción botánica

El Wilco es nativo del Ecuador, es un árbol de características conocidas desde tiempos coloniales por sus usos y aplicaciones en diversas actividades. Entre los más importantes están la extracción de taninos para la curtiembre de cueros, su uso como combustible (leña), la elaboración de carbón

vegetal y lejía (jabón natural), además de su utilización como material de construcción para viviendas rústicas (Andersson y Taylor,1994).

2.1.3. Fenología

La floración generalmente se manifiesta al final de la época seca e inicio de la húmeda, entre octubre y noviembre (en revisión), cuando ocurre la foliación después de un período (por lo general) caducifolio, posterior a las primeras precipitaciones. El Wilco se caracteriza por el intenso olor que desprenden sus flores para atraer a los polinizadores. Pese a que este carácter es anual, la intensidad varía de un año a otro, además de la viabilidad de las flores para la producción de frutos. Esto, está condicionado por la disponibilidad o más bien por la distribución temporal e intensidad de las precipitaciones en esta etapa. Es decir que, después de una considerable precipitación propicia para estimular la floración no debe haber lluvia durante el proceso de polinización, probablemente por un espacio de tres semanas o un mes (Justiniano y Fredericksen, 1998).

2.1.4. Polinización

De acuerdo a las características florales del Wilco, se deduce que la polinización se efectúa a través de abejas. Las flores son visitadas por especies de la familia Apidae, en su mayoría por individuos de la especie *Apis mellifera*, que extraen el néctar para la elaboración de la miel, razón por la cual el curupaú es importante como fuente de materia prima para las abejas (Justiniano y Fredericksen, 1998).

2.1.5. Importancia Ecológica

Anadenanthera colubrina crece en bosques de transición de tipo seco y en bosques latifoliados semidecíduos y en bosques mesófilos; se ha convertido en una especie con alto potencial para el

manejo forestal sostenible que por sus cualidades tiene mayores ventajas con respecto a las demás especies ya sean éstas tradicionales o nuevas. Entre las principales están su factibilidad de comercialización en el mercado actual, su alta tasa de regeneración en lugares aprovechados o alterados, su fácil adaptación a terrenos degradados y su rápido crecimiento (Jorgensen y León, 1999).

2.1.6. Uso de la Especie

La especie es potencial para ornamentación, por la belleza de las flores. Las semillas trituradas ayudan a eliminar parásitos intestinales su amplio uso de su madera como producto primario. También se le atribuyen propiedades medicinales. La semilla se usaba como alucinógeno por los pueblos originarios por sus efectos psicotrópicos (Barrandeguy, 2016).

2.1.7. Ubicación Geográfica de la Especie en el Ecuador

Se encuentra en las provincias de El Oro, Guayas, Loja y Manabí. En altitudes de 0-500 y de 1 000-2 000 msnm. Endémico de la Costa del Ecuador, entre 0-500 msnm. En El Oro, Guayas y Loja (Jorgensen y León, 1999).

2.1.8. Descripción dendrológica de la Especie

Loján (1992), menciona que la especie *Anadenanthera colubrina* es un árbol de 5-8 m de altura con un fuste que se ramifica cerca del suelo, con fustecillos retorcidos y alargados, blanquecinos, marrón oscuro, apariencia rugosa. Copa plana, extendida, frondosa. Hojas compuestas, alternas, trifoliadas, ovales, grandes de 6 cm de longitud y 3 cm de ancho. Flores grandes, vistosas, 4-5 cm, papiloneoideas (forma de mariposa sentada); sépalos verdes, tiesos cubriendo la base del estandarte (pétalos) lilas con una mancha púrpura en la base e interior, agrupadas en inflorescencia tipo racimo terminal conformada por 5-8 flores. Fruto una legumbre (vaina)

dehiscente, plana, irregular de 20 cm de longitud y 1,5-2 cm de longitud, verdosa, con 8 a 10 semillas dentro de la vaina (Barrandeguy, 2016).

2.1.9. Características de la Semilla

Las semillas de Wilco son de color castaño-rojizas de 1,5 cm, son lisas, muy comprimidas lateralmente, con las caras planas circulares, generalmente de 8-15 por vaina (Loja, 1992).

Sus semillas son fáciles de germinar, más requieren cuidados para llegar a plantas adultas. Son muy sensibles al ataque fúngico, se aconseja usar fungicida. La humedad en exceso pone a las semillas en putrefacción fácilmente, luego no regarlas en exceso. Crece bien en lugar soleado, en zonas tropicales y subtropicales es sensible a la helada.

2.2. Definición de semilla de calidad

El porcentaje de germinación no es suficiente para expresar la calidad de la semilla debido a que este concepto también implica calidad genética, así como otros aspectos de calidad fisiológica; además, de la germinación. La definición de calidad de semilla debe depender del uso final que se le da a la semilla, podría considerarse la conservación de los recursos genéticos, producción en vivero, siembra directa en el bosque o en tierra arable y el alimento (Bonner, 1987).

2.2.1. Factores que afectan la calidad de la semilla

Bonner (1987), menciona que los factores comunes que afectan la calidad de la semilla forestal son:

- Rompimiento incompleto de la latencia
- Método de pre tratamiento
- Constitución genética de la semilla
- Edad, condición y manejo del huerto semillero

- Clima y condición del árbol madre durante el desarrollo de la semilla
- Madurez en el momento de recolección
- Procesamiento de la semilla: ataque de patógenos durante las operaciones de recolección, limpieza y extracción, secado, almacenamiento.

2.2.2. Métodos para la medición de la calidad de la semilla.

Un análisis de calidad de la semilla debe proporcionar un resultado reproducible que esté relacionado con el desempeño de la semilla en el campo y por ende ayude al agricultor en la predicción del desempeño de campo, a continuación, en la Tabla 1 se muestra una lista de análisis o mediciones para evaluar la calidad de la semilla.

Tabla.1 Lista de análisis o mediciones para evaluar la calidad de la semilla.

Pruebas Bioquímicas	Pruebas que incluyen germinación	Otras pruebas
-Conductividad de aluatos -Prueba topográfica con tetrazolio -Carga de energía de adenilato. -Ácidos grasos saturados y no saturados -Contenido de lípidos en la membrana -Actividad enzimática -Capacidad de síntesis de proteínas -Contenido de ARN mensajero -Respiración	-Velocidad de germinación -Envejecimiento acelerado deterioro controlado -Prueba fría -Prueba con peróxido de hidrogeno -Prueba de Hiltner -Prueba de escape -Respuesta a la temperatura y estrés hídrico	-Análisis de corte -Tamaño y densidad de la semilla -Pruebas con rayos X

Fuente: Danida Forest Seed Centre, 2000.

2.2.3. Técnicas para el mejoramiento de la calidad de las semillas

La calidad de un lote semillero no depende del tiempo en que el lote semillero es procesado y almacenado. Existen técnicas para manipular y mejorar la calidad de la semilla:

- PREVAC: presión/vacío
- SSI: Separación seca por incubación

- Recubrimiento: PEG y soluciones salinas
- Tratamiento con hormonas
- Inoculación con micorriza y Rhizobium
- Granulado (siembra con presión, plaguicidas, nutrientes)
- Pre-germinación

La separación por gravedad, el tamizaje, la floración y la trilla han sido utilizadas por muchos años, una limitación de estos métodos es que estos no pueden eliminar la semilla muerta, las cuales tienen la misma densidad y tamaño que la semilla viva. Sin embargo, cabe mencionar que los métodos como PREVAC Y SSI, son métodos muy sofisticados, que demandan gran cantidad de recursos económicos, siendo difícil su utilización.

2.3. La Germinación

Rodríguez y Nieto (2000), define a la germinación como el surgimiento y desarrollo, a partir del embrión de la semilla, de las estructuras esenciales (radícula, primeras hojas) que indican la capacidad de la semilla para producir una planta normal en condiciones favorables.

2.3.1. Condiciones ambientales necesarias para la germinación

2.3.1.1. *Humedad*

Es un factor completamente imprescindible en el proceso de germinación. La semilla absorbe agua hasta la imbibición, lo que permite la activación de los procesos metabólicos (Rodríguez y Nieto, 1999).

2.3.1.2. *Temperatura*

Según Rodríguez y Nieto (1999), la temperatura es uno de los principales y más influyentes factores de la germinación, se han reportado rangos mínimos por encima de 0°C, óptimos entre

25 y 31°C, máximos de 40-50°C. El factor desencadenante es la variación de la temperatura, por debajo o por encima de estos límites puede ocurrir la muerte de la semilla.

2.3.1.3. Oxígeno

En los primeros estadios de la germinación, antes de que la radícula rompa el tegumento, las reacciones son de carácter anaeróbico, posteriormente el proceso se hace totalmente dependiente del oxígeno. A bajas temperaturas (5°C) el consumo de oxígeno a través de la testa es menor (Rodríguez y Nieto, 1999).

2.3.1.4. Luminosidad

Según Rodríguez y Nieto (1999), la sensibilidad de las semillas a la luz es bastante variable de acuerdo con la especie. La respuesta de las semillas a la luz está ligada a una cromoproteína denominada “fitocromo”, pigmento responsable de atraparla.

2.3.1.5. Sustrato

En la mayoría de los ensayos de laboratorio con especies de semillas pequeñas se utiliza papel de germinación, sin embargo, la elección del medio en que se van a colocar las semillas, depende del equipo, la especie, las condiciones de trabajo y la experiencia (Rodríguez y Nieto, 2000).

2.4. Normas Internacionales para el Análisis de Semillas Forestales (ISTA)

ISTA es una asociación internacional de entidades, sin fines de lucro, relacionadas con el análisis de semillas, cuya actividad principal es la de proporcionar métodos y servicios para dicho fin.

2.4.1. Análisis de pureza

El análisis de pureza consiste en un examen pormenorizado de todos los elementos que componen la muestra de laboratorio, analizando si pertenecen o no a la especie objeto de estudio.

Teniendo en cuenta que los mecanismos de limpieza de semillas no son perfectos, es normal que en un lote de semillas se pueda encontrar impurezas y semillas de otras especies, pudiendo influir negativamente sobre su valor comercial. Al someter a la muestra a una prueba de pureza, el analista detecta el nivel de contaminación de la muestra y por extensión de lote (ISTA, 2007).

El principal objetivo de un análisis de pureza es determinar el porcentaje en peso que representa la fracción de semillas puras de una muestra representativa de un lote, el segundo objetivo es identificar la materia inerte y las semillas de otras especies que se encuentran en la muestra (ISTA, 2007).

La persona encargada de realizar un análisis de pureza, luego de depositar la muestra sobre una superficie plana, con ayuda de ciertos materiales, procede a la selección, análisis y clasificación de todos los elementos que componen la muestra, los mismos que se agrupan en tres fracciones: Semilla pura, materia inerte y otras semillas (ISTA, 2007).

2.4.2. Peso de semilla

Se expresa el peso de 1000 semillas puras por kg, ISTA (2007), prescribe ocho réplicas de 100 semillas puras cada una, con las que se pueden calcular la desviación típica, el coeficiente de variación y media. Si el valor de coeficiente de variación es inferior al máximo de 4.0 que prescribe la ISTA, se considera que la muestra es homogénea y no será necesario tomar nuevas muestras.

2.4.3. Viabilidad

La viabilidad es la fracción de semillas que están vivas. Las normas ISTA (2007) acepta tres métodos rápidos de evaluación de la viabilidad: la exhibición del embrión, el ensayo topográfico de tetrazolio y el método de rayos X (ISTA, 2007).

2.4.4. Contenido de humedad

El contenido de humedad y temperatura son factores cruciales durante el almacenamiento y manejo de la semilla. El contenido de humedad determina la actividad fisiológica y bioquímica de la semilla. Por lo tanto, la determinación del contenido de humedad de la semilla es de vital importancia para las operaciones de manejo. Granos secos y sanos, pueden ser mantenidos bajo almacenamiento apropiado, por muchos años, en tanto que los granos húmedos se pueden deteriorar en tanto solo unos cuantos días (Luz, 2008).

2.4.5. Sanidad de la Semilla

El objetivo es determinar el estado de sanidad de un lote de semillas y por tanto lograr información que se pueda usar para comparar el valor de los diferentes lotes, se refiere principalmente a la presencia o ausencia de organismos causantes de enfermedades, tales como hongos bacterias, virus y animales plagas, tales como gusanos e insectos (Luz, 2008).

2.4.6. Germinación

El proceso de germinación se determina por medio de los ensayos de germinación, los cuales deben hacerse con semillas puras y por lo menos deben hacerse con 400 semillas como mínimo, los cuales son individuos en cuatro lotes de 100 gramos cada uno, separados al azar (ISTA, 2007).

De acuerdo al ISTA (2007), el test de germinación permite determinar el máximo del potencial de germinación de un lote de semillas, los cuales pueden ser usados para comparar la calidad de diferentes lotes. El porcentaje de germinación reportado en el ISTA indica la proporción por el número de semillas que han producido plántulas clasificadas como normal bajo condiciones y el periodo específico.

2.5. Estudios Similares Desarrollados

2.5.1. Morfo-anatomía, imbibición, viabilidad y germinación de las semillas de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Fabaceae).

Varela y Albornoz (2013) realizaron un estudio sobre *Anadenanthera colubrina* *cebil* donde describen la morfología y anatomía de la cubierta de la semilla, la viabilidad, imbibición y germinación bajo condiciones de laboratorio. Las semillas utilizadas para este estudio provenían de 10 árboles que crecieron naturalmente en Horco Molle, provincia de Tucumán, Argentina. Para realizar la descripción sobre la morfología de la semilla se utilizó una muestra de 20 unidades donde se examinó la cubierta de las semillas mediante un microscopio electrónico de barrido las secciones transversales de hidratados y se utilizaron semillas no hidratadas para describir la estructura histológica de la cubierta de la semilla (hidratación, viabilidad). Para la germinación se realizaron experimentos en condiciones controladas por laboratorio. El diseño experimental consistió en 10 réplicas de 10 semillas cada una, donde las pruebas de viabilidad y germinación se realizaron utilizando semillas recién caídas y semillas almacenadas durante cinco meses.

Los resultados obtenidos fueron que morfológicamente las semillas de *A. colubrina* var. *cebil* son circulares a subcirculares, lateralmente son comprimidas, lisas, de color marrón brillante y tienen una línea de fisura de herradura (pleurograma) en ambos lados. La cubierta de las semillas comprende cinco capas de tejido y una cutícula doble (externa e interna). El exterior de la cutícula (en la epidermis) es lisa e interrumpida por microgrietas y poros de profundidad variable. La epidermis está formada en macrosclereidas con paredes secundarias no lignificadas, esta capa está separada de las subyacentes durante la hidratación de semillas. Las otras capas de tejidos internos están formadas por osteosclereidas, parénquima, osteosclereidas

y macrosclereidas. El porcentaje de semillas viables fue del 93%, disminuyendo al 75% en semillas con cinco meses de edad. La masa de semillas aumentó 76% después de las primeras ocho horas de hidratación. El porcentaje de germinación fue del 75% después de 76 horas. La germinación de las semillas almacenadas durante cinco meses disminuyó al 12%. Como conclusión los resultados mostraron que las semillas de *A. colubrina* var. cebil son altamente permeables y germinan directamente sin un período de latencia.

2.5.2. Estudio fenológico y análisis de calidad de semillas de tres especies forestales nativas, promisorias del Bosque Seco, Provincia de Loja.

Chamba (2014), realizó un estudio con tres especies nativas del bosque seco: *Prosopis sp* (algarrobo blanco), *Tabebuia billbergii* (guayacan rosado) y *Loxopterygium huasango* (guasango), trabajó con nueve y diez árboles por cada especie. Las evaluaciones fenológicas en los árboles se realizaron mensualmente, en *Prosopis sp* y *Loxopterygium huasango* iniciando en el mes de agosto del 2012 y finalizaron en julio del 2013; en cambio en *Tabebuia billbergii* la especie presentó fructificación cada 2 años (supranual) por lo tanto las observaciones fenológicas se realizaron desde agosto del 2012 hasta marzo del 2014. En cada una de las especies evaluadas se determinó el potencial productivo de frutos y semillas por árbol; además, se efectuaron análisis físicos de las semillas, que incluyeron: pureza, peso de semilla, contenido de humedad, viabilidad, energía germinativa y poder germinativo.

Los resultados obtenidos fueron: *Prosopis sp* presentó períodos de floración entre los meses de agosto a noviembre y la fructificación de octubre a febrero; en cambio *Loxopterygium huasango* el ciclo de floración se presentó desde enero a abril y la mayor intensidad de fructificación se dio entre mayo y junio; los períodos de floración y fructificación para *Tabebuia billbergii* se presentaron en los meses de enero y febrero respectivamente. Considerando la estacionalidad de

los bosques secos la cual es definida por las precipitaciones, se esperó que los patrones fenológicos estén asociados a la estacionalidad, pero en este estudio se demostró patrones irregulares en el proceso fenológico de las tres especies: *Prosopis sp* presentó picos máximos de floración y fructificación en época seca; por otro lado la floración de *Loxopterygium huasango* se dio en época lluviosa y la mayor intensidad de fructificación se dio en época seca; en cambio *Tabebuia billbergii*, la floración y fructificación se presentó en época de lluviosa.

Los árboles de *Tabebuia billbergii* y *Loxopterygium huasango* obtuvieron el mayor potencial productivo de semillas por árbol con $766,18 \pm 318,79$ y $717,41 \pm 239,17$ gramos respectivamente, a diferencia de las especies anteriores, en *Prosopis sp*, el potencial productivo de semillas por árbol se redujo a $289,07 \pm 136,19$ gramos.

2.5.3. Potencial reproductivo y análisis de calidad de semillas de *Cinchona officinalis* L., provenientes de relictos boscosos en la provincia de Loja.

Caraguay (2016) realizó un estudio en la especie *Cinchona officinalis* L., realizando la identificación y descripción el estado de la especie en la provincia de Loja, y generación de protocolos para la propagación in vivo e in vitro”; y tuvo como finalidad generar información sobre el potencial productivo y análisis de calidad de semillas de *Cinchona officinalis* L., provenientes de relictos boscosos en la provincia de Loja.

El estudio se ejecutó en los sectores de: Quebrada del Naque (Cantón Loja); parroquia el Tambo, sitio Uritusinga (Cantón Catamayo); Quebrada San Simón (Loja); y, parroquia Selva Alegre, sitio Santa Lucia (Cantón Saraguro), cumpliendo con los siguientes objetivos: a) Determinar el potencial reproductivo de *Cinchona officinalis* L., provenientes de relictos boscosos en la provincia de Loja; b) Analizar la calidad de semillas de *Cinchona officinalis* L., provenientes de

relictos boscosos a nivel de laboratorio, mediante las normas internacionales para el análisis de semillas forestales ISTA 2007; c) difundir los resultados de la investigación.

En estos sectores se instalaron parcelas, con una dimensión de 20x30 (600 m²) cada una. En el sitio Uritusinga, se instalaron tres parcelas, con un total de 22 árboles; en Selva Alegre, dos parcelas, con un total de 26 árboles; en El Naque instaló una parcela, con un total de 24 árboles; y, finalmente en San Simón se instalaron dos parcelas, con un total de 25 árboles de *Cinchona officinalis* L., de las cuales se tomó el material vegetal, donde se evaluó el potencial productivo y calidad de semillas.

Como resultados se obtuvo que: el mayor número de frutos por árbol se presentó en el sitio Selva Alegre 1 054,36±315,65 frutos por árbol y El Naque con 918,23 ± 104,36 frutos por árbol; mientras que un menor número de frutos por árbol se presentó en los sitios Uritusinga y San Simón esto se debe posiblemente a que en algunos de estos sitios no se encontraron frutos maduros, ya que estos no alcanzaron la madurez fisiológica al mismo tiempo. En cuanto a la producción de semillas y el peso se encontró que el sitio El Naque presentó una mayor producción y peso 1 837,58±360,13 semillas por árbol, con un peso de 6,94 gramos y Selva Alegre con 1 795,57±850,28 semillas por árbol y un peso de 8,81 gramos.

Los resultados obtenidos en la investigación en cuanto a las pruebas estándar de calidad de semillas revelan que el mayor porcentaje de pureza se presentó en los sitios El Naque (46,21%) y Selva Alegre (41,59%). En cuanto al peso, *Cinchona officinalis* al tener semillas livianas el peso de 1000 semillas estuvo en 0,71 gramos, con un número aproximado de 1 450,07 semillas por kilogramo. En lo relacionado al contenido de humedad la especie presentó un porcentaje alto (80,46%), por lo que se clasificó a las semillas como recalcitrantes.

En la germinación a nivel de laboratorio, *Cinchona officinalis* alcanzó un porcentaje de germinación del 70,50% en presencia de la luz y 50,0% en la oscuridad, ya que la germinación para los sitios de estudio fue rápida y homogénea, empezando está a los cinco días de haber efectuado la siembra y estabilizándose a los 35 días. En cuanto a la viabilidad de la semilla en promedio esta fue baja 0,58%, es decir que las semillas pierden rápidamente el poder germinativo.

2.5.4. Descongelación y calidad fisiológica de las semillas de *Anadenanthera colubrina* congeladas a temperatura ultrabaja.

Freire et al. (2018) realizaron un estudio en semillas de *Anadenanthera colubrina* (Vell) aplicando una técnica de descongelación de semillas de esta especie conservadas en nitrógeno líquido. La metodología realizada consistió en utilizar cuatro condiciones de descongelación rápida y lenta, después de 72 horas en nitrógeno líquido (-196 °C) y se compararon con semillas recién cosechadas, no congeladas. Luego sometieron las semillas a la prueba de germinación en cuatro réplicas de 50 semillas, distribuidas en un rollo de tres hojas de papel germitest, que se humedecieron con agua destilada con un volumen equivalente a su peso multiplicado por 2.5. Los rollos de germinación obtenidos fueron empacados en bolsas Plásticos y colocados para germinar a 25 °C durante 10 días. Los métodos de descongelación dieron como resultado porcentajes de Germinación por encima del 90% y descongelación lenta (8 horas en un congelador -20 °C, 48 horas en un refrigerador 10 °C y 1 hora en temperatura Ambiente) de las semillas indujo el 97% de la germinación y el 91.5% de las plántulas normales, mayor que la de las semillas recién cosechadas (93.5% y 90%, respectivamente). Se concluye que la descongelación lenta es el mejor método para mantener la calidad fisiológica de las semillas de *A. colubrina* criopreservadas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y descripción del área de estudio

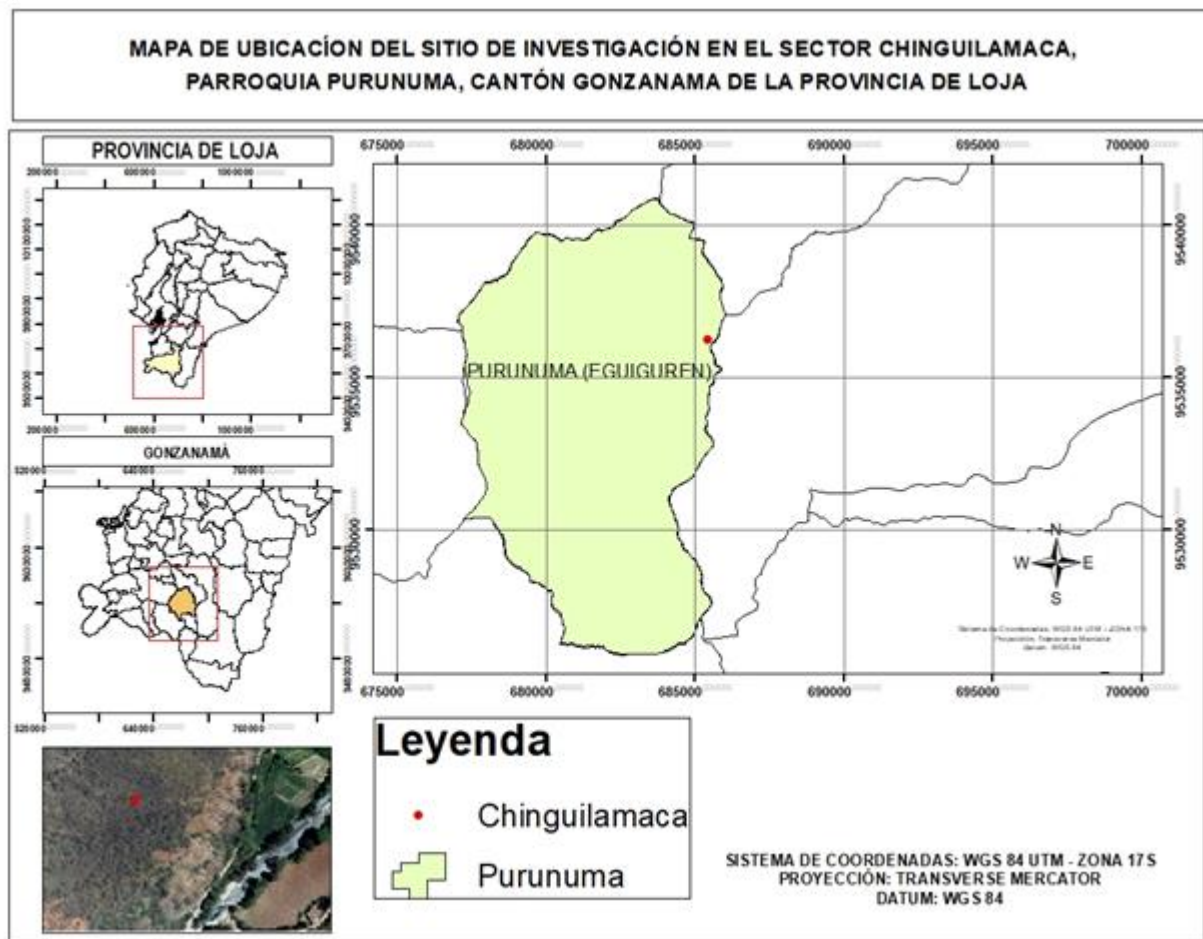
La presente investigación se desarrolló en el sector Chinguilamaca, perteneciente a la Parroquia Purunuma, del Cantón Gonzanamá de la Provincia de Loja, ubicado entre las siguientes coordenadas geográficas: latitud: 685446 E y longitud: 9536263 S.

La Parroquia Purunuma se encuentra ubicada al sur oriente del Cantón Gonzanamá, posee una extensión de 150 km². Limita al Norte con las parroquias de Nambacola (Cantón Gonzanamá) y El Tambo (Cantón Catamayo) al Sur con el cantón Quilanga, al Este con las parroquias El Tambo y Malacatos; y al Oeste con la parroquia Gonzanamá. Está conformada por ocho barrios Sasaco, Purunuma, La Cría, San Miguel, Las Lagunas, Chiquil, Chinguilamaca y Cabuyos.

Presenta una variación altitudinal que oscila desde los 1300 m.s.n.m., hasta los 3100 m.s.n.m. El clima es característico de la región andina, influenciada por factores como una temperatura promedio de 21 °C, con una precipitación media anual de 1098,8 mm y una humedad relativa del 85 %; siendo estos factores los que determinan las condiciones de desarrollo de la biodiversidad. (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Gonzanamá, 2015). A su vez en la parte baja de la parroquia predominan bajos niveles de precipitación que según información climatológica puede llegar incluso a los 700 mm/año, y corresponde a espacios aledaños al río Chonta y los poblados de La Cría, Chinguilamaca y San Miguel (Gobierno Autónomo Descentralizado Purunuma, 2014).

Se caracteriza principalmente por ser áreas Rurales Agrícola y ganadera ya que presenta tipos de cobertura vegetal con influencia antrópica como los cultivos de maíz, las plantaciones forestales, los pastos cultivados en diferentes sistemas y principalmente estratos caracterizados como misceláneos indiferenciados que básicamente corresponden a mosaicos agropecuarios (huertas),

áreas en proceso de regeneración (rastrajos, luzaras) y otros sistemas agrícolas y ganaderos (Gobierno Autónomo Descentralizado Purunuma, 2014).



Fuente: Castillo, G. (2019)

Figura 1. Ubicación del área de estudio

3.1.1. Fase de Campo

Esta fase se realizó mediante visitas al campo al sector Chinguilamaca (Cantón Gonzanamá), donde se seleccionaron 10 árboles que presentaron las mejores características fenotípicas como: copa grande sin competencia, fuste recto, sano y grueso, teniendo en cuenta estas características, cada individuo se georreferenció e identificó con su respectiva placa. A partir de estos individuos se hizo el análisis del potencial reproductivo y la calidad de semillas de la especie.

3.1.2. Fase de laboratorio

Esta fase se realizó en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, ubicado en el cantón y provincia de Loja, parroquia San Sebastián, a 3 km del sur de la ciudad de Loja, vía a Malacatos. En el laboratorio se determinó los parámetros para el análisis del potencial reproductivo y la calidad de semillas, en base a la metodología estandarizada de las normas internacionales para el análisis de semillas forestales (ISTA, 2007).

3.2. Metodología para determinar el potencial reproductivo de semillas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, provenientes de árboles semilleros.

3.2.1. Selección de árboles

Se realizaron recorridos por lugares cercanos y accesibles en el sector de Chinguilamaca, donde se seleccionaron 10 individuos al azar considerando características fenotípicas como: el diámetro a la altura del pecho (DAP), altura entre otros parámetros que se muestran en los Cuadros 2 y 3. Luego se procedió a identificar los árboles con una placa informativa.

3.2.2. Recolección de Semillas

Se colectó los frutos de los 10 árboles de *Anadenanthera colubrina*, y se colocaron en bolsas de papel previamente etiquetadas de acuerdo a la codificación de cada árbol (Tabla 2), para luego ser transportadas al laboratorio, donde se procedió a extraer las semillas de los frutos para su análisis.

Tabla 2. Hoja de campo para la recopilación de información general y localización de individuos seleccionados.

INFORMACIÓN GENERAL	
Código: _____ Especie: _____ Fecha de recolección: _____ Provincia: _____ Cantón: _____ Parroquia: _____ Sitio: _____ Propietario: _____	Coordenadas Geográficas: Longitud: _____ Latitud: _____ Altitud: _____ Topografía: _____

Fuente: Chamba y Chimbo, 2002.

Tabla 3. Hoja de campo para la recopilación de datos generales de campo, de los individuos seleccionados.

Especie	Código	CAP (cm)	DAP (m)	Altura (m)	Ancho de copa

Fuente: Alvarado y Encalada 2007.

3.2.3. Determinación del potencial reproductivo de la especie *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan

Para determinar la fisiología reproductiva de *Anadenanthera colubrina*, se colectó los frutos de los 10 árboles seleccionados anteriormente. Una vez obtenidos se evaluaron los siguientes parámetros:

3.2.3.1. Número de frutos promedio por rama y por árbol

Se escogió al azar un total de seis ramas con frutos por árbol, entre terciarias y cuaternarias, según la disposición del árbol y se procedió a contar el número de frutos en cada una de ellas, luego se obtuvo el promedio de las seis ramas evaluadas (# frutos por rama). El promedio de frutos se multiplicó por el total de ramas con frutos (determinado con anterioridad) y de esta manera obtener el número aproximado de frutos/árbol.

Para calcular el número de frutos para cada árbol se utilizó la siguiente fórmula:

$$\mathbf{NFT} = \mathbf{Nfp} \times \mathbf{Nrf}$$

Dónde:

NFT = Número total de frutos de cada árbol

Nfp = Número de frutos promedio por rama

Nrf = Número de ramas con frutos del árbol

Tabla 4. Hoja de registro para el cálculo del potencial productivo de cada árbol.

Especie:								
N° de árbol	N° de frutos por rama						Promedio N° fruto por ramas (Nfp)	N° de ramas con frutos (Nrf)
	Rama 1	Rama 2	Rama 3	Rama 4	Rama 5	Rama 6		

Fuente: Chamba y Chimbo 2002.

3.2.3.2. Producción de semillas por fruto

Se extrajeron y contabilizaron las semillas de 20 frutos por árbol y, luego se aplicó la fórmula utilizada por Ordoñez (2001).

$$\mathbf{Ps} = \frac{\mathbf{Pp} * \mathbf{Nsm}}{\mathbf{Nfm}}$$

Dónde:

Ps= Producción de semilla de árbol

Pp= Potencial productivo del árbol (promedio de número total de frutos)

Nsm= Numero semilla muestra

Nfm= Numero de frutos de la muestra

3.3. Metodología para Analizar la Calidad de Semillas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, provenientes de árboles semilleros mediante la utilización de las Normas Internacionales para el Análisis de Semillas Forestales ISTA a nivel de laboratorio.

3.3.1. Obtención de semillas de los frutos de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan

La recolección de los frutos se realizó en el campo cuando el fruto alcanzó su madurez fisiológica. Para poder realizar la recolección se hizo uso de materiales como: podadora aérea y de mano. Una vez colectados los frutos, se los traslado al laboratorio donde se procedió a extraer las semillas para su análisis, aplicando las normas internacionales, para el análisis de semillas forestales en laboratorio (ISTA, 2007), en donde se calculó la pureza, peso de semilla, contenido de humedad, viabilidad y germinación.

3.3.2. Pruebas Estándar de Calidad de Semillas, de acuerdo a las Normas ISTA.

Para el Análisis de la calidad de Semillas de Wilco (*Anadenanthera colubrina*), se realizó en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal y se aplicó las normas internacionales para análisis de semillas Forestales en Laboratorio (ISTA, 2007); en donde se evaluaron los siguientes parámetros:

3.3.2.1. Pureza

Para determinar la pureza se extrajo las semillas de los frutos recolectados (vainas), obteniendo 100 semillas de cada árbol, dando un total de 1000 semillas, mismas que se dividió en dos muestras (50 semillas cada una) al azar y se tomó su peso inicial. Luego se separó las impurezas grandes de forma manual y con un colador las impurezas pequeñas. A continuación se pesó en forma individual en la balanza granataria y se obtuvo un peso promedio que luego se lo relacionó con el peso inicial y con esto se calculó el porcentaje de pureza empleando la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de Pureza} = \frac{\text{Peso de la Semilla Pura}}{\text{Peso Total de la Muestra Original}} \times 100$$

3.3.2.2. *Peso de la semilla*

Se utilizó una muestra de 1000 semillas, tomadas del componente de ensayo de pureza. En una balanza granataria se pesó cada una de estas sub-muestras luego se determinó el peso promedio de ellas, finalmente se obtuvo el peso de las semillas con la siguiente fórmula:

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

3.3.2.3. *Contenido de humedad*

Para determinar el contenido de humedad inicial de las semillas de *Anadenanthera colubrina*, se tomó 10 muestras del ensayo de pureza de 10 g cada una, luego se las colocó en recipientes de 9 cm de diámetro en una estufa, aplicando la siguiente metodología:

- Se pesó el recipiente vacío (cajas petri de 9 cm de diámetro) incluso la tapa (M1).
- Se colocó la muestra de la semilla (10 g.) en el recipiente y se pesó (M2).
- El recipiente se colocó en una estufa a una temperatura de 50 °C, durante 48 horas (ISTA 2007).
- Una vez concluido el tiempo se las retiró de la estufa, para luego pesar las semillas en el recipiente nuevamente (M3).

El porcentaje de contenido de humedad se calculó con la siguiente fórmula:

$$CH = (M_2 - M_3) \frac{100}{M_2 - M_1}$$

Dónde:

CH = Contenido de humedad (%).

MI = Peso del recipiente vacío

M2 = Peso del recipiente más 10 g. de semillas

M3 = Peso seco

3.3.2.4. *Porcentaje de Germinación*

Para determinar el porcentaje de germinación de las semillas, se tomó 10 réplicas de 100 semillas puras cada una. Para la desinfección de las semillas primero se lavó la semilla con agua más detergente por unos dos minutos, luego se enjuagó con abundante agua las semillas, hasta eliminar los restos de detergente, posteriormente se procedió a hacer una inmersión en alcohol al 70% por un minuto; y una solución de: agua destilada 50% y cloro comercial (ingrediente activo: hipoclorito de sodio al 5.25 %) al 50% por 15 minutos, transcurrido el tiempo se enjuagó con agua destilada estéril, hasta eliminar los restos de cloro), mismas que se sometieron a los parámetros que se especifican en la tabla 5.

Tabla 5. Parámetros previos a la germinación de las semillas en estudio.

Especie	Tratamiento pre-germinativo	Semillas	Desinfección
<i>Anadenanthera colubrina</i>	Imbibición en agua destilada por 24 horas.	100 por árbol	Alcohol al 70% por un minuto y una solución de: agua destilada 50% y cloro comercial (ingrediente activo: hipoclorito de sodio al 5.25 %) al 50% por 15 minutos.

Una vez desinfectadas las semillas se colocaron en cajas de Petri (previamente esterilizadas), preparadas con papel absorbente saturado en agua destilada estéril, como sustrato.

Seguidamente se procedió a etiquetar y colocar en el cuarto de inoculación a una temperatura de 20 °C y se mantuvieron hasta que el proceso de germinación se estabilizó. Las lecturas sobre germinación se las realizó diariamente, a partir del tercer día de iniciada la prueba, el ensayo duró 13 días.

Para los resultados de germinación se tomó en cuenta únicamente aquellas semillas que presentaron todas sus estructuras fisiológicas, esto es, radícula y primeras hojas cotiledonares. Así mismo, es importante señalar que, para determinar este parámetro, no fue necesaria la aplicación de un diseño estadístico, ya que simplemente se consideró como un ensayo para comprobar el poder germinativo de la especie forestal en estudio.

Finalmente, se determinó el porcentaje de germinación, haciendo una relación simple entre el total de semillas del ensayo de cada caja petri (100) y el número de semillas germinadas, durante el ensayo.

3.3.2.5. Viabilidad de la semilla

Para realizar esta prueba, en las Normas ISTA 2007, se establece utilizar las semillas luego de finalizar las pruebas de germinación, pero en este estudio la mayoría de semilla que no germinó, estuvo expuesta a agentes de contaminación, generando pudrición de las mismas, por lo que fue necesario utilizar una nueva muestra de 500 semillas (50 semillas por árbol).

La prueba de viabilidad consistió en sumergir las semillas por 24 horas (tres días) en una solución de agua destilada con tetrazolium líquido al 1%. Concluido este tiempo se procedió a observar las semillas en un estereoscopio y se determinó su viabilidad, según las normas ISTA, en donde la tinción rosada es presencia de embrión y endospermo; y, sin tinción evidencia la presencia del embrión muerto. La diferencia de coloración, junto con otras consideraciones, permite establecer la naturaleza de las alteraciones en el embrión y demás partes de las semillas.

3.3.3. Análisis de los datos

Se utilizó medidas de tendencia central y de dispersión, determinando la varianza, desviación estándar y promedio.

3.4. Metodología para difundir resultados sobre la fisiología reproductiva y calidad de semillas de la especie Wilco (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan), a los moradores del sector Chinguilamaca, Parroquia Purunuma, Cantón Gonzanamá de la Provincia de Loja.

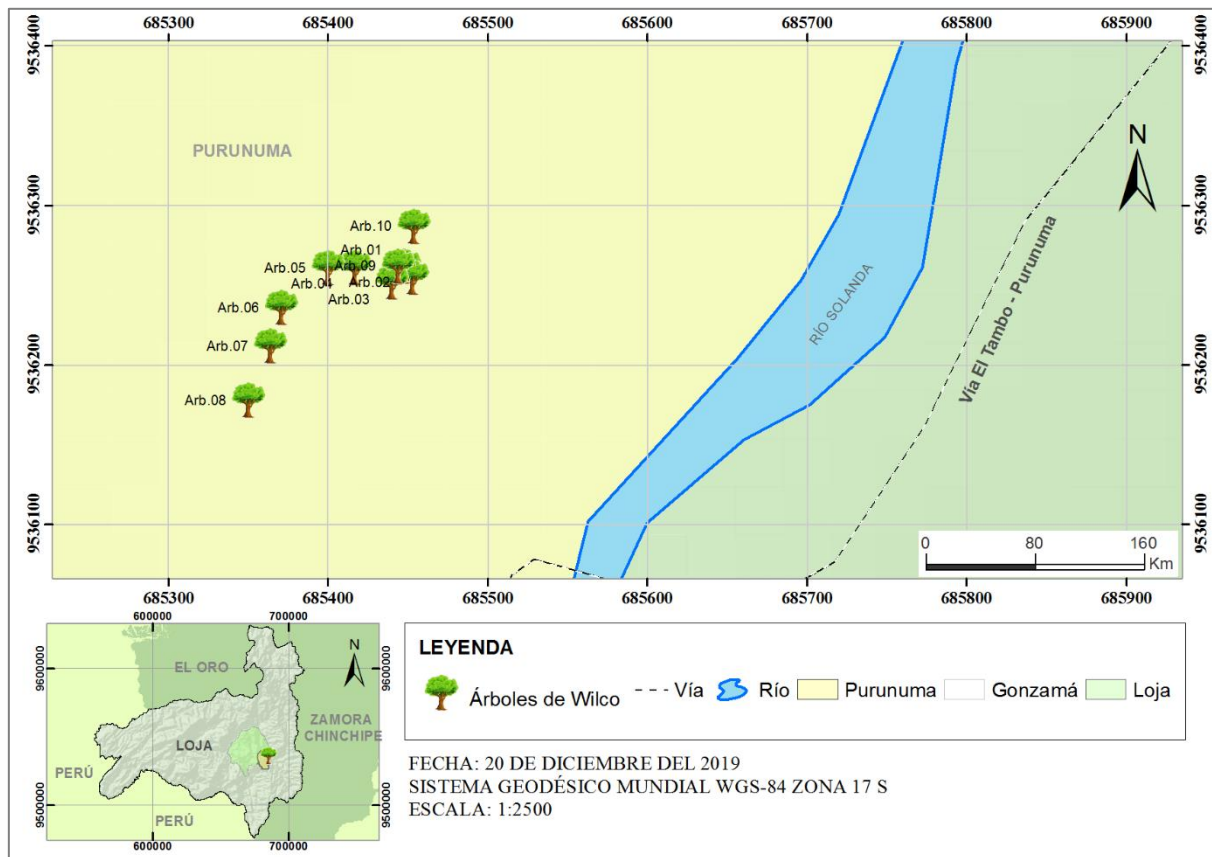
Para el cumplimiento de este objetivo se realizó la difusión de los resultados del presente proyecto de Tesis a los moradores del sector Chinguilamaca, Parroquia Purunuma, Cantón Gonzanamá de la Provincia de Loja, para lo cual se elaboró un tríptico sobre el potencial reproductivo y análisis de calidad de semillas y por último la publicación de un artículo científico.

4. RESULTADOS

4.1. Localización de los árboles de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan

Los 10 árboles seleccionados fueron georreferenciados utilizando coordenadas UTM (Anexo 6).

La ubicación geográfica de la localidad donde se encuentran los árboles se puede visualizar en la Figura 3.



Fuente: Castillo, G. (2019)

Figura 3. Mapa de ubicación de los árboles de *Anadenanthera colubrina*

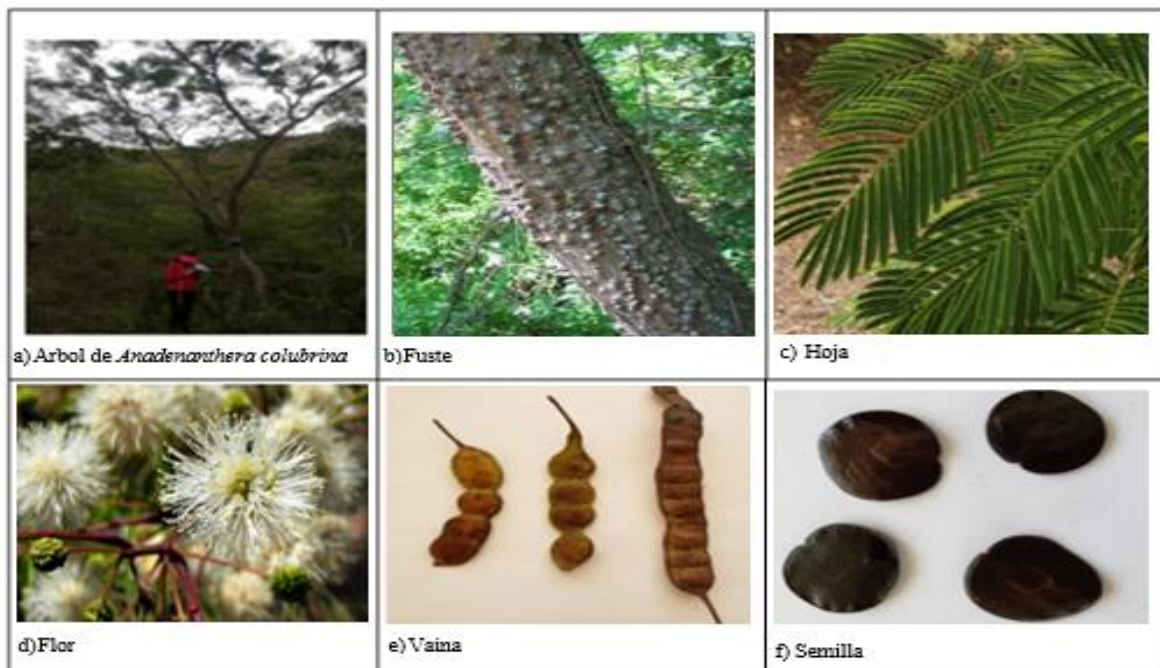
4.2. Descripción morfológica de los árboles de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan

En el área de estudio los árboles de *Anadenanthera colubrina*, presentaron características de altura total que alcanza entre los 10-15 m y hasta 30 cm de DAP, con fuste de corteza rugosa de color castaño-rojizo (plantas jóvenes en la corteza tiene espinas redondas y grandes) y lenticelas

en las ramas (Figura 4b). Algunos árboles pueden tener apariencia de corteza lisa, pero hacia la parte alta del fuste generalmente aparecen protuberancias.

Las hojas son alternas, compuestas, bipinnadas, raquis primario pubescente (Figura 4c), posee inflorescencias en glomérulos multifloros color crema de 12 mm de diámetro, sobre pedúnculos delgados de 1-3 cm de largo, pubescentes, dispuestos de 2-5 en fascículos axilares. Flores sésiles de 5 mm de largo con cáliz acampanado, tubo de 1,2 mm de largo, con 5 lóbulos triangulares de 0,5 mm de largo. Corola glabra, acampanada, tubo de 2 mm de largo, con 5 lóbulos triangulares de menos de 1 mm de largo (Figura 4d).

El Fruto es una vaina de 8-25 cm de largo por 2-3 cm de ancho, coriáceo, castaño-rojizo, aplanado, alargado, con los bordes marginados, leñosos, estrangulados entre cada semilla. Las semillas son castaño-rojizas de 1,5 cm, lisas, muy comprimidas lateralmente, con las caras planas circulares, generalmente de 8-15 por vaina (Figura 4d).



Fuente: Castillo, G. (2019)

Figura 4. Morfología de *Anadenanthera colubrina* a) Árbol, b) Fuste, c) Hoja, d) Flor, e) Vaina, f) Semilla.

4.3. Potencial reproductivo de la especie *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenen, en el sector Chinguilamaca.

4.3.1. Número de frutos promedio por rama y por árbol

El diagnóstico del potencial productivo se realizó de forma particular para cada uno de los individuos de *Anadenanthera colubrina* (Ver Anexo 2). A continuación, se presenta los promedios del número de frutos por rama y por árbol.

Tabla 6. Número de frutos promedio por rama y por árbol de *Anadenanthera colubrina*, del sector Chinguilamaca.

N° Árbol	N° promedio de frutos/rama	N° de ramas con Frutos (vainas)	N° Promedio de frutos/árbol
1	34	16	544
2	44	12	528
3	46	11	510
4	26	25	642
5	38	20	763
6	31	16	491
7	25	12	294
8	34	16	541
9	29	13	373
10	28	17	476
Suma (Σ)	333,83	158,00	5161,33
Promedio	33,38	15,80	516,13
Desviación estándar (σ)	7,46	4,26	129,38

Para evaluar el número de frutos promedio por rama y por árbol en *Anadenanthera colubrina*, se colectó frutos de los 10 árboles seleccionados, de los cuales se obtuvo un promedio de 33,38 frutos por rama, cada fruto presentó entre 8 a 10 semillas. El árbol con mayor número de frutos por rama es el árbol 3 con 46 vainas que producen en promedio 510 frutos por árbol. Mientras que el árbol con mayor producción de frutos es el 5 que en promedio produce 763 frutos por árbol con 38 frutos promedio por rama. Con estos valores se estableció que la producción de frutos por árbol de la especie llegó a 516,13 por árbol con una desviación estándar de $\pm 129,38$; y 33,38 frutos por rama con una desviación estándar de $\pm 7,46$.

4.3.2. Producción de semillas por árbol

Para determinar la producción de semillas por árbol en el sitio de estudio, se consideró 20 frutos de cada uno de los individuos seleccionados, obtenido un promedio de 74 semillas por árbol, en promedio los 10 árboles producen aproximadamente 270 semillas cada uno, con una desviación estándar de $\pm 69,73$. Los promedios del número de semillas por árbol se presentan en la Tabla 7 a continuación:

Tabla 7. Producción de semillas por árbol de *Anadenanthera colubrina* del sector Chinguilamaca.

N° de Árbol	N° de frutos evaluados	N° de semillas por árbol	Producción de semilla de árbol
1	20	85	312
2	20	71	261
3	20	56	206
4	20	101	371
5	20	61	224
6	20	55	202
7	20	97	356
8	20	66	243
9	20	93	342
10	20	50	184
	Suma (Σ)	735	2701
	Promedio	74	270
	Desviación estándar (σ)	18.98	69.73

En la Figura 5 se muestra la producción promedio de semillas por cada árbol, donde se puede observar que el árbol 4 cuenta con un mayor número de semillas, es decir, una mayor producción de 371 semillas, mientras que el árbol 10, tiene la más baja producción, ya que contó con 184 semillas.

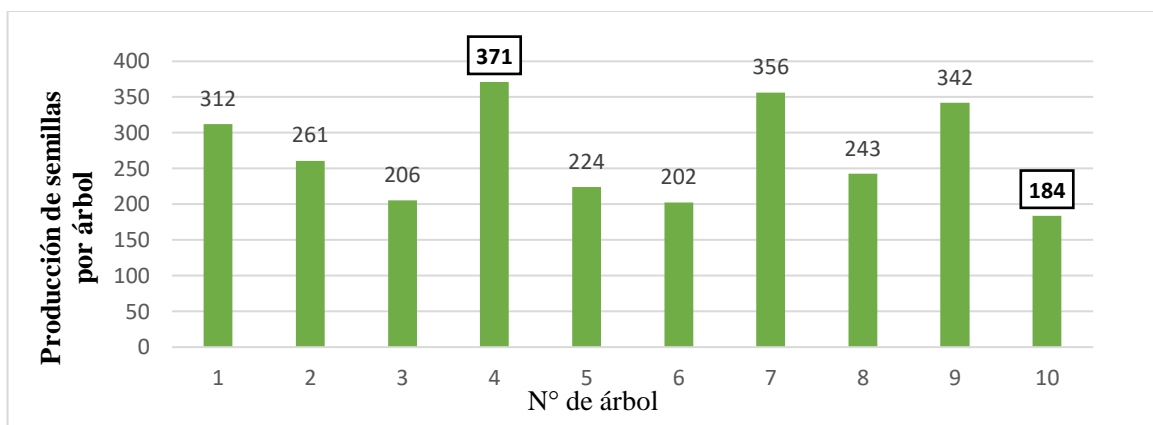


Figura 5. Producción de semillas de *Anadenanthera colubrina* en el sector de Chinguilamaca

4.4. Resultados del análisis de calidad de semillas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan a nivel de laboratorio aplicando las normas ISTA.

Para la obtención de resultados uniformes y estandarizados se aplicó las Normas Internacionales para el Análisis de Semillas Forestales (ISTA 2007), a continuación, se presentan los resultados obtenidos en cuanto a pureza, peso, contenido de humedad, germinación y viabilidad de las semillas obtenidas en el área de estudio.

4.4.1. Pureza de la semilla

El porcentaje de pureza, que se presenta en el Anexo de la especie en estudio, fue un alto valor que alcanzó 98,91 %, el cual se debe al buen estado fitosanitario de los individuos que fueron seleccionados; así como también, a la época en la que se recolectaron los frutos en campo. El porcentaje más alto de pureza fue del árbol 4 con 99,68 %, mientras que el porcentaje más bajo es del árbol 9 con 96,95 %, como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Porcentaje de pureza de semillas de *Anadenanthera colubrina*

Sitio	N° árbol	Especie	Pureza (%)
Chinguilamaca	1	<i>Anadenanthera colubrina</i>	99.33
	2	<i>Anadenanthera colubrina</i>	99.39
	3	<i>Anadenanthera colubrina</i>	99.25
	4	<i>Anadenanthera colubrina</i>	99.68
	5	<i>Anadenanthera colubrina</i>	99.41
	6	<i>Anadenanthera colubrina</i>	99.07
	7	<i>Anadenanthera colubrina</i>	99.08
	8	<i>Anadenanthera colubrina</i>	98.48
	9	<i>Anadenanthera colubrina</i>	96.95
	10	<i>Anadenanthera colubrina</i>	98.49
Promedio			98.91

4.4.2. Peso de las semillas

La especie *Anadenanthera colubrina* presentó variación en el peso de las semillas de cada árbol, debido a que está directamente relacionado con el tamaño del fruto y de las semillas. Se pesaron 1000 semillas obteniendo 243,99 g (0,24 kg), al estimar el número de semillas por un kg se obtuvo 48162 semillas en total de los árboles evaluados. En promedio se obtuvo que la especie produce por árbol aproximadamente 4816 semillas/Kg. Los valores que se muestran en la Tabla 9, nos dan una idea clara del tamaño y forma de las semillas en cada árbol.

Tabla 9. Peso de 1000 semillas de los árboles de *Anadenanthera colubrina* del sector de Chinguilamaca.

N° árbol	Peso de 1000 s (g)	Peso de 1000 s (Kg)	N° semillas/Kg
1	29.22	0.03	3422
2	28.87	0.03	3464
3	29.29	0.03	3414
4	30.55	0.03	3273
5	28.83	0.03	3469
6	30.47	0.03	3282
7	28.75	0.03	3478
8	15.85	0.02	6309
9	11.13	0.01	8985
10	11.03	0.01	9066
Total	243.99	0.24	48162
Promedio			4816

4.4.3. Contenido de humedad de las semillas

El contenido promedio de humedad de las semillas de *Anadenanthera colubrina* en el sitio de estudio fue de 7,95 %, mientras que de forma independiente (Ver Anexo 4) el árbol 9 resultó ser el que mayor porcentaje de humedad presentó del 16,1 %, y el porcentaje más bajo de humedad fue de 3,17 % del árbol 1.

Por lo tanto, estas diferencias en las semillas y por su bajo contenido de humedad, se consideran de acuerdo a la clasificación de Quinapallo y Vélez (2013) como semillas ortodoxas, por presentar valores inferiores al 40 % de contenido de humedad, lo que significa que podrían ser almacenadas a temperaturas adecuadas por un tiempo considerable para conservar el poder germinativo. Los resultados de contenido de humedad por cada árbol de la especie en estudio se encuentran expresados en la Tabla 10.

Tabla 10. Porcentaje de contenido de humedad de los árboles de *Anadenanthera colubrina* del sector de Chinguilamaca.

N° árbol	Especie	Contenido de Humedad (%)	Clase de semilla
1	<i>Anadenanthera colubrina</i>	3,17	Ortodoxa
2	<i>Anadenanthera colubrina</i>	6,82	Ortodoxa
3	<i>Anadenanthera colubrina</i>	7,73	Ortodoxa
4	<i>Anadenanthera colubrina</i>	8,32	Ortodoxa
5	<i>Anadenanthera colubrina</i>	5,82	Ortodoxa
6	<i>Anadenanthera colubrina</i>	6,55	Ortodoxa
7	<i>Anadenanthera colubrina</i>	6,40	Ortodoxa
8	<i>Anadenanthera colubrina</i>	15,32	Ortodoxa
9	<i>Anadenanthera colubrina</i>	16,10	Ortodoxa
10	<i>Anadenanthera colubrina</i>	3,21	Ortodoxa
Promedio		7,95	Ortodoxa

4.4.4. Germinación de las semillas

Para el ensayo de germinación a nivel de laboratorio se utilizaron las semillas recolectadas de los 10 árboles de *Anadenanthera colubrina* del sector Chinguilamaca, Parroquia Purunuma del Cantón Gonzanamá Provincia de Loja (ver los resultados de germinación diarios en Anexo 5).

En la Figura 6 se muestran las curvas acumulativas del proceso de germinación de los 10 árboles de la especie en estudio por un periodo de evaluación de 10 días, iniciando la germinación a partir del tercer día y finalizando a los 10 días después de la siembra. El porcentaje promedio de germinación, según como se muestra en la Figura 7, fue del 72,60 %, valor que es alto, debido al bajo porcentaje de contaminación que presentaron las semillas (27,40 %), y a la alta viabilidad en de las semillas (ver cuadro 11).

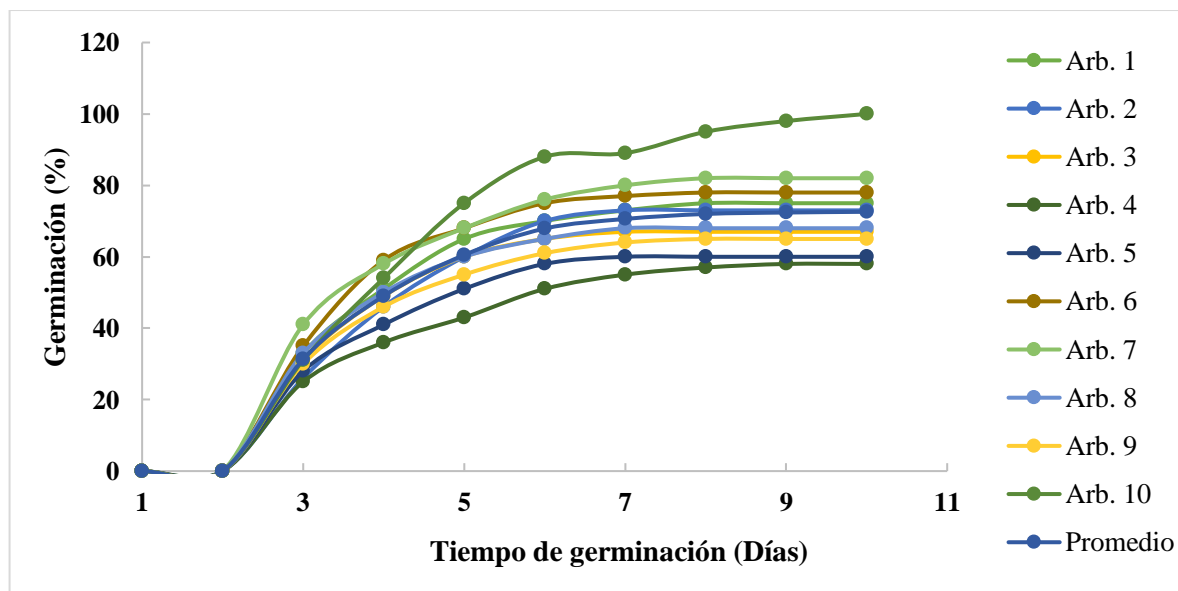


Figura 6. Porcentaje de germinación de los 10 árboles de *Anadenanthera colubrina*. Las líneas en color gris representan la germinación acumulada de cada árbol y la línea negra representa el promedio de germinación de la especie.

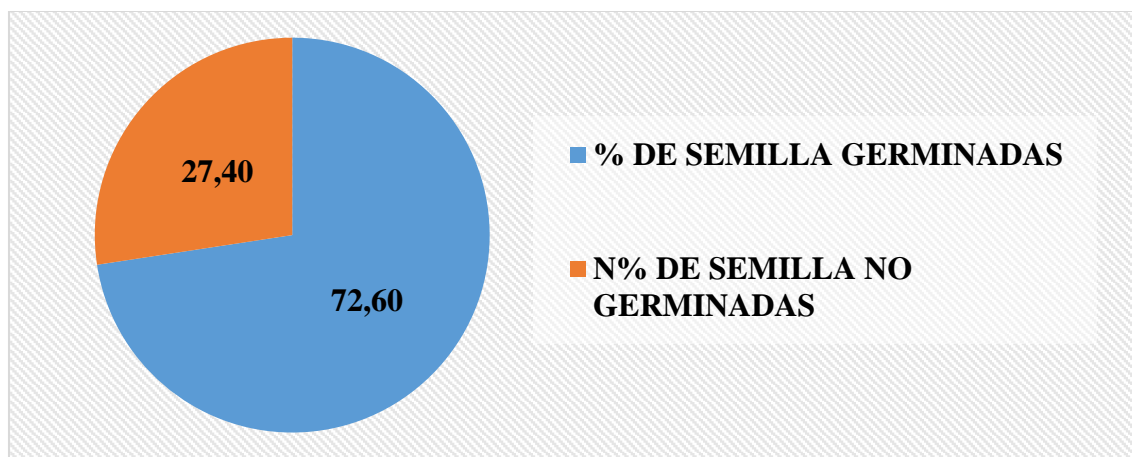


Figura 7. Porcentaje de germinación y de contaminación de semillas de *Anadenanthera colubrina* en el sector de Chinguilamaca.

En cuanto a la energía germinativa de la especie, como se muestra en la Figura 8, se observa que los tres primeros días fueron cruciales en la germinación de *Anadenanthera colubrina*, debido a que en este período se presentaron plántulas con raíces y hojas cotiledonares normales y formadas completamente. *Anadenanthera colubrina* alcanzó un porcentaje de germinación del 31.6 % en los tres primeros días, presentando la mayor cantidad de germinación de semillas (Ver Anexo 5).

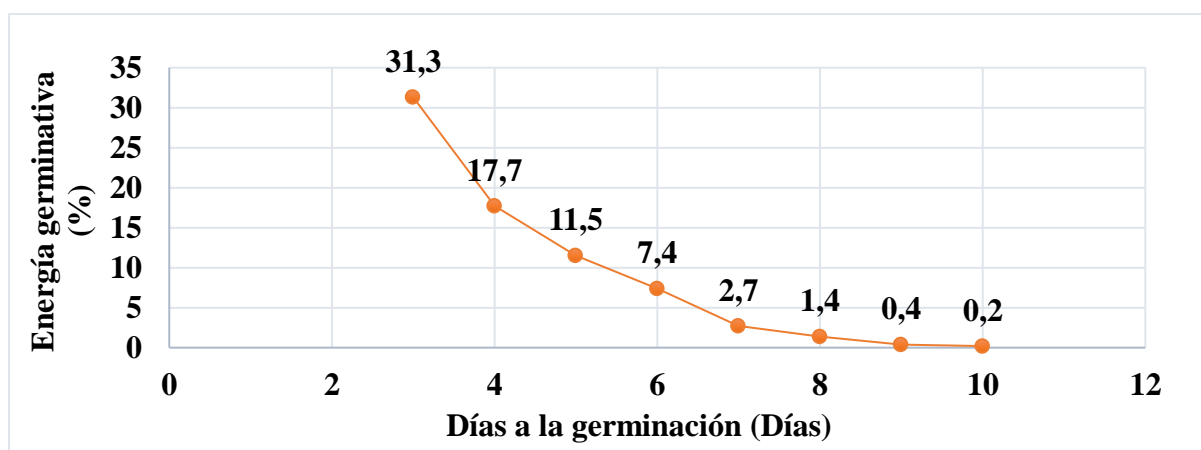


Figura 8. Energía germinativa de la especie *Anadenanthera colubrina* del sector Chinguilamaca.

4.4.5. Viabilidad de las semillas

ISTA (2007), recomienda utilizar las semillas que no germinaron en la muestra de 1000 semillas que se usaron en el ensayo de germinación; para *Anadenanthera colubrina* la germinación llegó al 72,6 % proporcionando un porcentaje del 27,7 % para realizar la prueba de viabilidad. Sin embargo, debido a que las semillas no germinadas se encontraban contaminadas y en proceso de pudrición; se creyó conveniente utilizar una nueva muestra de 500 semillas (50 semillas por árbol) para realizar este análisis.

A continuación, en la Tabla 11 se muestran los valores obtenidos para este parámetro, en donde el árbol 4 y el árbol 7 en la prueba de viabilidad fueron los únicos que no presentaron semillas sin embrión, en los demás árboles el porcentaje de semilla sin embrión varió entre el 2 y 8 %. El porcentaje de semillas no viables fue bajo en el árbol 7 (2 %) y el árbol 4 (10 %). En el caso del árbol 10 presentó un porcentaje de viabilidad del 31 %, pero los resultados de germinación estuvieron por debajo del 62 %, por lo tanto, la baja germinación de las semillas de la especie estuvo influenciada por la contaminación de las semillas; y al porcentaje de semillas no viables y vacías (19 %).

Tabla 11. Porcentajes de viabilidad en semillas de *Anadenanthera colubrina*.

Especie	Semillas	50 Semillas por árbol			500 Semillas por especie	
		Sin embrión	No viables	Viables	% semilla germinada	% semilla contaminada
Arb. 1	50	2	3	45	90	--
Arb. 2	50	4	4	42	84	--
Arb. 3	50	1	6	43	86	--
Arb. 4	50	--	10	40	80	--
Arb. 5	50	4	5	41	82	--
Arb. 6	50	3	8	39	78	--
Arb. 7	50	--	2	48	96	--
Arb. 8	50	8	8	34	68	--
Arb. 9	50	2	11	37	74	--
Arb. 10	50	8	11	31	62	--
Total	500	32	68	400	80	--

Finalmente en la Tabla 12, se muestra un resumen de los resultados de los parámetros de calidad de las semillas de la especie *Anadenanthera colubrina* (Vell) Brenan, del sitio de estudio en la provincia de Loja, obtenidos mediante la aplicación de las Normas ISTA-2007.

Tabla 12. Resumen de los valores promedio de la prueba de calidad de semillas de la especie *Anadenanthera colubrina* del sector Chinguilamaca.

Nº de árbol	Pureza (%)	Peso de 1000 semillas (g)	Contenido de humedad (%)	Germinación (%)	Viabilidad (%)
1	99.33	29.22	3.17	75	90
2	99.39	28.87	6.82	73	84
3	99.25	29.29	7.73	67	86
4	99.68	30.55	8.32	58	80
5	99.41	28.83	5.82	60	82
6	99.07	30.47	6.55	78	78
7	99.08	28.75	6.40	82	96
8	98.48	15.85	15.32	68	68
9	96.95	11.13	16.10	65	74
10	98.49	11.03	3.21	100	62
Promedio	98.91	243.99	7.94	72.6	80

4.5. Difusión de los resultados sobre la fisiología reproductiva y calidad de semillas de la especie *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan

Dada la importancia que representa la generación de información sobre este tema, se realizaron varias acciones para la difusión de los resultados.

Se elaboró un tríptico (Ver Anexo 7) para dar a conocer la presente investigación a los moradores del barrio Chinguilamaca de la Parroquia Purunuma, ya que muchos de ellos carecen de información acerca de los usos y propiedades que posee esta especie, así mismo se efectuó la exposición de los resultados obtenidos a todos los moradores del sector.

5. DISCUSIÓN

5.1. Determinación el potencial reproductivo de semillas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, provenientes de árboles semilleros del sector Chinguilamaca.

Para planear estrategias adecuadas de recolección de semillas es indispensable, el conocimiento de las épocas de floración y fructificación de las semillas de *Anadenanthera colubrina*, identificar en que mes del año es más probable encontrar la mayor cantidad de frutos maduros. Es importante para la conservación de recursos genéticos y el manejo de bosques primarios y secundarios marcar los meses en los que ocurre, ayudando a la planificación de colecta de semilla (Vilchez, 2004).

Una de las razones del bajo promedio de semillas que se registró en estos árboles puede deberse a que se encontraron frutos abiertos al momento de la recolección (agosto, 2019), pues ya alcanzaron su punto máximo de madures, lo que se corrobora con lo manifestado por Justiniano y Fredericksen (1998), que indican que la especie fructifica en los meses de octubre y principios de noviembre y tardan 10 meses en desarrollarse, por lo tanto empiezan a caer al suelo en agosto hasta octubre, que es el mes donde se observan picos de maduración de los frutos y la lluvia de semillas.

En el sector Chinguilamaca, la especie *Anadenanthera colubrina* en promedio cada árbol presento entre 25 a 38 frutos por rama, en cuanto a la producción de semillas analizando 20 frutos por árbol, cada vaina presento entre 8 a 10 semillas, con lo que se obtuvo una producción total de 735 semillas, en promedio aproximadamente cada árbol produce 270 semillas. Esto es similar a lo indicado por Justiniano y Fredericksen (1998), que mencionan que el número de semillas por vaina oscila entre 8 y 15; con un tamaño de 10 a 30 cm de largo y 2 cm de ancho.

Para la recolección de los frutos, de los 10 árboles seleccionados al azar, se consideró algunas características morfológicas como el cambio de color del fruto de verde a rojo y la dehiscencia de los mismos; factores que permitieron definir que el fruto estaba maduro, lo que se corrobora con lo mencionado por Jara (1996), quien indica que en algunas especies los cambios morfológicos observados durante el desarrollo del fruto, como su cambio de coloración, tamaño, consistencia, o la dehiscencia son indicadores del estado de madurez de sus semillas.

5.2. Análisis de la calidad de semilla de la especie *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan a nivel de laboratorio aplicando las Normas ISTA (2007)

Las semillas constituyen un enorme potencial para la conservación y manejo de los recursos naturales. Sin embargo, el conocimiento de la biología de la semilla es muy restringido a unas cuantas especies, lo que se ve reflejado en los problemas que existen en su almacenamiento y conservación. Para superar esta problemática y minimizar los riesgos de utilizar semillas que no tienen una adecuada capacidad para producir buenas cosechas, es de fundamental importancia realizar un control de calidad y dentro de este se ven vinculados diferentes métodos útiles y confiables para determinar las principales características de una semilla de calidad.

Para analizar la calidad de las semillas de *Anadenanthera colubrina*, se utilizó las Normas Internacionales para el Análisis de Semillas Forestales (ISTA, 2007), las cuales permitieron generar información sobre la pureza, peso de la semilla, contenido de humedad, germinación y viabilidad de la semilla. Esto sumado al conocimiento sobre el potencial productivo de las semillas será de gran utilidad para los usuarios y demás interesados en trabajar en la regeneración de esta especie.

En lo relacionado a la pureza, las semillas de *Anadenanthera colubrina* en promedio poseen 98,91 % de pureza, y el 1,09 % presentaron pequeños agujeros ocasionados por cierto tipo de

larva de coleóptero y otras por marcas producidas por roedores, que se comen las semillas antes de que estas cumplan su madurez fisiológica.

El peso de las semillas se relacionó con el número de unidades por kilogramo. Las 1000 semillas de *Anadenanthera colubrina* alcanzaron un peso de 243.99g (0,24 g /semilla), con un promedio de 4816 semillas por kilogramo. Este resultado es mayor a los obtenidos en un estudio realizado en Brasil, donde obtuvieron que 1000 semillas pesaron 92.27 gramos con un promedio 4816 semillas por kilogramo. A diferencia de Barboza, et al., (2014) quienes obtuvieron que 1000 semillas pesan 92.27 gramos, con un promedio de 10.837 semillas por cada kilogramo.

En lo referente al contenido de humedad de las semillas de *Anadenanthera colubrina.*, alcanzaron un promedio bajo de 7,95 %, lo que se corrobora con Lorenzi, (1992) de Brasil, que obtuvieron un resultado similar ya que la especie alcanzó un contenido de humedad del 9,83 % de humedad (Barboza et al, 2014); con estos resultados se demuestra que esta especie tiene semilla ortodoxa. Esto se corrobora con lo manifestado por Chamba (2014), quien menciona que en base al contenido de humedad las semillas se pueden clasificar en: ortodoxas, cuando tienen menos del 40% de contenido de humedad y semillas recalcitrantes, cuando disponen de más del 40% de contenido de humedad.

Según la FAO (2011), las semillas ortodoxas contienen poco contenido de humedad, por lo que se pueden almacenar perfectamente a temperaturas bajas o inferiores a 0 °C durante largos períodos. Se ha comprobado que mantienen la viabilidad de sus semillas durante decenios ya que tienen la cubierta seminal dura, por lo que previene un deterioro rápido de la misma, provocando que se mantenga el vigor y la capacidad germinativa de la semilla, lo que se corrobora con lo manifestado por Chimbo y Chamba (2011), quienes menciona que las semillas que guardan menor humedad tienen un mayor porcentaje de germinación y viceversa.

En esta investigación mediante el análisis de 1000 semillas de *Anadenanthera colubrina* en laboratorio se obtuvo un porcentaje promedio del 72,6 % de germinación durante los 10 días de evaluación, presentando. Este resultado es menor al 80 % obtenido por Lorenzi (1992) en Brasil; al 82 % obtenido por Guzmán (1997) a los 17 días, en Bolivia (Las Trancas, Lomerio); y al 90 % obtenido por Barbosa (2003) después de 48 horas de observación sin requerir tratamiento. Esto permite concluir que la semilla de *Anadenanthera colubrina* tiene un porcentaje de germinación alta al igual como lo indica Justiniano y Fredericksen (1998).

En cuanto al tiempo para la germinación, en el presente estudio ocurrió desde el día 3 después de la siembra, con una duración de 6 días entre el comienzo y el final de la germinación; esto es similar a lo obtenido por Barbosa (2003), donde las semillas germinaron desde el segundo día después de la siembra, con una duración de cuatro días entre el comienzo y el final de la germinación. Con esto se concluye que la semilla de *Anadenanthera colubrina* es de inmediata germinación.

Finalmente, en el ensayo de viabilidad que se trabajó con 500 semillas, se obtuvo un total de 400 semillas viables, 68 no viables y 32 sin embrión, valores que representan el 80 %; 13,6; y 6,4 % respectivamente. Es decir, las semillas conservan un alto poder germinativo, lo que facilitara la propagación sexual de la especie y la implementación de proyectos de forestación y reforestación ya que la especie cuenta con un alto potencial para el manejo forestal sostenible por su alta tasa de regeneración en lugares aprovechados o alterados y su fácil adaptación a terrenos degradados y su rápido crecimiento (Jorgensen y León, 1999). Esto corrobora lo mencionado por García (2004), quien manifiesta que la viabilidad es el periodo de tiempo durante el cual las semillas conservan una buena capacidad de germinación.

6. CONCLUSIONES

Las conclusiones a las que se han podido llegar luego de haber culminado el presente trabajo investigativo son las siguientes:

- El potencial productivo de la especie *Anadenanthera colubrina*, determinó que el número promedio de frutos por rama que presenta cada árbol, está entre 25 a 38.
- En cuanto a la producción de semillas se obtuvo una producción total de 735 semillas, y aproximadamente en promedio cada árbol produce 270 semillas.
- La pureza de semillas de *Anadenanthera colubrina*, en promedio fue alta (98.91 %), este valor se debe al estado fitosanitario de los árboles, que fueron seleccionados no presentan en su mayoría ataque de plagas y enfermedades.
- El contenido de humedad que presentaron las semillas de *Anadenanthera colubrina*, en promedio fue 7,95 %, por lo tanto, se las considera como son semillas ortodoxas, lo que significa que podrían ser almacenadas a temperaturas adecuadas por un tiempo considerable, sin perder su poder germinativo.
- La especie *Anadenanthera colubrina*., tiene una capacidad germinativa alta, con un promedio de 72,60 %, debido principalmente al bajo porcentaje de contaminación que presentaron las semillas con (27,40 %), entendiéndose por ende que las semillas de la especie tienen una alta viabilidad.

7. RECOMENDACIONES

- Las semillas de *Anadenanthera colubrina.*, en estudio son ortodoxas por presentar un bajo contenido de humedad, lo que las hace que puedan sobrevivir a periodos de desecación y congelación durante su conservación *ex situ*, por lo que es necesario realizar investigaciones para establecer la manera mas adecuada de su almacenamiento, a fin de conservar el vigor y la capacidad germinativa.
- Garantizar la permanencia de los árboles semilleros seleccionados de *Anadenanthera colubrina.*, para lo cual es necesario que la comunidad se comprometa a mantener, cuidar y evitar practicas degradativas (quemaz incontroladas, pastoreo intensivo y eliminación de árboles) que alteren el estado de los mismos.
- Realizar convenios entre la Junta Parroquial de Purunumacon organizaciones o instituciones gubernamentales y no gubernamentales, para la conservación y manejo sustentable de la especie.
- Replicar este tipo de investigaciones con diferentes especies forestales nativas de la Región Sur del Ecuador y de manera especial en la trasiçion de Bosque seco a Andino de la provincia de Loja, el cual posee un sin número de especies forestales de gran importancia ecologica, social y ambiental que son poco conocidas como es el caso del wilco (*Anadenanthera colubrina*).
- Crear convenios con Gobiernos Autónomos descentralizados y centros educativos para realizar talleres que den a conocer sobre la especie *Anadenanthera colubrina* (Wilco), sobre sus características y el aprovechamiento de sus recursos naturales renovables.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, M. (1995). Las divisiones fitogeográficas y las formaciones geobotánicas del Ecuador. Rev. Acad. Colombiana.
- Aguirre Z. y Kvist L. (2005). Composición florística y estado de conservación de los bosques secos del sur-occidente del Ecuador. Lyonia Volumen 8(2): 41-63.
- Aguirre Z. y T. Delgado. (2005). Vegetación de los bosques secos de Cerro Negro- Cazaderos, Occidente de la Provincia de Loja. 9 - 24pp En: Vásquez, M., J. Freile
- Aguirre Z., R. Linares-Palomino y P. Kvist. (2006). Especies leñosas y formaciones vegetales en los bosques estacionalmente secos de Ecuador y Perú. Arnaldoa. Volumen 13(2). pp 324-350
- Andersson, L y Taylor, C. (1994). Fabaceae *Anadenanthera colubrina*. En Harling G. Andersson L (Eds), Flora of Ecuador N° 50.
- Aponte, R. y Sanmartín, J. (2011). Fenología y ensayos de germinación de diez especies forestales nativas con potencial productivo maderable y no maderable del Bosque Protector “El Bosque”, de la parroquia San Pedro de Vilcabamba – Loja. Tesis de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Loja-Ecuador. 102 P.
- Barbosa, D. (2003). Estrategias para la germinación y crecimiento de especies leñosas en la caatinga con germinación rápida. [Estratégias de germinação e crescimento de espécies lenhosas da caatinga com germinação rápida]. Ecología y conservación de Catinga, Universidade Federal de Pernambuco, 625-656.

- Barboza, F., Pinheiro, C., Medeiros, S., y Silva, D. (2014). Germinación de semillas y desarrollo de plántulas de *Anadenanthera colubrina* en respuesta a las condiciones de peso y temperatura. [Seed germination and seedling development of *Anadenanthera colubrina* in response to weight and temperature conditions]. *Journal of Plant Sciences*, 2(1), 37-42. doi: 10.11648/j.jps.20140201.17
- Barrandeguy, M. y Darien E. (2016). Demografía histórica de *Anadenanthera colubrina* (leguminoseae) en Argentina. Artículo Científico de Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. Buenos Aires-Argentina.
- Bonner, R. (1987). Distribución, fenología y crecimiento diamétrico de cuatro especies forestales en la Reserva Natural Tumbesina-La Ceiba del Cantón Zapotillo. Loja-Ecuador. Pág. 136
- Caraguay, C. (2016). Distribución, fenología y crecimiento diamétrico de cuatro especies forestales en la Reserva Natural Tumbesina, la Ceiba del cantón Zapotillo. Tesis de Ingeniería Forestal. Área Agropecuaria y Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional de Loja. Loja-Ecuador.
- Chamba, P. (2014). Estudio fenológico y análisis de calidad de semillas de tres especies forestales nativas, promisorias del Bosque Seco, Provincia de Loja. Tesis de grado previa a la obtención de título de ingeniero forestal. Loja. Ecuador. 137 P.
- Chimbo, C. y Chamba, C. (2011). Estudio fenológico de las especies forestales del bosque montano, en la Estación Científica San Francisco. Tesis de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja. Facultad de Ciencias Agrícolas. Loja-Ecuador 113 P.
- Freire, J., Alencar, S. D. S., Passos, T., Matias, J., Da Silva, F. F. S., y Dantas, B. (2018). Descongelamento e qualidade fisiológica de sementes de *Anadenanthera colubrina*

- congeladas em temperatura ultrabaixa. [*Descongelación y calidad fisiológica de las semillas de Anadenanthera colubrina congeladas a temperatura ultrabaja*]. In Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). Informativo Abrates, v. 28, n. 1, p. 85-88, 2018
- García, R. (2004). Identificación de Fuentes semilleras y estudio Fenológico de cinco especies forestales nativas del sitio Uritusinga, cantones Loja y Catamayo. Loja-Ecuador. Pág. 116
- Guzmán, R. (1997). Caracterización de Especies Forestales en Gremios Ecológicos en el Bosque Subhúmedo Estacional de la Región de Lomerío Santa Cruz, Bolivia. Tesis M. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 59 pp.
- International Seed Testing Association (ISTA). (2007). International rules for seed testing. Edition 2007. Adopted at the ordinary Meeting 2006, Glattbrugg/Zurich, Switzerland to become effective on 1st January 2007 288 P.
- Jara, L. (1996). Programa de abastecimiento de Semillas Forestales. CATIE. Turrialba – Costa Rica. 98 P. Recuperado de: <http://books.google.com.ec/books?id=PZcOAQAIAAJ&printsec=frontcover&dq=inautor:%22Luis+Fernando+Jara+N.%22&hl=es&sa=X&ei=XveFU5vQObLOsATOjICAAw&ved=0CCEQ6AEwAQ#v=onepage&q&f=false>
- Jorgensen, P. y S. León Yáñez. (1999). Catalogue of the Vascular Plants of northwest South America. The University Press of Chicago.
- Justiniano, M. J., y Fredericksen, T. S. (1998). Ecología y silvicultura de especies menos conocidas: Curupaú *Anadenanthera colubrina* (Vell. Conc.) Benth. Mimosoideae (No. 634.973748 J96). Proyecto de Manejo Forestal Sostenible, Santa Cruz (Bolivia).

- Loján, L. (1992). El verdor de los Andes: Árboles y arbustos nativos para el desarrollo forestal altoandino. FAO. Proyecto de desarrollo forestal participativo en los Andes. Quito, Ecuador, 217 P.
- Loja, J. (1992). Guía para la manipulación de semillas forestales. Ed. William, R.L. Brasil. Pág 502.
- Lorenzi, H. (1992). Árboles brasileños [Arvores Brasileiras]. Editorial Plantarum Ltda. Sao
- Luz, M. (2008). Medidores de humedad. Revista Internacional de las Semillas Disponible en: http://www.seednews.inf.br/español/seed61/artigocapa61_esp.shtml: Consultado el 12 de marzo del 2015.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). (2015). Política y Estrategia Nacional de Biodiversidad del Ecuador, 2001-2010. Quito, 111 pp
- Naturaleza y Cultura Internacional. (2006). Valoración del Recurso Hídrico en Microcuencas Abastecedoras de agua para el Cantón Loja.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2011). Manual técnico: Semillas en emergencias. Estudio FAO: Producción y Protección Vegetal 2002. Roma – Italia. Depósitos de documentos de la FAO, Departamento de Agricultura. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/015/i1816s/i1816s00.pdf>.
- Paladines R. (2003). Propuesta de conservación del Bosque seco en el Sur de Ecuador. Lyonia, Honolulu, 4(2), 183-186.

- Pratolongo E. (2006). La región de endemismo Tumbesina, una zona de gran valor que debemos conocer y conservar. Infoecología. Recuperado de: <http://www.infoecologia.com/ultimo/2006/marzo2006/tumbesina2005030402.htm>
- Quinapallo y Velez, (2013). Silvicultura de los Trópicos. Sección de Biometría Forestal de la Universidad Nacional de Freigung, Alemania. Pág. 32.
- Rodríguez y Nieto. (2000). Manual Técnico: Semillas en emergencia. Producción y Protección Vegetal. Roma- Italia
- Sierra, R. (2015). La deforestación en el Noroccidente del Ecuador. EcoCiencia. Quito, Ecuador.
- Suárez, L (Eds.). Biodiversidad en los bosques secos de la zona de Cerro Negro-Cazaderos, occidente de la provincia de Loja: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas. Pp. 9-24. EcoCiencia, MAE y Proyecto Bosque Seco. Quito, Ecuador
- Varela, O. R., y Albornoz, P. L. (2013). Morpho-anatomy, imbibition, viability and germination of the seed of *Anadenanthera colubrina* var. cebil (Fabaceae). Revista de biología tropical, 61(3), 1109-1118. Recuperado de: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v61n3/a10v61n3.pdf>
- Vílchez, B. Chazdon, R. y Redondo, A. (2004). Fenología reproductiva de cinco especies forestales del bosque secundario tropical. Kurú: Rev. For 1: 1-10.

9. ANEXOS

Anexo 1. Levantamiento de información en campo de la especie *Anadenanthera colubrina* en el sector de Chinguilamaca.



Árbol 1



Árbol 2



Árbol 3



Árbol 4



Árbol 5



Árbol 6



Arbol 7



Arbol 8



Árbol 9



Árbol 10

Anexo 2. Resultados obtenidos del número de frutos por rama y por árbol de la especie *Anadenanthera colubrina* en el sector Chinguilamaca.

N° de árbol	Ramas						N° promedio de frutos/rama	N° de ramas con Frutos (vainas)	N° Promedio de frutos/árbol (NFT)
	1	2	3	4	5	6			
Arb. 01	24	29	41	26	35	49	34	16	544.00
Arb. 02	31	49	46	49	51	38	44	12	528.00
Arb. 03	39	44	37	71	40	47	46	11	509.67
Arb. 04	26	34	24	21	26	23	26	25	641.67
Arb. 05	27	42	23	59	38	40	38	20	763.33
Arb. 06	35	30	21	27	30	41	31	16	490.67
Arb. 07	33	27	22	29	17	19	25	12	294.00
Arb. 08	46	34	26	29	43	25	34	16	541.33
Arb. 09	21	40	20	34	25	32	29	13	372.67
Arb. 10	29	25	19	31	36	28	28	17	476.00
Σ	31.1	35.4	27.9	37.6	34.1	34.2	333.83	158	5161.33

Anexo 3. Resultados obtenidos del análisis de pureza de 1000 semillas de la especie *Anadenanthera colubrina* aplicando las Normas ISTA.

N° árbol	Peso Total de muestra		Peso semillas Puras		Promedio muestra	Promedio semillas puras	% Peso 1	% Peso 2	Peso promedio
	M1	M2	M1	M2					
1	14.95	14.71	14.85	14.61	14.83	14.73	99.33	99.32	99.33
2	14.59	15.04	14.48	14.97	14.815	14.725	99.25	99.53	99.39
3	14.46	15.63	14.41	15.45	15.045	14.93	99.65	98.85	99.25
4	15.9	15.18	15.84	15.14	15.54	15.49	99.62	99.74	99.68
5	13.86	15.33	13.84	15.17	14.595	14.505	99.86	98.96	99.41
6	15.45	14.47	14.19	15.38	14.96	14.785	91.84	106.29	99.07
7	15.1	14.29	14.97	14.15	14.695	14.56	99.14	99.02	99.08
8	9.18	10.12	9.1	9.9	9.65	9.5	99.13	97.83	98.48
9	6.56	7.12	6.27	7	6.84	6.635	95.58	98.31	96.95
10	10.17	9.57	10.15	9.3	9.87	9.725	99.80	97.18	98.49
Promedio									98.91
Máximo									99.68
Mínimo									96.95

Anexo 4. Resultados obtenidos del ensayo de Contenido de humedad de la especie *Anadenanthera colubrina*.

N° árbol	Muestra	Peso Recipiente	Peso semillas Puras	Peso Seco	P. semillas pura - P. seco		100/(M2-M1)	%CH
		M1	M2	M3	M2 - M3	M2-M1		
1	Muestra 1	132.37	142.43	141.85	-0.58	10.06	9.94	-5.77
	Muestra 2	89.60	96.64	96.60	-0.04	7.04	14.20	-0.57
	Promedio	110.99	119.54	119.23	-0.31	8.55	12.07	-3.17
2	Muestra 1	89.56	99.59	98.90	-0.69	10.03	9.97	-6.88
	Muestra 2	87.87	97.93	97.25	-0.68	10.06	9.94	-6.76
	Promedio	88.72	98.76	98.08	-0.69	10.05	9.96	-6.82
3	Muestra 1	84.61	94.63	93.77	-0.86	10.02	9.98	-6.82
	Muestra 2	97.01	107.07	106.20	-0.87	10.06	9.94	-8.65
	Promedio	90.81	100.85	99.99	-0.86	10.04	9.96	-7.73
4	Muestra 1	91.92	101.96	101.07	-0.89	10.04	9.96	-8.86
	Muestra 2	91.32	101.34	100.56	-0.78	10.02	9.98	-7.78
	Promedio	91.62	101.65	100.82	-0.84	10.03	9.97	-8.32
5	Muestra 1	90.32	100.31	99.78	-0.53	9.99	10.01	-5.31
	Muestra 2	91.47	99.51	99.00	-0.51	8.04	12.44	-6.34
	Promedio	90.90	99.91	99.39	-0.52	9.02	11.22	-5.82
6	Muestra 1	91.81	99.86	99.28	-0.58	8.05	12.42	-7.20
	Muestra 2	88.30	98.30	97.71	-0.59	10.00	10.00	-5.90
	Promedio	90.06	99.08	98.50	-0.59	9.03	11.21	-6.55
7	Muestra 1	91.92	102.07	101.46	-0.61	10.15	9.85	-6.01
	Muestra 2	84.87	94.89	94.21	-0.68	10.02	9.98	-6.79
	Promedio	88.40	98.48	97.84	-0.64	10.09	9.92	-6.40
8	Muestra 1	91.99	100.09	99.68	-0.41	8.10	12.35	-5.06
	Muestra 2	88.84	98.85	96.29	-2.56	10.01	9.99	-25.57
	Promedio	90.42	99.47	97.99	-1.49	9.06	11.17	-15.32
9	Muestra 1	91.07	101.09	98.50	-2.59	10.02	9.98	-25.85
	Muestra 2	90.56	98.59	98.08	-0.51	8.03	12.45	-6.35
	Promedio	90.82	99.84	98.29	-1.55	9.03	11.22	-16.10
10	Muestra 1	86.59	96.63	96.16	-0.47	10.04	9.96	-4.68
	Muestra 2	88.08	98.43	98.25	-0.18	10.35	9.66	-1.74
	Promedio	87.34	97.53	97.21	-0.33	10.20	9.81	-3.21

Anexo 5. Resultados de germinación de la especie *Anadenanthera colubrina* en el sector de Chinguilamaca.

N° de arb.	Periodo de evaluación (Días)										Total semillas germinadas	Energía germinativa
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Arb. 1	0	0	33	18	14	5	3	2	0	0	75	75.00
Arb. 2	0	0	26	20	14	10	3	0	0	0	73	73.00
Arb. 3	0	0	31	18	11	5	2	0	0	0	67	67.00
Arb. 4	0	0	25	11	7	8	4	2	1	0	58	58.00
Arb. 5	0	0	28	13	10	7	2	0	0	0	60	60.00
Arb. 6	0	0	35	24	9	7	2	1	0	0	78	78.00
Arb. 7	0	0	41	17	10	8	4	2	0	0	82	82.00
Arb. 8	0	0	33	17	10	5	3	0	0	0	68	68.00
Arb. 9	0	0	30	16	9	6	3	1	0	0	65	65.00
Arb. 10	0	0	31	23	21	13	1	6	3	2	100	100.00
Total	0	0	313	177	115	74	27	14	4	2	726	

Anexo 6. Datos de campo de los árboles identificados de la especie *Anadenanthera colubrina* en el sector de Chinguilamaca.

N° de Árbol	Coordenadas UTM		Características fenotípicas		Ubicación		
	Longitud	Latitud	DAP (m)	Altura (m)	Sector	Parroquia	Cantón
1	685448	9536262	0.31	13	Chinguilamaca	Purunuma	Gonzanamá
2	685453	9536255	0.32	11			
3	685440	9536252	0.26	12			
4	685417	9536261	0.29	10			
5	685400	9536261	0.33	8			
6	685371	9536236	0.29	9			
7	685364	9536212	0.33	12			
8	685350	9536178	0.25	8			
9	685444	9536262	0.24	9			
10	685454	9536287	0.27	10			

Anexo 7. Tríptico para difusión de los resultados obtenidos en la investigación

Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniera Forestal.



Fuente: Castillo, G. (2019)

AUTORA:
Génesis Balbina Castillo Guamán
DIRECTOR: Ing. For. Víctor Hugo Eras Guamán, Mg. Sc.

LOJA – ECUADOR
2020

INTRODUCCIÓN

Los bosques secos del suroccidente de la provincia de Loja, se ubican en áreas con una alta presencia humana, la cual representa el 60 % de la población rural de la provincia de Loja, muchas veces en suelos aptos para cultivos y por tal razón han sido muy intervenidos y destruidos (Aguirre y Kvist 2005). Las principales amenazas que enfrentan los bosques secos de Loja son: la extracción selectiva de madera de especies como: *Anadenanthera colubrina*, *Tabebuia crysantha*, *Loxopterygium huasango*, *Bursera graveolens*, entre otras, las mismas que son representativas de la Región Sur del Ecuador (Aguirre y Delgado 2005) por otro lado se encuentra el sobrepastoreo de chivos y vacas, así como también la expansión de la frontera agrícola, la cacería, y la recolección de miel que implica quemar y tumar los árboles que albergan las colmenas (Paladines 2003).

En la provincia de Loja y en el país en general, existe escasa información y estudios acerca de la fisiología reproductiva del *Anadenanthera colubrina* (Wilco), así mismo sobre la calidad de sus semillas, por lo que es necesario conocer las condiciones naturales adecuadas para su conservación y propagación, en la provincia de Loja.

Bajo esta perspectiva, se desarrolló la presente investigación: “Evaluación de la fisiología reproductiva y calidad de semillas de Wilco (*Anadenanthera colubrina*) a nivel de laboratorio, usando las Normas ISTA”; la misma que buscó generar información importante sobre el potencial reproductivo y calidad de semillas de esta forma a la conservación de la especie en ambiente natural; y, contar con insumos que permitan emprender a futuro en proyectos para la propagación de la especie, que es de gran importancia para la provincia de Loja, utilizando las normas ISTA, realizadas en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal. Ésta investigación se guio hacia el cumplimiento de los siguientes objetivos específicos:

- Determinar el potencial reproductivo de semillas de Wilco (*Anadenanthera colubrina*), provenientes de árboles semilleros del sector Chinguilamaca.
- Analizar la calidad de semillas de Wilco (*Anadenanthera colubrina*) de árboles semilleros provenientes del sector Chinguilamaca de la Parroquia Purunuma del Cantón Gonzanamá, Provincia de Loja, a nivel de laboratorio aplicando las normas ISTA.
- Difundir resultados sobre la fisiología reproductiva y calidad de semillas de la especie Wilco (*Anadenanthera colubrina*), a los moradores del sector Chinguilamaca de la Parroquia Purunuma del Cantón Gonzanamá Provincia de Loja.

METODOLOGÍA LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación se desarrolló en el sector Chinguilamaca (Latitud: 685446 E y Longitud: 9536263 S), perteneciente a la Parroquia Purunuma, del Cantón Gonzanamá de la Provincia de Loja, donde se seleccionó 10 árboles y luego se colectó las semillas de *Anadenanthera colubrina*.

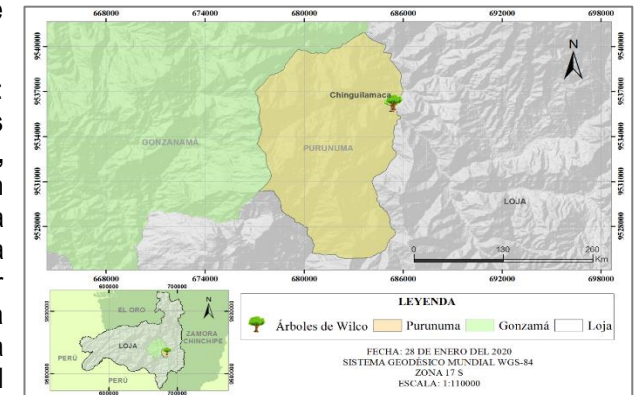


Figura 1. Ubicación del área de estudio
Fuente: Castillo, G. (2019)

Método

Fase de campo

Esta fase se realizó mediante visitas de campo al sector Chinguilamaca (Cantón Gonzanama), donde se seleccionó 10 árboles que presentaron las mejores características fenotípicas como: copa grande sin competencia, fuste recto, sano y grueso, teniendo en cuenta estas características, cada individuo se georreferencio e identifico con su respectiva placa. A partir de estos individuos se hizo el análisis del potencial reproductivo y la calidad de semillas de la especie.

Fase de Laboratorio

Esta fase se realizó en el laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, ubicado en el cantón y provincia de Loja, parroquia San Sebastián, a 3 km del sur de la ciudad de Loja, vía a Malacatos. En laboratorio se determinó los parámetros para el análisis del potencial reproductivo y la calidad de semillas en base a la metodología estandarizada de las normas internacionales para el análisis de semillas forestales (ISTA, 2007).

RESULTADOS

Descripción morfológica de los árboles de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan.

En el área de estudio los árboles de *Anadenanthera colubrina*, presentaron características de altura que alcanza entre los 20-25 m de dosel y de diámetro de hasta 80 cm, de fuste con corteza rugosa de color castaño-rojizo (plantas jóvenes en la corteza tiene espinas redondas y grandes) y lenticelas en las ramas. Sus hojas son alternas, compuestas, bipinnadas, raquis primario pubescente, posee inflorescencias en glomérulos multifloros color crema de 12 mm de diámetro, sobre pedúnculos delgados de 1-3 cm de largo, pubescentes, dispuestos de 2-5 en fascículos axilares. Flores sésiles de 5 mm de largo con cáliz acampanado, tubo de 1,2 mm de largo, con 5 lóbulos triangulares de 0,5 mm de largo. Corola glabra,

acampanada, tubo de 2 mm de largo, con 5 lóbulos triangulares de menos de 1 mm de largo. El Fruto es una vaina de 8-25 cm de largo por 2-3 cm de ancho, coriáceo, castaño-rojizo, aplanado, alargado, con los bordes marginados, leñosos, estrangulados entre cada semilla. Las semillas son castaño-rojizas de 1,5 cm, lisas, muy comprimidas lateralmente, con las caras planas circulares, generalmente de 8-15 por vaina

Número de frutos promedio por rama y por árbol

Como resultados se obtuvieron que de los 10 árboles seleccionados de *Anadenanthera colubrina*, el árbol con mayor número de frutos por rama es el árbol 3 con 46 vainas que producen en promedio 510 frutos por árbol. Mientras que el árbol con mayor producción de frutos es el 5 que en promedio produce 763 frutos por árbol con 38 frutos promedio por rama. Y la producción de frutos por árbol de la especie llegó a $516,13 \pm 129,38$ por árbol; y $33,38 \pm 7,46$ frutos por rama. La producción de semillas por árbol en el sitio de estudio, se consideró 20 frutos de cada uno de los individuos seleccionados, obtenido un total de 735 semillas, en promedio los 10 árboles producen aproximadamente 270 semillas cada uno, con una desviación estándar de $\pm 69,73$. Los promedios del número de semillas por árbol

Análisis de calidad de semillas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan a nivel de laboratorio aplicando las normas ISTA.

Los resultados obtenidos en la investigación en cuanto a las pruebas estándar de calidad de semillas revelan que, el porcentaje de pureza de la especie en estudio es de 98,91 %, este valor se debe al estado fitosanitario de los individuos que fueron seleccionados (ataque de plagas y enfermedades), así como también a la época en la que se recolectaron los frutos. El porcentaje más alto de pureza fue del árbol 4 con 99,68 %, mientras que el porcentaje más bajo es del árbol 9 con 96,95 %. En cuanto al peso de las semillas obtuvieron 243,99 g (0,24 kg), al estimar el número de semillas por un kg se obtuvo 48162 semillas en total de los árboles evaluados. En promedio se obtuvo que la especie produce por árbol aproximadamente 4816

semillas/Kg. Mientras que el contenido promedio de humedad de las semillas en el sitio de estudio fue de 7,95 %.

Germinación

En la germinación a nivel de laboratorio El porcentaje promedio fue del 72,60 %. El alto valor germinación se dio por el bajo porcentaje de contaminación que presentaron las semillas con (27,40 %). Si al tener un alto grado de germinación, se entiende que la especie en mención, tiene una alta viabilidad.

CONCLUSIONES

- El potencial productivo de la especie *Anadenanthera colubrina*, determinó que el número promedio de frutos por rama que presenta cada árbol, está entre 25 a 38.
- En cuanto a la producción de semillas se obtuvo una producción total de 735 semillas, y aproximadamente en promedio cada árbol produce 270 semillas.
- La pureza de semillas de *Anadenanthera colubrina*, en promedio fue alta (98.91 %), este valor se debe al estado fitosanitario de los árboles, que fueron seleccionados no presentan en su mayoría ataque de plagas y enfermedades.
- El contenido de humedad que presentaron las semillas de *Anadenanthera colubrina*, en promedio fue 7,95 %, por lo tanto, se las considera como son semillas ortodoxas, lo que significa que podrían ser almacenadas a temperaturas adecuadas por un tiempo considerable, sin perder su poder germinativo.
- La especie *Anadenanthera colubrina*., tiene una capacidad germinativa alta, con un promedio de 72,60 %, debido principalmente al bajo porcentaje de contaminación que presentaron las semillas con (27,40 %), entendiéndose por ende que las semillas de la especie tienen una alta viabilidad.

