



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

LABORATORIO DE
MICROPROPAGACIÓN VEGETAL

“EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS Y
POTENCIAL REPRODUCTIVO DE *Cinchona officinalis* L.,
PROVENIENTES DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA
PROVINCIA DE LOJA”.

Tesis previa a la obtención del
Título de Ingeniero Forestal.

AUTOR:

Jimmy Javier Zari Arévalo

DIRECTOR:

Ing. Víctor Hugo Eras Guamán, Mg. Sc.

LOJA- ECUADOR

2018

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

Ing. Víctor Hugo Eras Guamán, Mg. Sc.

CERTIFICA:

En calidad de director de la tesis titulada: “**EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS Y POTENCIAL REPRODUCTIVO DE *Cinchona officinalis* L., PROVENIENTES DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA**”, de autoría del Sr. egresado de la carrera de Ingeniería Forestal **Jimmy Javier Zari Arévalo** portador de la cédula N° 1900828870 ha sido dirigida, revisada y aprobada en su integridad; por tal razón autorizo su presentación y publicación.

Loja, diciembre de 2018

Atentamente,


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

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

CERTIFICACIÓN:

En calidad de presidente del Tribunal de Calificación de la Tesis titulada “EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS Y POTENCIAL REPRODUCTIVO DE *Cinchona officinalis* L., PROVENIENTES DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA” de autoría del señor egresado de la Carrera de Ingeniería Forestal **Jimmy Javier Zari Arévalo** portador de la cédula N° 1900828870, se informa que la misma ha sido revisada e incorporadas todas las observaciones realizadas por el Tribunal Calificador, y 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 la sustentación pública.

Loja, 04 de diciembre de 2018

Atentamente,



.....
Ing. Oscar Rodrigo Ordóñez Gutiérrez, Mg. Sc.

PRESIDENTE



.....
Ph. D. Narcisa de Jesús Urgiles Gómez

VOCAL



.....
Ph. D. Darwin Alexander Pucha Cofrep

VOCAL

AUTORÍA

Yo Jimmy Javier Zari Arévalo, declaro ser el autor 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.

Autor: Jimmy Javier Zari Arévalo

Firma:.....

Cedula: 1900828870

Fecha: Loja, diciembre de 2018

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

Yo, Jimmy Javier Zari Arévalo declaro ser autor de la tesis titulada "EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS Y POTENCIAL REPRODUCTIVO DE *Cinchona officinalis* L., PROVENIENTES DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA" como requisito para optar al grado de: Ingeniero 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 si contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios puedan consultar el contenido este trabajo en el RDI, en las redes de información de país y del exterior, con los cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad 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 cuatro días del mes de diciembre del dos mil dieciocho, firma el autor:

Firma: 

Autor: Jimmy Javier Zari Arévalo

Número de cédula: 1900828870

Dirección: Av. Pio Jaramillo y Albert Einstein

Córeo electrónico: jjzaria@unl.edu.ec

Teléfono: 0968205215

Celular: 0968205215

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de tesis: Ing. Víctor Hugo Eras Guamán, Mg. Sc

Tribunal de grado: Ing. Oscar Rodrigo Ordóñez Gutiérrez, Mg. Sc.

Ph. D. Narcisa de Jesús Urgiles Gómez

Ph. D. Darwin Alexander Pucha Cofrep

AGRADECIMIENTO

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

En especial a la Universidad Nacional de Loja por abrirme sus puertas, a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, a través de la Carrera de Ingeniería Forestal y a sus docentes por haber contribuido con los conocimientos teóricos-técnicos para mi formación profesional.

De manera muy especial al Ing. Víctor Hugo Eras Guamán, Director de mi tesis, por brindarme la oportunidad de realizar mi trabajo de investigación dentro de su proyecto macro, así mismo, por su tiempo y dedicación para que se pueda concluir con éxito el presente trabajo de investigación.

De igual forma a la Ing. Julia Minchala, Ing. Magaly Yaguana, Ing. Ruth Poma, y de manera muy especial al Ing. Cristian Valarezo por su apoyo desinteresado, por la dedicación de su tiempo, por haber compartido conmigo sus conocimientos y sobre todo su amistad, siempre les estaré eternamente agradecido.

Así mismo, al Ing. Oscar Ordoñez, al Dr. Darwin Pucha y a la Dra. Narcisa Urgiles, por haber aceptado muy gustosos ser miembros de mi tribunal de grado y por las importantes sugerencias dadas a la presente.

A mis compañeros y amigos: Jordy, Guisella, Leidy, Ariana, Elvis, Daniela, Esthela, Héctor, y de manera muy especial a José y Darwin. Finalmente, y de manera muy especial a Katherine, quién ha sido mi amiga y compañera de vida durante estos 5 años, haciendo de este tiempo la mejor experiencia de mi vida, por sus consejos, por su apoyo incondicional, por su cariño, amor y paciencia.

Jimmy Javier Zari Arévalo

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con mucho amor y cariño.

A ti Dios que me diste la oportunidad de vivir y de regalarme una familia maravillosa, con mucho cariño principalmente de mis padres Ángel y Hilda, que me han dado la vida y han permanecido conmigo en todo momento. Gracias por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor.

A mis hermanos Darwin y Johana por estar conmigo, dándome su cariño, sus consejos, su comprensión y sobre todo el amor de hermanos. A mis abuelitos Sixto y Deyza, a pesar de que no están aquí ahora en estos momentos conmigo, sé que sus almas si lo están, por su amor, cariño y sobre todo sus consejos para ser hoy una mejor persona. A mis tíos, primos y demás familiares. De manera muy especial a mis ahijados Jostin y Eydran, quienes han sido mi mayor inspiración para llegar a ésta meta.

Y no me puedo ir sin antes decirles, que sin ustedes a mi lado no lo hubiera logrado, tantas desveladas sirvieron de algo y aquí está el fruto. Les agradezco a todos ustedes con toda mi alma el haber llegado a mi vida y el compartir momentos agradables y momentos tristes, pero esos momentos son los que nos hacen crecer y valorar a las personas que nos rodean. Los quiero mucho y nunca los olvidaré.

¡Gracias a ustedes!

Jimmy Zari

ÍNDICE GENERAL

Contenido

	Página
CARÁTULA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
APROBACIÓN.....	iii
AUTORÍA.....	iv
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
INDICE GENERAL.....	viii
RESUMEN.....	xvii
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Generalidades del género <i>Cinchona</i>	4
2.2 Descripción de la especie.....	4
2.2.1 Descripción botánica.....	4
2.2.2 Descripción taxonómica.....	4
2.3 Formas de reproducción de las especies vegetales.....	6
2.3.1 Propagación sexual.....	6
2.3.1.1 La semilla.....	7
2.3.1.2 Proceso de germinación.....	8
2.3.1.3 Factores ambientales que inciden en la germinación.....	9
2.3.2 Propagación asexual o vegetativa.....	10
2.4 Importancia del potencial reproductivo de las especies forestales.....	10
2.5 Avances e investigaciones de <i>Cinchona officinalis</i> L en la provincia de Loja.....	11
2.5.1 Potencial reproductivo y análisis de calidad de semillas de <i>Cinchona officinalis</i> L., provenientes de relictos boscosos en la Provincia de Loja.....	11
2.5.2 Propagación in vivo de <i>Cinchona officinalis</i> L., a partir de material vegetal sexual y asexual, con fines de conservación de la especie”.....	12

2.5.3	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.....	13
2.5.4	Germinación en laboratorio e influencia de los hongos micorrízicos y la aplicación de nutrientes en el crecimiento de dos procedencias de <i>Cinchona pubescens.</i> , a nivel de invernadero.....	14
3	METODOLOGÍA.....	15
3.1	Ubicación del área de estudio.....	15
3.2	Metodología para evaluar la propagación sexual de <i>Cinchona officinalis</i> L., provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja.....	16
3.2.1	Colecta y selección de semillas.....	16
3.2.2	Preparación del sustrato para la siembra de semillas en el invernadero.....	17
3.2.3	Siembra de las semillas de <i>Cinchona officinalis</i> L., en el invernadero.....	18
3.2.4	Cuidados culturales en el invernadero.....	19
3.2.5	Registro de datos.....	19
3.2.6	Diseño experimental.....	19
3.3	Metodología para determinar el potencial reproductivo de <i>Cinchona officinalis</i> L., provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja....	20
3.3.1	Determinación de la fisiología reproductiva.....	20
3.3.1.1	Número de frutos promedio por rama y por árbol.....	21
3.3.1.2	Producción de semillas del árbol.....	21
3.4	Análisis estadístico.....	22
3.5	Metodología para difundir y publicar los resultados sobre evaluación de la germinación de semillas y potencial reproductivo de <i>Cinchona officinalis</i> L., provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja.....	22
4	RESULTADOS.....	23
4.1	Propagación sexual de la especie <i>Cinchona officinalis</i> L.....	23
4.1.1	Germinación de semillas en el invernadero.....	23
4.1.1.1	Evaluación de la germinación de semillas de los árboles de <i>Cinchona officinalis</i> L., evaluados en el sitio Selva Alegre.....	23
4.1.1.2	Evaluación de la germinación de semillas de los árboles de <i>Cinchona officinalis</i> L., evaluados en el sitio Uritusinga.....	24

4.1.1.3	Evaluación de la germinación de semillas de los árboles de <i>Cinchona officinalis</i> L., evaluados en el sitio Zamora Huayco.....	26
4.1.2	Análisis de varianza para el número de semillas germinadas.....	27
4.1.3	Análisis de varianza para el porcentaje de germinación.....	28
4.1.4	Porcentaje de mortalidad de plántulas de <i>Cinchona officinalis</i> L., en invernadero.....	29
4.1.4.1	Evaluación de la mortalidad de plántulas de los árboles evaluados del sitio Selva Alegre.....	29
4.1.4.2	Evaluación de la mortalidad de plántulas de los árboles evaluados del sitio Uritusinga.....	31
4.2	Determinación de la fisiología reproductiva de los árboles de <i>Cinchona officinalis</i> L., seleccionados de los tres sitios de estudio en la provincia de Loja.....	32
4.2.1	Número de frutos promedio por rama y por árbol para los árboles evaluados del sitio Selva Alegre.....	32
4.2.1.1	Número de frutos promedio por rama y por árbol para los árboles evaluados del sitio Uritusinga.....	33
4.2.1.2	Número de frutos promedio por rama y por árbol para los árboles evaluados del sitio Zamora Huayco.....	33
4.2.2	Producción de semillas de los árboles seleccionados en cada sitio.....	34
4.2.2.1	Determinación de la producción de semillas para los árboles evaluados del sitio Selva Alegre.....	34
4.2.2.2	Determinación de la producción de semillas para los árboles evaluados del sitio Uritusinga.....	35
4.2.2.3	Determinación de la producción de semillas para los árboles evaluados del sitio Zamora Huayco.....	36
5	DISCUSIÓN.....	38
5.1	Propagación sexual de <i>Cinchona officinalis</i> L., en el invernadero.....	38
5.1.1	Porcentaje de germinación.....	38
5.1.2	Porcentaje de mortalidad de plántulas de <i>Cinchona officinalis</i> L en el invernadero.....	40

5.2	Determinación del potencial productivo de los árboles seleccionados de <i>Cinchona officinalis</i> L. en los tres sitios de estudio en la provincia de Loja.....	40
6	CONCLUSIONES.....	44
7	RECOMENDACIONES.....	45
8	LITERATURA CITADA.....	46
9	ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Árboles de <i>Cinchona officinalis</i> L., seleccionados para cada sitio de estudio.....	17
Cuadro 2. Descripción de los tratamientos para la germinación de semillas de <i>Cinchona officinalis</i> L., en el invernadero.....	18
Cuadro 3. Hoja de registro de datos para evaluar la germinación de las semillas.....	19
Cuadro 4. Tratamientos y repeticiones para el ensayo de germinación de semillas en el invernadero para cada sitio.....	20
Cuadro 5. Variables evaluadas en el ensayo de germinación de semillas de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	20
Cuadro 6. Número de frutos promedio por rama y por árbol de <i>Cinchona officinalis</i> L., de los tres sitios de estudio.....	34
Cuadro 7. Número promedio de semillas de <i>Cinchona officinalis</i> L., por árbol de los tres sitios de estudio.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Frutos de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	5
Figura 2. Flor de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	5
Figura 3. Ubicación del área de estudio.....	15
Figura 4. Ubicación del Laboratorio de Micropropagación Vegetal e Invernadero.....	16
Figura 5. Proceso de colecta y selección de semillas de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	17
Figura 6. Proceso de preparación y desinfección del sustrato.....	18
Figura 7. Proceso de siembra de las semillas de <i>Cinchona officinalis</i> L., en el invernadero.....	19
Figura 8. Curva de germinación acumulativa del Árbol 2 (SA-A2)	23
Figura 9. Curva de germinación acumulativa del Árbol 3 (SA-A3)	24
Figura 10. Curva de germinación acumulativa del Árbol 3 (Ur-A3)	25
Figura 11. Curva de germinación acumulativa del Árbol 5 (Ur-A5)	25
Figura 12. Curva de germinación acumulativa del Árbol 13 (ZH-A13)	26
Figura 13. Curva de germinación acumulativa del Árbol 14 (ZH-A14)	27
Figura 14. Número de semillas germinadas de <i>Cinchona officinalis</i> L., bajo dos sustratos y un testigo.....	28
Figura 15. Porcentaje de germinación de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	29
Figura 16. Porcentaje de mortalidad de plántulas del árbol 2 (SA-A2.....	30
Figura 17. Porcentaje de mortalidad de plántulas del árbol 3 (SA-A3)	30
Figura 18. Porcentaje de mortalidad de plántulas del árbol 3 (Ur-A3)	31
Figura 19. Porcentaje de mortalidad de plántulas del árbol 5 (Ur-A5)	32
Figura 20. Número de frutos promedio por rama y por árbol para el árbol 2 y 3 del sitio Selva Alegre.....	33
Figura 21. Número de frutos promedio por rama y por árbol para el árbol 3 y 5 del sitio Uritusinga.....	33
Figura 22. Número promedio de frutos por rama y por árbol para el árbol 13 y 14 del sitio Zamora Huayco.....	34

Figura 23.	Número promedio de semillas por árbol para el árbol 2 y 3 del sitio Selva Alegre.....	35
Figura 24.	Número promedio de semillas por árbol para el árbol 2 y 3 del sitio Uritusinga.....	36
Figura 25.	Número promedio de semillas por árbol para el árbol 13 y 14 del sitio Zamora Huayco.....	36
Figura 26.	Árbol 2 (SA-A2)	56
Figura 27.	Árbol 3 (SA-A3)	56
Figura 28.	Árbol 3 (Ur-A3)	56
Figura 29.	Árbol 5 (Ur-A5)	56
Figura 30.	Árbol de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	57
Figura 31.	Recolección de frutos.....	57
Figura 32.	Determinación del potencial reproductivo de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	57
Figura 33.	Siembra de semillas de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	58
Figura 34.	Ensayo de germinación establecido.....	58
Figura 35.	Riego de plántulas.....	58
Figura 36.	Plántulas de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	59

ÍNDICE DE ANEXOS

Contenido	Página
Anexo 1. Cuadro resumen de los resultados de la germinación de semillas de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	54
Anexo 2. Resultado del potencial reproductivo de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	55
Anexo 3. Árboles de <i>Cinchona officinalis</i> L., seleccionados del sitio Selva Alegre.....	56
Anexo 4. Árboles de <i>Cinchona officinalis</i> L., seleccionados del sitio Uritusinga.....	56
Anexo 5. Fase de campo.....	57
Anexo 6. Germinación de semillas de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	58
Anexo 7. Socialización de la tesis al equipo técnico del Laboratorio de Micropropagación Vegetal.....	59
Anexo 8. Tríptico divulgativo de la tesis realizada.....	60

**“EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS Y
POTENCIAL REPRODUCTIVO DE *Cinchona officinalis* L.,
PROVENIENTES DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE
LOJA”.**

RESUMEN

Cinchona officinalis L., es una especie endémica del Valle de Loja, históricamente considerada como la especie emblemática de esta provincia, debido a los múltiples usos que se puede dar a ésta especie. De importancia ecológica, cultural y sobre todo medicinal. Sin embargo, la especie ha sido explotada sin previsiones para el futuro, en sus inicios principalmente para la extracción de su corteza, para poder extraer los alcaloides que posee. Se explotó hasta el siglo XVII ésta especie, misma que estuvo directamente relacionada con las actividades antrópicas como la deforestación, agricultura y ganadería. Esto ha ocasionado que *Cinchona officinalis* L., se encuentre actualmente en un estado crítico de conservación.

Para este estudio, se seleccionó seis árboles plus: dos en Selva Alegre: A2 (SA-A2) y A3 (SA-A3); dos en Uritusinga: A3 (Ur-A3) y A5 (Ur-A5); y dos en Zamora Huayco: A13 (ZH-A13) y A14 (ZH-A14) que fueron parte del estudio realizado por Caraguay (2016). En los árboles seleccionados se realizó la colecta de semillas y determinación del potencial reproductivo.

Los ensayos de propagación sexual por semillas se realizaron dentro de un invernadero, donde se evaluó dos tratamientos: el tratamiento T2 compuesto por arena, tierra y turba en una proporción 1:1:2 y el tratamiento T3 conformado por arena, tierra y turba en una proporción 2:1:2, más un testigo conformado sólo por tierra (100 %). Resultando como mejor tratamiento el T2 con un porcentaje promedio de germinación del 30.74 %.

En cuanto al potencial reproductivo de los árboles de *Cinchona officinalis* L., seleccionados en los tres sitios, los que presentaron el mayor número de frutos promedio por árbol fueron los correspondientes a Selva Alegre, el árbol 3 (SA-A3) registró un promedio de 21 479 frutos, mientras que el árbol 2 (SA-A2) presentó un promedio de 14 659 frutos. Referente a la producción de semillas se pudo apreciar que el sitio Selva Alegre presentó una mayor producción de semillas por árbol, así, el árbol 3 (SA-A3) presentó un estimado de 462 872 semillas, mientras que el árbol 2 (SA-A2) obtuvo un estimado de 374 537 semillas.

ABSTRACT

*Cinchona officinalis*L., is an endemic species from Loja Valley, historically regarded as the symbolic species of the province, due to the multiple uses that can be given to this tree species. Ecological, cultural, and especially medicinal importance. However, the species has been exploited without thinking to the future, in the beginning mainly for the extraction of its bark, to extract their alkaloids. It blew up the century XVII the species, the same as was directly related to human activities such as deforestation, agriculture and livestock. This has caused that this species is currently in a critical condition.

Six plus trees were selected per site: two from Selva Alegre: A2 (SA-A2) and A3 (SA-A3); two from Uritusinga: A3 (Ur-A3) and A5 (Ur-A5); and two from Zamora Huayco: A13 (ZH-A13) and A14 (ZH-A14) that were part of the study by Caraguay (2016). In the selected trees the seed collection and determination of reproductive potential was performed.

Assays of sexual propagation from seed were conducted in a greenhouse, where two treatments were evaluated: Treatment T2 composed of sand, soil and peat in a 1: 1: 2 and T3 treatment consisting of sand, soil and peat a 2: 1: 2, most only a shaped land (100%) control. Resulting as best treatment T2 with an average germination rate of 30.74%.

Regarding to the reproductive potential of selected tres of *Cinchona officinalis* L., in the three sites, those from Selva Alegre had the highest average number of fruits per tree were, the tree 3 (SA-A3) averaged 21479 fruit, while the tree 2 (SA-A2) had an average of 14,659 fruits. Concerning seed production it was observed that the Selva Alegre site had a higher seed production per tree, so the tree 3 (SA-A3) presented an estimated 462,872 seeds, while the tree 2 (SA-A2) earned an estimated of 374,537 seeds.

1. INTRODUCCIÓN

El Ecuador es un país megadiverso por sus ecosistemas, especies forestales, recursos genéticos, tradiciones y costumbres de su gente. Esto debido a su ubicación en la intersección de la línea ecuatorial junto con los Andes y la Amazonía, que contribuyen a su riqueza biológica (Estrella, 2005; Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2014; Suárez, 2014). A pesar de su extensión (256 370 km²) alberga una de las más altas concentraciones de diversidad en el planeta: su flora está representada por 18 198 especies de plantas vasculares, de las cuales 17 748 son nativas, que representa actualmente el 7.6% de las plantas vasculares registradas en todo el planeta (Caranqui, 2018; INABIO, 2017; MAE, 2015). En tanto que la fauna la conforman 1 784 especies marinas, 540 especies de anfibios, 432 especies de reptiles, 1 642 especies de aves y 403 mamíferos (Albuja *et al.*, 2012; MAE, 2015; Ron *et al.*, 2011).

La provincia de Loja es una de las zonas megadiversas del país, debido a su ubicación en un área de convergencia entre la Costa y la Amazonia, los Andes bajos de fuertes pendientes y la presencia de la depresión de Huancabamba, que han generado hábitats especiales que provocan la presencia de vida muy particular (Aguirre y Maldonado, 2004; Duellman y Wild, 1993; PNUMA, 2007). Según Jorgensen y León-Yáñez (1999), la provincia de Loja es un área con una alta diversidad de ecosistemas (22 ecosistemas) y con grupos taxonómicos de 3 039 especies de plantas. De las cuales 639 son endémicas (Aguirre *et al.*, 2017; Valencia *et al.*, 2000).

Así, una de las especies endémicas más representativas de la provincia de Loja es *Cinchona officinalis* L., que se puede encontrar en elevaciones entre 1 219 y 2 743 m.s.n.m. (Martin y Gándara, 1945), la especie tiene virtudes medicinales de la quina o quinina, contra los fríos o paludismo y contra las diferentes fiebres malignas para el ser humano (Acosta, 1989). Según, Garmendía (2005), *Cinchona officinalis* L., sirve para estimular el apetito, para tonificar el organismo, estrés psíquico y físico, arritmias cardíacas, así mismo ayuda al crecimiento del cabello y evita su caída (Loján, 1992; Lopera *et al.*, 2005). Es usada también para combatir la distrofia miotónica (debilidad muscular) y problemas musculares asociados con fallas del hígado (Cuvi, 2009; Ulloa, 2006).

La especie por sus múltiples beneficios, principalmente por la demanda de la corteza de la quina, ha sido objeto de una explotación severa, que está influenciada por el desarrollo de actividades antrópicas, como la deforestación, la agricultura migratoria, incendios forestales y ganadería, haciéndose cada vez más escasa su presencia en las zonas de distribución (Epiqueén, 2009; Madsen, 2002) a tal punto que los bosques de la especie han sido reducidos a relictos boscosos (remanente de la especie) que se encuentran ubicados en lugares casi inaccesibles como en los cerros del Nudo de Cajanuma (Loja) y Uritusinga (Catamayo) (Loaiza y Sánchez, 2006; Madsen, 2002).

La pérdida de hábitat y la fragmentación de las pocas poblaciones remanentes colocan a la especie en un estado crítico de conservación, aunque esta especie no está en el listado de UICN, es así que el hábitat potencial de *Cinchona officinalis* L., en la provincia de Loja es de 9 836 km², de los cuales el 78.45 % del hábitat se ha perdido y solo el 17.88 % está protegido bajo el Sistema Nacional de Áreas Protegidas que incluye el Parque Nacional Podocarpus y Parque Nacional Yacuri (Espinosa y Ríos, 2017).

Así mismo, es importante indicar que la capacidad de germinación y regeneración de la especie en condiciones naturales es reducida o deficiente, encontrándose únicamente en lugares donde existe la asociación o crecimiento con otro tipo de especies como: *Alnus acuminata* L., *Rubus robustus* C., *Pteridium arachnoideum*; y generalmente se da a partir de rebrotes de plantas que están creciendo en sitios bastante inclinados donde la vegetación está menos alterada (Aguirre *et al.*, 2002; Yucta, 2016).

La producción de semillas forestales es una función primordial en la conservación de los ecosistemas forestales, para la obtención de bienes como la madera y otras materias primas, en el manejo de los recursos genéticos para un ambiente en constante cambio, es decir, la sustentabilidad forestal. La creciente necesidad de contar con semillas forestales, en cantidad y calidad suficientes para poder revertir los procesos de deforestación que a nivel mundial se dan, obliga a realizar estudios que nos acerquen al conocimiento productivo de semillas de especies forestales de interés, ya que este es un factor fundamental para la estrategia de restauración y conservación de los recursos forestales (Alba- Landa *et al.*, 2001; Márquez *et al.*, 2010).

Bajo este contexto, y con la finalidad de contribuir al conocimiento y conservación de la especie se desarrolló la presente investigación: “**Evaluación de la germinación de semillas y**

potencial reproductivo de *Cinchona officinalis* L., provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja”; ejecutada durante el periodo comprendido entre noviembre de 2017 hasta julio de 2018, la misma que forma parte del proyecto marco: **“Procesos biotecnológicos para iniciar el mejoramiento genético de *Cinchona officinalis* L., provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja**” ejecutado en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Universidad Nacional de Loja, para lo cual se plantearon los siguientes objetivos.

Objetivo General:

- Contribuir a la generación de información sobre la propagación sexual y potencial reproductivo de *Cinchona officinalis* L., en relictos boscosos de la provincia de Loja, con el fin de fortalecer las bases científicas para su conservación.

Objetivos Específicos:

- Evaluar la germinación de semillas a nivel de invernadero de *Cinchona officinalis* L., provenientes de diferentes relictos boscosos de la provincia de Loja.
- Determinar el potencial reproductivo de *Cinchona officinalis* L., en relictos boscosos de la provincia de Loja.
- Difundir y publicar los resultados sobre la evaluación de la germinación de semillas y el potencial reproductivo de *Cinchona officinalis* L., a los actores interesados.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades del género *Cinchona*.

Cinchona es un género de plantas fanerógamas, que pertenece a la familia Rubiaceae y es nativo de los valles andinos de Sudamérica (Buitrón, 1999). Este género se distribuye a lo largo de la zona tropical y ecuatorial de la cordillera de los Andes, en alturas que van desde los 700 hasta los 2 900 m.s.n.m, cuyas especies de este género producen un metabolito conocido como “quinina”, que tiene propiedades antimaláricas. Además, sirve para estimular el apetito, para tonificar el organismo, estrés psíquico y físico, arritmias cardíacas, así mismo estimular el crecimiento del cabello y evitar su caída (Garmendia, 2005).

Esta especie tiene una amplia distribución, encontrándose en ambas vertientes de la Cordillera de los Andes, desde Colombia, Ecuador, Perú, hasta Bolivia (Pollito, 1989). Los árboles de quinina en estado natural forman grupos poco compactados, esparcidos en medio del bosque, formando parches (Campos, 1922). En Ecuador se encuentran más de la mitad de todas las especies del género *Cinchona* sp., principalmente en provincias de Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay, Morona Santiago, Zamora y Loja (Garmendia, 1999).

Cinchona spp. se encuentra distribuida también en las Islas Galápagos, esta especie fue introducida por primera vez en el año 1946 a la zona agrícola de la Isla de Santa Cruz (Buddenhagen, 2004). Fue introducida principalmente por sus cualidades medicinales, también para ser utilizada como árbol de sombra o formando una cerca viva. En esta región, *C. pubescens* se ha vuelto invasora, se reproduce y se propaga sin intervención antrópica. La propagación de esta especie fue rápida debido a sus numerosas semillas aladas dispersadas por el viento, capacidad de reproducirse vegetativamente, y la tolerancia a la sombra de las plántulas (Jager, 1999; Palacios, 1993).

Cinchona officinalis L., no es una especie dominante en casi ningún bosque nublado, pero puede adoptar una gran variedad de formas diferentes incluso dentro de una misma “mancha”. Es una especie característica de los bosques nublados andinos en general, se puede decir que el género *Cinchona* es muy exigente en cuanto a las características ambientales de cada una de sus especies. Esto apoya a la explicación sobre la abundancia de endemismo que se basa en la especialización a determinados ambientes (Garmendia, 2005).

2.2 Descripción de la especie

2.2.1 Descripción botánica

Aspectos generales: Árbol de 11-15 m de altura con fuste cilíndrico, de 30-40 cm de diámetro; ramificación simpodial; con copa globosa irregular, bastante densa (Pollito, 1989).

Hojas: Simples, opuestas y decusadas; hojas de 8-26.8 cm de largo y 7-18 cm de ancho. Ápice agudo, acuminado, obtuso o redondo; base obtusa; borde entero, ligeramente sinuado o sinuado. Forma de la hoja elíptico-oblonga o elíptico-ovada. Pinnatinervia recta-curva; haz glabro o ligeramente pubescente, envés con pubescencia escasa o abundante de tipo ceroso. Estípulas aovadas y caducas (Pollito, 1989).

Fruto: Es una cápsula septicida seca dehiscente polispérmica, ovoide alargada que puede contener de 12 a 90 semillas (Figura 1), se separa longitudinalmente a través de las ranuras carpelares desde la base al ápice del fruto, originando dos valvas o lóculos. El pericarpio es delgado pero leñoso de consistencia dura, la superficie de forma fisurada color café a marrón oscuro con presencia de diminutos tricomas color blanco (Romero, 2017).

Flores: En panículas terminales de 20 a 25 cm de longitud, ligeramente pubescentes. Flores hermafroditas, actinomorfas; cáliz gamosépalo, con 5 lóbulos pequeños; corola blanco-roja, con pétalos fundidos (Figura 2) (Pollito, 1989).



Figura 1. Frutos de *Cinchona officinalis* L.



Figura 2. Flor de *Cinchona officinalis* L.

Semillas: Presentan una forma fusiforme, de testa blanda con superficie membranosa con presencia de alas muy frágiles que se rompen fácilmente y terminan en pequeños tricomas simples de color café amarillento. Semillas con endospermo y embrión pequeño espatulado con desarrollo rudimentario, tipo espatulado de color blanco (Romero, 2017).

El tamaño de las semillas de *Cinchona officinalis* L., se diferencia significativamente de las otras especies de *Cinchona* distribuidas en Ecuador, sin embargo, posee afinidad con dos especies. *Cinchona officinalis* L., es una de las especies con semillas de menor tamaño, que presenta un largo promedio de 5.01 x 2.46 mm de ancho y grosor máximo de 1 mm. Las semillas son livianas con un peso promedio de 3.30e -04 g (Romero, 2017).

Embrión: Es bastante pequeño con un promedio de 1.51 mm (\pm DE: 0.24) y puede llegar hasta 1.85 mm de largo (Romero, 2017).

2.2.2 Descripción taxonómica de la especie

Según, Pollito (1989), se presenta a continuación la descripción taxonómica de la especie.

Orden: Rubiales

Familia: Rubiaceae

Género: *Cinchona*

Nombre Científico: *Cinchona officinalis* L.

Nombres comunes: cascarilla, loja, quina-quina

2.3 Formas de reproducción de las especies vegetales

2.3.1 Propagación sexual

En este tipo de propagación la semilla es el principal medio. La reproducción sexual en los árboles aporta diversidad genética a la población, que favorece a los individuos forestales para su adaptación futura a condiciones ambientales cambiantes (Smith y Smith, 2001).

Es la formación de nuevas plantas a partir de dos progenitores. Cada progenitor aporta sus gametos que se unen y forman el cigoto, la primera célula del individuo que contará con una combinación de material genético de ambos progenitores. De este modo, los descendientes pueden heredar una combinación de rasgos que le ofrecen ciertas ventajas adaptativas en diferentes condiciones ambientales (Cerqueda, 2010; Hartmann y Kester, 1998).

2.3.1.1 La semilla

Son la unidad de reproducción sexual de las plantas y tienen la función de multiplicar y perpetuar la especie a la que pertenecen, siendo uno de los elementos más eficaces para que esta se disperse en tiempo y espacio. Constituyen el mecanismo de perennización por el que las plantas perduran generación tras generación. Son también la unidad móvil de la planta. Las semillas son el medio a través del cual, aún de manera pasiva, las plantas encuentran nuevos sitios y microambientes (Doria, 2010).

Las semillas son el punto de partida para la producción y es indispensable que tenga una buena respuesta en las condiciones de siembra y que produzca plántulas vigorosas, para alcanzar el máximo rendimiento. Desde un punto de vista sustentable, es imposible obtener una buena cosecha si no se parte de una semilla de calidad, ya que un cultivo puede resultar de una calidad inferior a la semilla sembrada, pero nunca mejor que ella. Indiscutiblemente, la semilla de buena calidad representa el insumo estratégico por excelencia que permite sustentar las actividades agrícolas, contribuyendo significativamente a mejorar su producción en términos de calidad y rentabilidad (Doria,2010; Dalling,2002).

Las semillas se clasifican en:

a) Semillas ortodoxas: son tolerantes a la desecación, se dispersan y conservan luego de alcanzar un bajo porcentaje de humedad. Toleran una deshidratación hasta de 5% en el contenido de humedad. La principal característica fisiológica de las semillas ortodoxas es su gran tolerancia a la deshidratación. Su fase final de maduración está acompañada por deshidratación celular, la cual inicia con la pérdida de agua del suministro vascular de la planta madre a la semilla, como resultado de la separación de funículos entre 40 y 50 días después de la polinización (Doria, 2010; Bewley y Black,1994; Magnitskiy y Plaza, 2007).

b) Semillas recalcitrantes: son sensibles a la desecación, se dispersan junto con los tejidos del fruto (carnoso) con altos contenidos de humedad. Estas toleran la deshidratación entre 15% y 50% de su humedad. Las semillas recalcitrantes no experimentan deshidratación en la planta madre y, sin detener su desarrollo, pasan directamente a la germinación, aun cuando ocurren algunos casos de latencia. Al contrario de las semillas ortodoxas, las semillas recalcitrantes se diseminan en una condición húmeda y metabólicamente activa, perdiendo rápidamente su capacidad de germinación al quedar expuestas a condiciones de baja humedad (Doria,2010; Kermodé y Finch-Savage, 2002; Magnitskiy y Plaza, 2007).

2.3.1.2 Proceso de germinación

La germinación es el proceso mediante el cual una semilla colocada en un medio ambiente se convierte en una nueva planta. Para que el proceso de germinación tenga lugar es necesario que se den una serie de condiciones ambientales favorables como son: un sustrato húmedo, suficiente disponibilidad de oxígeno que permita la respiración aerobia y, una temperatura adecuada para los distintos procesos metabólicos y para el desarrollo de la plántula (Cerqueda, 2010; Willan, 1991; Bidwell, 1990). La germinación de las semillas y el establecimiento de las plántulas son fases críticas en el ciclo de vida de las plantas, pues muestran una gran vulnerabilidad a la influencia de factores desfavorables, por lo que durante estas etapas frecuentemente se presenta una mortalidad muy alta. Por esta razón, los eventos que ocurren durante estas fases tempranas del desarrollo influyen de manera importante sobre la dinámica poblacional de las especies vegetales (Ruedas *et al.*, 2000).

En el proceso de germinación se distinguen tres fases sucesivas:

a) Imbibición

La primera etapa de la germinación se inicia con la entrada de agua en la semilla desde el medio exterior. La hidratación de los tejidos de la semilla es un proceso físico con una duración variable según la especie considerada.

Una vez que la semilla se ha hidratado, comienzan a activarse toda una serie de procesos metabólicos que son esenciales para que tengan lugar las siguientes etapas de la germinación. En esta fase de la germinación, si las condiciones del medio lo determinan, la semilla puede deshidratarse retornando a su estado inicial. En general, esta deshidratación no afecta negativamente a las semillas, las cuales pueden posteriormente volver a hidratarse y reiniciar el proceso de germinación. No obstante, en algunas especies, una deshidratación prolongada puede implicar la transformación de las semillas en "semillas duras", que se caracterizan porque se inhiben muy lentamente (Cerqueda, 2010).

b) Fase de germinación

Se corresponde con el verdadero proceso de germinación. Durante esta fase tienen lugar en las semillas profundas transformaciones metabólicas que preparan el camino para la fase siguiente

de crecimiento y son, por tanto, imprescindibles para el normal desarrollo de la plántula. En esta fase se reduce considerablemente la absorción de agua por la semilla (Cerqueda, 2010).

c) Fase de crecimiento

Representa la última etapa del proceso de germinación y se corresponde con la iniciación en la semilla de cambios morfológicos visibles, en concreto con la elongación de la radícula. Fisiológicamente, esta fase se caracteriza por un constante incremento de la absorción de agua y de la actividad respiratoria (Pérez y Martínez- Laborde, 1994).

2.2.1.3 Factores ambientales que inciden en la germinación

Entre los factores ambientales más importantes que inciden en el proceso de germinación están:

a) Humedad

La absorción de agua es el primer paso, y el más importante, que tiene lugar durante la germinación, porque para que la semilla recupere su metabolismo es necesaria la rehidratación de sus tejidos. La entrada de agua en el interior de la semilla se debe exclusivamente a una diferencia de potencial hídrico entre la semilla y el medio que le rodea. En condiciones normales, este potencial hídrico es menor en las semillas secas que en el medio exterior. Por ello, hasta que emerge la radícula, el agua llega al embrión a través de las paredes celulares de la cubierta seminal; siempre a favor de un gradiente de potencial hídrico. En exceso el agua actúa desfavorablemente, esto porque dificulta la llegada de oxígeno al embrión (Cerqueda, 2010).

b) Temperatura

Influye sobre enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla después de la rehidratación. La actividad de cada enzima tiene lugar entre un máximo y un mínimo de temperatura, existiendo un óptimo intermedio. Del mismo modo, en el proceso de germinación pueden establecerse unos límites similares. Por ello, las semillas solo germinan dentro de un cierto margen de temperatura. Si la temperatura es muy alta o muy baja, la germinación no tiene lugar, aunque las demás condiciones sean favorables. Las temperaturas compatibles con la germinación varían mucho de unas especies a otras (Cerqueda, 2010).

c) Gases

Las semillas requieren para su germinación un medio suficiente aireado que permita una adecuada disponibilidad de O₂ y CO₂. De esta forma el embrión obtiene la energía imprescindible para mantener sus actividades metabólicas. La mayoría de las semillas germinan bien en atmosfera normal con 21 % de O₂ y un 0.03 % de CO₂ (Cerqueda, 2010).

2.3.2 Propagación asexual o vegetativa

Este tipo de propagación consiste en la reproducción de individuos a partir de porciones vegetativas de las plantas cuyos órganos vegetales tienen la capacidad de regenerarse (Chamba y Chimbo, 2002).

Según Cuculiza (1985), la propagación asexual es la reproducción de las plantas sin intervención de las semillas. La reproducción asexual constituye la formación de nuevos individuos a partir de un solo progenitor, sin la producción de gametos ni estructuras reproductivas especiales multicelulares que se separan de la célula madre y se desarrollan formando nuevos individuos como son: yemas, estolones, bulbos y tubérculos (Norma, 1983).

2.4 Importancia del potencial reproductivo de las especies forestales

La producción de frutos y semillas en los árboles es una serie compleja de eventos que comienza con la iniciación de la flor en los primordios florales y termina con la germinación de la semilla (Donoso, 1993).

En el manejo forestal, se requiere de una cantidad adecuada de semillas de la mejor calidad posible para asegurar la regeneración natural de un bosque. Esto es tan evidente, que en los programas de reforestación la colecta de semilla es la base fundamental del proceso y se realiza preferentemente en los años semilleros (Márquez y Alba-Landa, 2003).

La renovabilidad de los recursos forestales es directamente proporcional a su capacidad reproductiva y manejo adecuado, por lo que la correcta aplicación de los métodos de regeneración en el manejo de bosques naturales y la producción de plántula suficiente y de alta calidad en plantaciones comerciales son vitales en este proceso productivo (Alba- Landa *et al.*, 2005).

Es conocido que los árboles forestales en condiciones naturales no producen semillas regularmente, sino más bien en periodos variables de años que pueden ser desde 1 hasta 7 o más años y que esta característica puede estar correlacionada con algunos factores del clima y la madurez del árbol (Alba- Landa *et al.*, 2005).

El potencial de producción de semillas de una especie forestal es importante porque es uno de los indicadores del grado de madurez de una población con respecto de su edad, así como con la interacción de la misma en un sitio determinado. Esta característica nos permite evaluar y ponderar el potencial de manejo de una especie o población, ya que con los resultados obtenidos se puede diseñar una estrategia de conservación de poblaciones y otra de uso de fuentes específicas de cada población (Alba- Landa *et al.*, 2005).

2.5 Avances e investigaciones de *Cinchona officinalis* L., en la provincia de Loja

En el Ecuador se han desarrollado limitados estudios de *Cinchona officinalis* L., algunos de ellos se han llevado a cabo en la Provincia de Loja, los cuales están relacionados con la propagación sexual y también sobre potencial reproductivo de la especie, los mismos que son detallados a continuación:

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

Caraguay (2016), realizó su estudio en los sitios de El Naque (Loja), Selva Alegre (Saraguro), Uritusinga (Catamayo) y San Simón (Loja), donde menciona que en cuanto al potencial reproductivo de la especie *Cinchona officinalis* L., el sitio que presentó el mayor número de frutos por árbol fue Selva Alegre con $1\ 054,36 \pm 315,65$ frutos por árbol y El Naque con $918,23 \pm 104,36$ frutos por árbol; mientras que un menor número de frutos por árbol se presentó en los sitios Uritusinga y San Simón. En cuanto a la producción de semillas y peso el sitio El Naque presentó una mayor producción de $1\ 837,58 \pm 360,13$ semillas por árbol, con un peso de 6,94 gramos y Selva Alegre con $1\ 795,57 \pm 850,28$ semillas por árbol y un peso de 8,81 gramos. 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* L., 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 presento un porcentaje alto (80.46%).

En cuanto al análisis de laboratorio, *Cinchona officinalis* L., alcanzó un porcentaje de germinación del 70.50% en presencia de la luz y 50.0% en la oscuridad, iniciando ésta a los cinco días de haber efectuado la siembra y estabilizándose a los 35 días. La viabilidad de la semilla en promedio es baja 0.58%, es decir que las semillas pierden rápidamente el poder germinativo.

2.5.2 Propagación in vivo de *Cinchona officinalis* L., a partir de material vegetal sexual y asexual, con fines de conservación de la especie”

Conde (2016), en su estudio realizó varias técnicas de propagación sexual y asexual de *Cinchona officinalis* L., para la propagación sexual por semillas probó tres tipos de sustratos más dos testigos: tres sustratos de tierra, arena y turba en las proporciones 1:1:1; 2:1:1 y 1:1:2 más los testigos turba (100 %) y tierra (100 %). Donde obtuvo como mejores tratamientos el T3 (1:1:2) y T4 (testigo turba) con un 71.67 % y 83.33 % de germinación respectivamente, , los tratamientos T1 (1:1:1) y T2 (2:1:1) presentaron un porcentaje del 46.67 %; y 43.33 % respectivamente, el tratamiento T5 presentó un porcentaje de germinación del 20 %.

De igual forma para la propagación asexual se realizó los siguientes ensayos: a) ensayo de enraizamiento de estacas y brotes, donde se probó tres tratamientos: T1: sin aplicación de hormonas enraizantes; T2: aplicando el enraizador Hormonagro 1; y el T3 utilizando el enraizador H.V; b) ensayo de enraizamiento de acodos aéreos, donde probó tres tipos de sustratos: tierra orgánica, musgo *Sphagnun spp.* y aserrín.

Teniendo como resultado que las hormonas enraizantes comerciales (Hormonagro 1 y Enraizador H.V) no tuvieron un efecto positivo en el enraizamiento de estacas. En lo que respecta al enraizamiento de brotes, estos respondieron favorablemente a la propagación vegetativa en los tres tratamientos: T1 (Sin aplicación de hormonas enraizantes), T2 (Hormonagro 1) y T3 (Enraizador H.V). En lo referente al porcentaje de enraizamiento y número de raíces en los brotes no hubo diferencias significativas entre tratamientos; el tratamiento T3 fue el mejor tratamiento en lo que respecta a la longitud de raíces en brotes (3,23 cm); el sustrato compuesto por tierra orgánica fue el que presentó mejores resultados en el enraizamiento de acodos aéreos en *Cinchona officinalis* L., debido a que alcanzó un porcentaje de enraizamiento del 50 % a diferencia de los otros sustratos.

2.5.3 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.

Las especies estudiadas por Aponte y Sanmartín (2011), fueron: *Alnus acuminata*, *Cedrela montana*, *Clethra revoluta*, *Cinchona officinalis*, *Cupania americana*, *Juglans neotropica*, *Prumnopitys montana*, *Myrica pubescens*, *Myrsine sodiroana* y *Weinmannia glabra*. Los resultados obtenidos en cuanto a la fenología revelan que las especies en general muestran patrones modales y bimodales para la floración y fructificación; y multimodales o irregulares para defoliación, enmarcándose en tres grupos: especies que presentan los fenómenos reproductivos durante todo el año: *Cinchona officinalis* y *Alnus acuminata*; especies que presentan fenómenos reproductivos dos veces al año: *Myrica pubescens*, *Myrsine sodiroana*, *Weinmannia glabra* y *Clethra revoluta*; y, especies que presentan una sola vez los fenómenos reproductivos: *Cedrela montana*, *Cupania americana*, y *Juglans neotropica*. En cuanto al potencial productivo, *Myrsine sodiroana* fue la especie que alcanzó la mayor cantidad de frutos promedio por árbol ($54\,535 \pm 11\,292,50$), seguida de *Cinchona officinalis* registró un promedio de $786,71 \pm 209,26$ frutos por árbol, mientras que la menor cantidad de frutos por árbol presentó *Cedrela montana* (74).

En cuanto a la germinación de semillas en laboratorio, existen considerables variaciones en la capacidad germinativa entre especies que obedecen a defectos en la semilla, por una parte se encuentran los elevados porcentajes de germinación obtenidos de *Cupania americana* (80,50 %); *Weinmannia glabra* (81,75 %) y *Cinchona officinalis* L., (70,5 %) y por el otro los bajos porcentajes para *Myrica pubescens* (5,25 %) debido principalmente por la baja calidad de las semillas, semillas huecas y embrión podrido, mientras que para *Myrsine sodiroana* la germinación se vio limitada por la presencia de plagas, alcanzando un 12,13 % de germinación.

2.5.4 Germinación en laboratorio e influencia de los hongos micorrízicos y la aplicación de nutrientes en el crecimiento de dos procedencias de *Cinchona pubescens*., a nivel de invernadero.

Apolo (2012), realizó la germinación de semillas de *Cinchona pubescens* de dos procedencias, Loja y Galápagos, la misma que se desarrolló en condiciones ambientales, controladas a nivel de laboratorio; y con las plántulas obtenidas de este proceso, realizó un seguimiento de su crecimiento en invernadero durante seis meses; donde probó diferentes nutrientes, como

nitrógeno y fósforo, y micorrizas; las cuales junto con los nutrientes formaron parte de los diferentes tratamientos aplicados a las plántulas de Loja y Galápagos para evaluar su comportamiento.

Los resultados obtenidos en la presente investigación indicaron que las semillas provenientes de Loja obtuvieron mayor porcentaje de germinación (95.2 %) que las semillas provenientes de Galápagos (86.6 %), a nivel de laboratorio. Sin embargo, las plántulas de Loja crecieron menos en altura y diámetro y tuvieron mayor mortalidad que las plántulas de Galápagos.

3. METODOLOGÍA

3.1 Ubicación del área de estudio

La presente investigación se realizó en la provincia de Loja, ubicada en la región sur del Ecuador, específicamente en tres sitios: Selva Alegre ubicado en el cantón Saraguro; Uritusinga ubicado en el cantón Catamayo y Zamora Huayco ubicado en el cantón Loja (Figura 3).

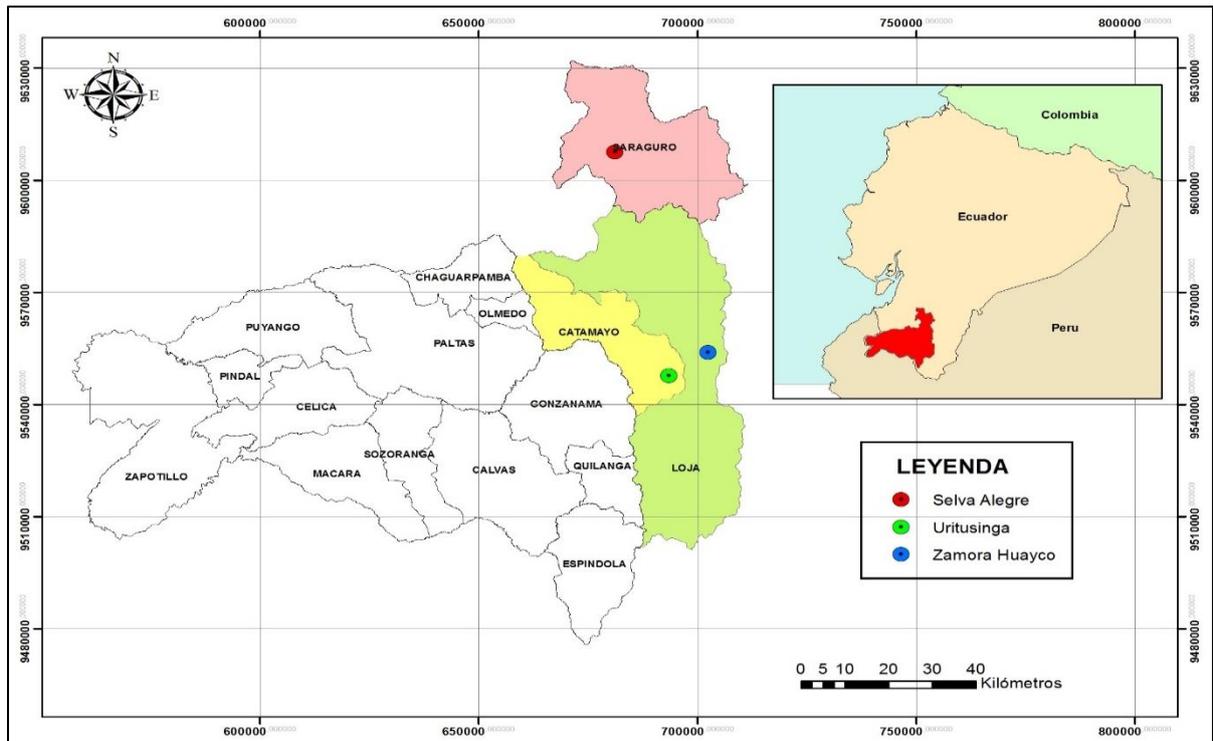


Figura 3. Ubicación del área de estudio

La fase de laboratorio e invernadero se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Nacional de Loja, ubicado en el cantón y provincia de Loja, parroquia San Sebastián, a 3 kilómetros del sur de la ciudad de Loja, vía a Malacatos (Figura 4).



Figura 4. Ubicación del Laboratorio de Micropropagación Vegetal e Invernadero

3.2 Metodología para evaluar la propagación sexual de *Cinchona officinalis* L., provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja

3.2.1 Colecta y selección de semillas

Para la colecta de semillas de *Cinchona officinalis* L., se seleccionó dos árboles plus en cada sitio de estudio (Selva Alegre, Uritusinga y Zamora Huayco), basados en el estudio realizado por Caraguay (2016), el criterio de selección estuvo basado en las características fenotípicas y potencial reproductivo de los individuos de la especie (Cuadro 1).

Cuadro 1. Árboles de *Cinchona officinalis* L., seleccionados para cada sitio de estudio

Sitio	N.º de árbol	DAP (cm)	HT (m)	DC (m)	Código
Selva Alegre	2	20.69	6.70	5.55	SA- A2
	3	23.08	6.70	6.44	SA-A3
Uritusinga	3	10.07	8.40	3.7	Ur-A3
	5	8.28	7.40	3.95	Ur-A5
Zamora Huayco	13	8.3	6.5	3.4	ZH- A13
	14	6.6	5	2.6	ZH-A14

Se recolectó frutos fisiológicamente maduros, se las colocó en fundas de papel debidamente etiquetadas, se los trasladados al Laboratorio de Micropropagación Vegetal, donde se aplicó la metodología del Manual de Procedimientos del Laboratorio (LMV, 2016), que consiste en obtener semillas de calidad, a partir de la selección manual de semillas (con la utilización de una lupa y pinza) con el embrión maduro con el fin de excluir las semillas vanas (Figura 5).

3.2.2 Preparación del sustrato para la siembra de semillas en el invernadero



Figura 5. Proceso de colecta y selección de semillas de *Cinchona officinalis* L.

Se probó un testigo y dos tratamientos: el tratamiento 1 (T1) fue el testigo compuesto por tierra (100 %), el tratamiento 2 (T2) compuesto por arena, tierra y turba en las proporciones 1:1:2, y el tratamiento 3 (T3) compuesto por arena, tierra y turba en proporciones 2:1:2 (Cuadro 2). La desinfección del sustrato se efectuó a través del método de vapor utilizando una carretilla eléctrica (esterilizador) para prevenir el ataque de hongos (Figura 6).

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos para la germinación de semillas de *Cinchona officinalis* L., en el Invernadero

N° Tratamientos	Descripción
T1 (testigo)	Sustrato compuesto por: tierra negra
T2	Sustrato compuesto por: arena, tierra y turba, en una proporción 1:1:2
T3	Sustrato compuesto por: arena, tierra y turba, en una proporción 2:1:2

Es importante mencionar que para éste ensayo se trabajó únicamente con tres tratamientos, debido a la poca disponibilidad de material vegetal (semilla), en los tres relictos boscosos que comprende el estudio.



Figura 6. Proceso de preparación y desinfección del sustrato

3.2.3 Siembra de las semillas de *Cinchona officinalis* L., en el invernadero

La siembra de las semillas se la llevo a cabo en conos plásticos de 3 cm de diámetro por 15 cm de profundidad, donde se realizó un pequeño hoyo en el centro del cono a un cm de profundidad con el sustrato previamente esterilizado y humedecido, en cada tratamiento con sus repeticiones identificadas se sembró un lote de 30 semillas (Figura 7). Finalmente, se procedió al etiquetado de los conos plásticos en base al tratamiento y a la procedencia de la semilla de *Cinchona officinalis* L.



Figura 7. Proceso de siembra de las semillas de *Cinchona officinalis* L. en el invernadero

3.2.4 Cuidados culturales en el invernadero

Se realizaron riegos periódicos, preferentemente en las horas de la tarde, utilizando una jarra pequeña. De igual forma, se hicieron deshierbas de forma manual cuando fue necesario.

3.2.5 Registro de datos

La evaluación de la germinación de las semillas, se realizó mediante registros de datos cada cinco días, a partir del quinto día de la siembra y por el período de 60 días. Las variables que se evaluaron son: porcentaje de germinación y porcentaje de mortalidad de la semilla (Cuadro 3).

Cuadro 3. Hoja de registro de datos para evaluar la germinación de las semillas

Días/Fecha	N° Tratamiento	Réplicas	N° Total de semillas sembradas	N° Total de semillas germinadas	% germinación	% mortalidad

3.2.6 Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó fue el diseño simple al azar, que es una prueba basada en el análisis de varianza, en donde la varianza total se descompone en la “varianza de los tratamientos” y la “varianza del error”. El objetivo es determinar si existe una diferencia significativa entre los tratamientos, para lo cual se compara la “varianza del tratamiento” con

la “varianza del error” y se determina si la primera es lo suficientemente alta según la distribución F (Chou y Armer, 1977).

Cuadro 4. Tratamientos y repeticiones para el ensayo de germinación de semillas en el invernadero para cada sitio.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES		
	R1	R2	R3
SUTRATO 1 (T1) testigo	T1R1	T1R2	T1R3
SUSTRATO 2 (T2)	T2R1	T2R2	T2R3
SUSTRATO 3 (T3)	T3R1	T3R2	T3R3

Especificaciones del Diseño Experimental para cada sitio de estudio

Se utilizó un diseño experimental simple al azar.

Número de tratamientos: 2 tratamientos y 1 testigo

Número de repeticiones: 3 repeticiones

Unidad experimental: 10 conos plásticos

Número de unidades experimentales: 3 unidades por tratamiento

Número total de unidades experimentales: 9 unidades por sitio

Número de conos plásticos por tratamiento: 30

Número total de conos plásticos por sitio: 90

Número total de semillas por sitio: 90 semillas

Cuadro 5. Variables evaluadas en el ensayo de germinación de semillas de *Cinchona officinalis* L

Variables Independientes	Variables Dependientes
1. Tipos de Tratamientos y Sustratos	1. Porcentaje de germinación 2. Porcentaje de mortalidad

3.3 Metodología para determinar el potencial reproductivo de *Cinchona officinalis* L., provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja

3.3.1 Determinación de la fisiología reproductiva

Para determinar la productividad, se colectó los frutos de todos los árboles seleccionados de cada sitio de estudio, donde se evaluaron los siguientes aspectos:

3.3.1.1 Número de frutos promedio por rama y por árbol

Según las características de los árboles en estudio, se escogió al azar un total de seis ramas con frutos (terciarias, cuaternarias o quinquenarias), y se contó el número de frutos en cada una de ellas, y se promedió para las seis ramas evaluadas (# frutos por rama). El promedio de frutos encontrados por rama se multiplicó por el total de ramas con frutos (determinado con anterioridad), para obtener el número aproximado de frutos/árbol.

Para determinar el número de frutos promedio de cada árbol se utilizó la siguiente fórmula:

$$Pp = Prf \times Trf$$

Dónde:

Pp= Potencial productivo del árbol

Prf: Promedio de seis ramas con frutos

Trf= Total de ramas del árbol con frutos

3.3.1.2 Producción de semillas del árbol

Para evaluar la producción de semillas por árbol se colectó y contabilizó la semilla de 20 frutos, luego se calculó el número de semillas por árbol de cada sitio de estudio aplicando la fórmula utilizada por Ordoñez (2001).

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

Dónde:

Ps= Producción de semilla del árbol

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

Nsm= Número de semilla por muestra

Nfm= Número de frutos de la muestra

3.4 Análisis estadístico

Para la interpretación de los datos de germinación de semillas de *Cinchona officinalis* L., se realizó el análisis estadístico utilizando el software estadístico Infostat, donde se aplicó un análisis de varianza ANOVA, con un nivel de significancia $\alpha=0,05$. Previo a realizar los ANOVA se verificó el cumplimiento de los supuestos de normalidad, homogeneidad de varianzas e interdependencia de datos. No se realizó el análisis estadístico para los datos de mortalidad y potencial reproductivo por no cumplir con los supuestos antes mencionados.

3.5 Metodología para difundir y publicar los resultados sobre evaluación de la germinación de semillas y potencial reproductivo de *Cinchona officinalis* L., provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja

Para cumplir con este objetivo se desarrollaron las siguientes actividades:

- Socialización de los resultados del estudio al equipo técnico del Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Universidad Nacional de Loja.
- Elaboración de un tríptico con los resultados de la investigación
- Elaboración de un folleto técnico con los resultados del estudio
- Elaboración de un artículo científico en base al estudio realizado.
- Documento de la tesis

4. RESULTADOS

4.1 Propagación sexual de la especie *Cinchona officinalis* L.

4.1.1 Germinación de semillas en el invernadero

Los resultados de germinación de semillas que se presenta, se expresan como el porcentaje final de semillas germinadas al final del periodo de tiempo del ensayo. En figuras 8 a la 13 se presenta la curva acumulativa de germinación de semillas para cada uno de los árboles seleccionados de los sitios de estudio.

4.1.1.1 Evaluación de la germinación de semillas de los árboles de *Cinchona officinalis* L., del sitio Selva Alegre

Las semillas del árbol 2 (SA-A2) presentaron un porcentaje medio de germinación durante el periodo de evaluación, que corresponde al 36.7 %, en el tratamiento (T2) compuesto por arena, tierra y turba en una proporción 1:1:2, cuya germinación inició a los 20 días y se estabilizó a los 45 días. Mientras que el tratamiento T1 (testigo tierra) y el tratamiento (T3) compuesto por arena, tierra y turba en una proporción 2:1:2 presentaron un porcentaje relativamente bajo alcanzando un 30 %, cuyos porcentajes de germinación iniciaron a los 25 días y se estabilizó a los 55 días (Figura 8).

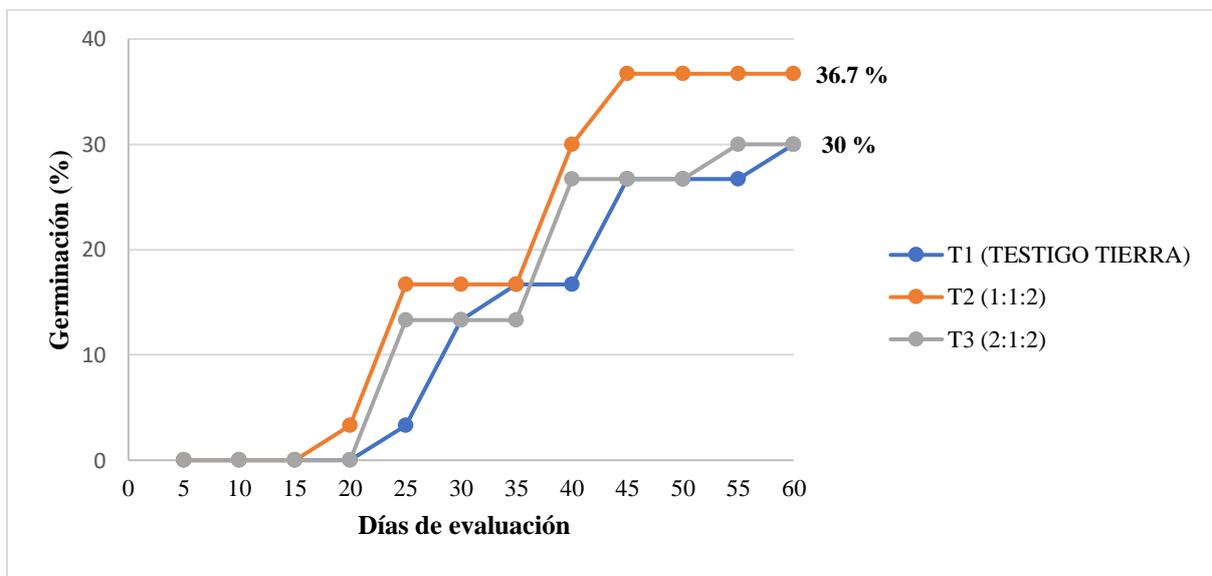


Figura 8. Curva de germinación acumulativa del Árbol 2 (SA-A2)

Las semillas del árbol 3 (SA-A3) presentó un porcentaje de germinación durante el periodo de evaluación de 43.3 %, que es el mayor porcentaje, que corresponde al tratamiento (T2) compuesto por arena, tierra y turba en una proporción 1:1:2, cuya germinación inició a los 25 días y se estabilizó a los 50 días. Mientras que el tratamiento T1 (testigo tierra) alcanzó un porcentaje del 30 %, cuya germinación inició a los 25 días y se estabilizó a los 45 días. El tratamiento T3 compuesto por arena, tierra y turba en una proporción 2:1:2, alcanzó un porcentaje de germinación del 40 %, la germinación inició a los 20 días y se estabilizó a los 40 días (Figura 9).

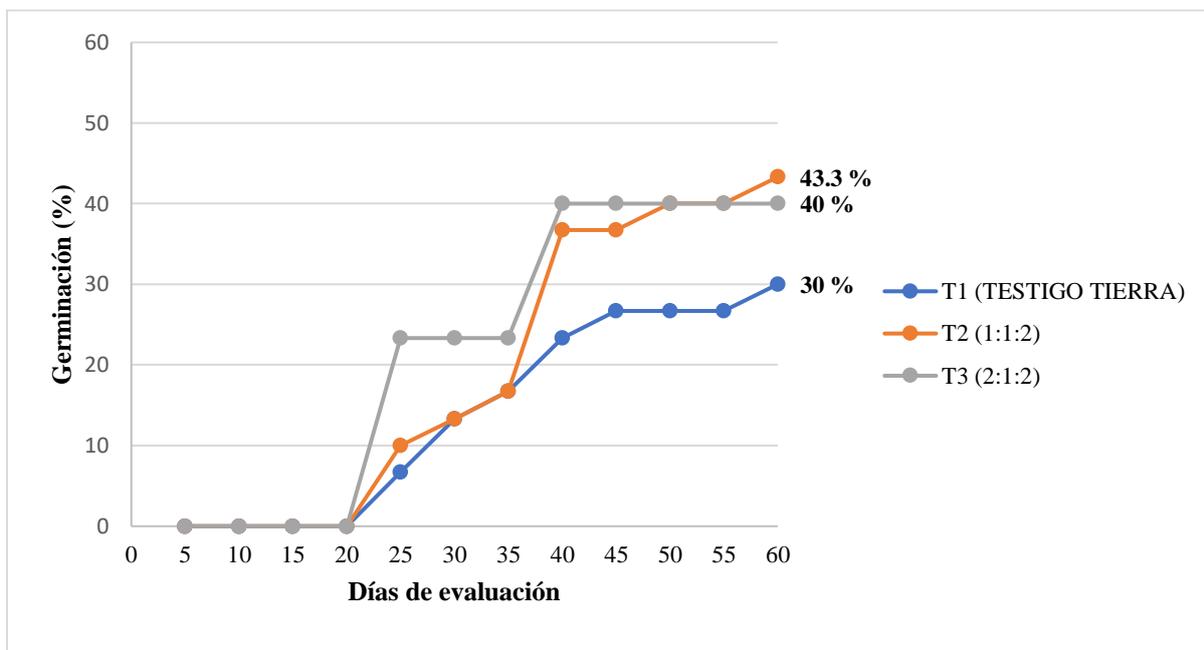


Figura 9. Curva de germinación acumulativa del Árbol 3 (SA-A3)

4.1.1.2 Evaluación de la germinación de semillas de los árboles de *Cinchona officinalis* L., del sitio Uritusinga

En las semillas del árbol 3 (Ur-A3), el mayor porcentaje de germinación fue del 53.3 %, que corresponde al tratamiento (T3) compuesto por arena, tierra y turba en una proporción 2:1:2, cuya germinación inició a los 25 días y se estabilizó a los 50 días. Seguido del tratamiento (T2) compuesto por arena, tierra y turba en una proporción 2:1:2 que alcanzó un porcentaje de germinación del 33.3 %, su germinación inició a los 20 días y se estabilizó a los 40 días. Finalmente, el tratamiento T1 (testigo tierra) presentó un porcentaje de germinación del 26.7 %, cuya germinación se inició a los 25 días y se estabilizó a los 40 días (Figura 10).

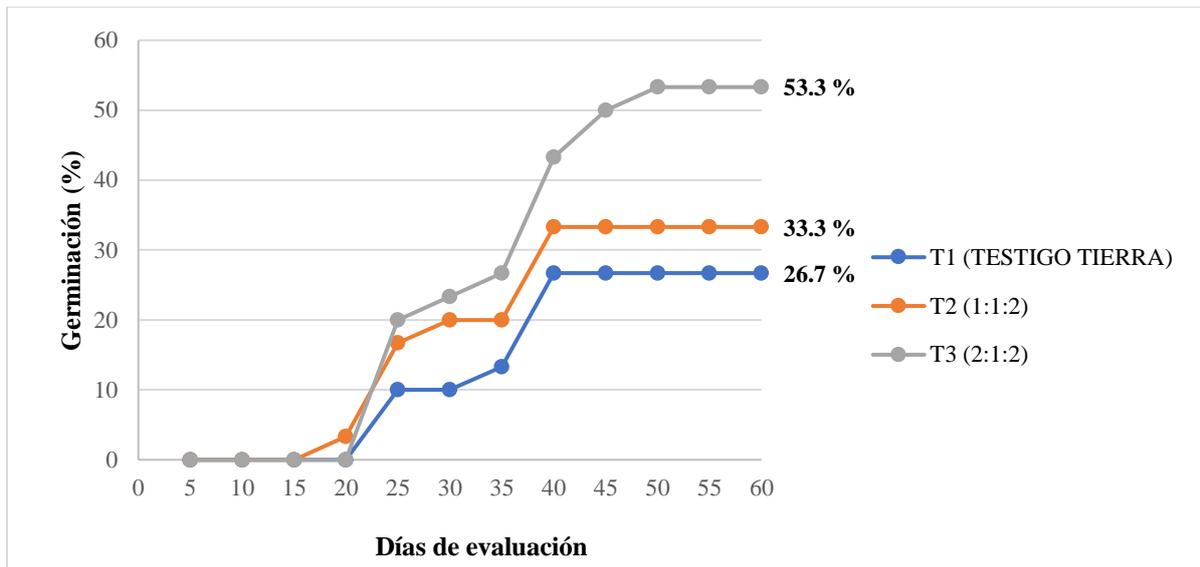


Figura 10. Curva de germinación acumulativa del Árbol 3 (Ur-A3)

En las semillas del árbol 5 (Ur-A5), el mayor porcentaje de germinación fue del 93.3 %, que corresponde al tratamiento (T2) compuesto por arena, tierra y turba en una proporción 1:1:2, cuya germinación inició a los 15 días y se estabilizó a los 50 días. De igual forma el T1 (testigo tierra) alcanzó un porcentaje del 56.7 %, cuya germinación inició a los 25 días y se estabilizó a los 45 días. El tratamiento (T3) compuesto por arena, tierra y turba en una proporción 2:1:2, alcanzó un porcentaje de germinación del 43.3 %, la germinación inició a los 20 días y se estabilizó a los 55 días (Figura 11).

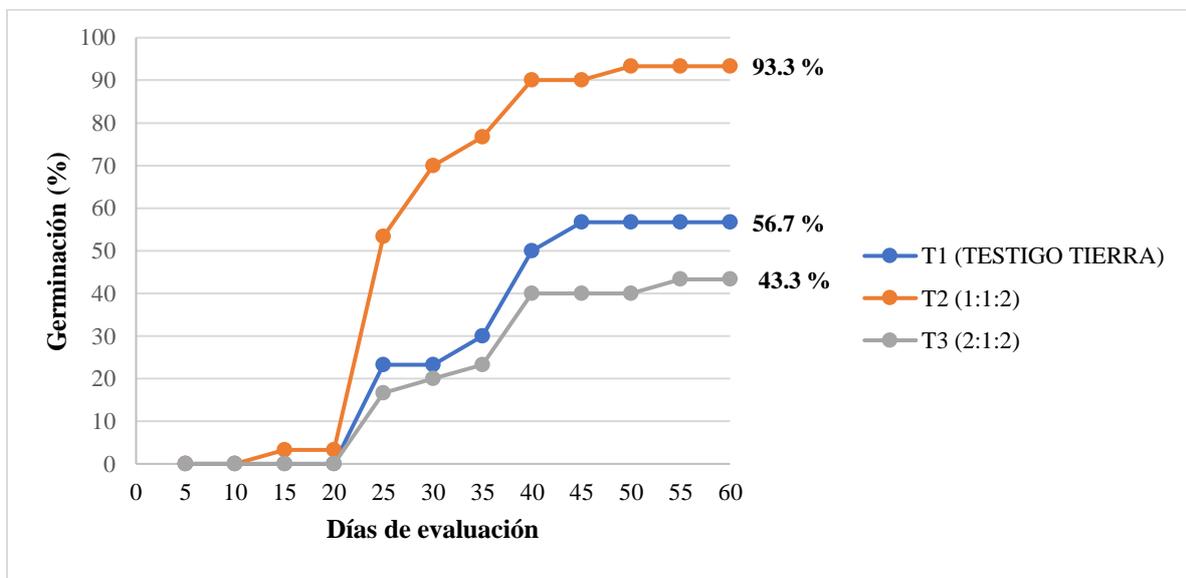


Figura 11. Curva de germinación acumulativa del Árbol 5 (Ur-A5)

4.1.1.3 Evaluación de la germinación de semillas de los árboles de *Cinchona officinalis* L., del sitio Zamora Huayco

En las semillas del árbol 13 (ZH-A13), el mayor porcentaje de germinación fue del 43.3 %, que corresponde al tratamiento (T2) compuesto por arena, tierra y turba en una proporción 1:1:2, cuya germinación inició a los 25 días y se estabilizó a los 40 días. Mientras que el T1 (testigo tierra) presentó un porcentaje de germinación del 20 %, cuya germinación se inició a los 25 días y se estabilizó a los 40 días. Finalmente, el tratamiento (T3) compuesto por arena, tierra y turba en una proporción 2:1:2 alcanzó un porcentaje de germinación del 16.7 %, cuya germinación se inició a los 25 días y se estabilizó a los 40 días (Figura 12).

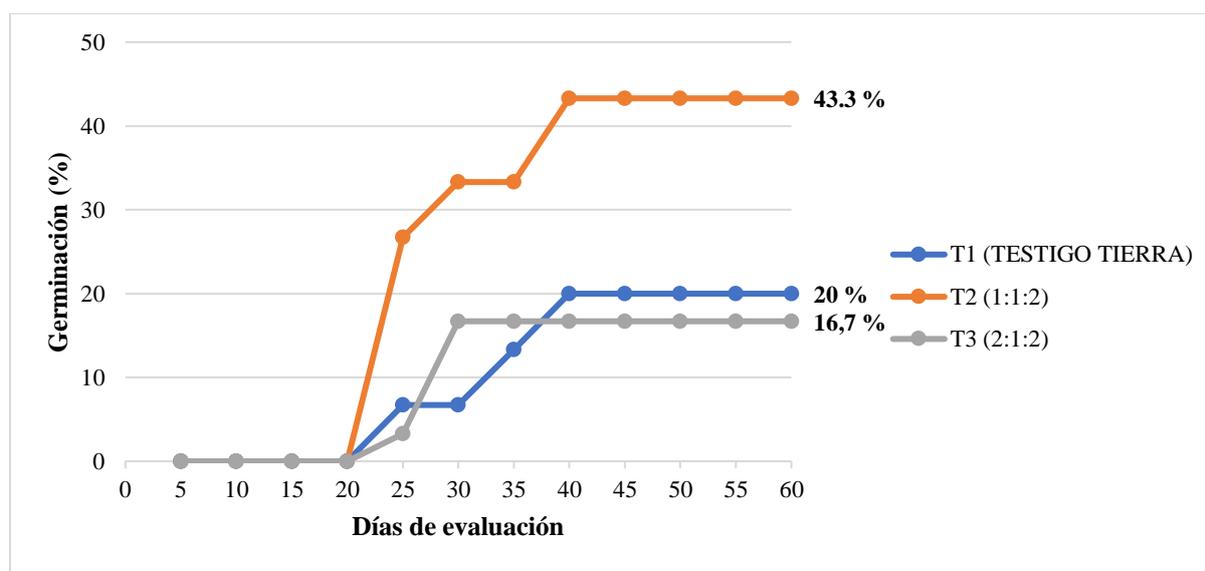


Figura 12. Curva de germinación acumulativa del Árbol 13 (ZH-A13)

En las semillas del árbol 14 (ZH-A14), presentó un porcentaje de germinación del 40 %, que es el mayor porcentaje, que corresponde al tratamiento T1 (testigo tierra), cuya germinación se inició a los 25 días y se estabilizó a los 35 días. Mientras que el tratamiento (T2) compuesto por arena, tierra y turba en una proporción 1:1:2 presentó un porcentaje de germinación del 26.7 %, su germinación inició a los 25 días y se estabilizó a los 40 días. Finalmente, el tratamiento (T3) compuesto por arena, tierra y turba en una proporción 2:1:2 alcanzó un porcentaje de germinación del 23.3 %, cuya germinación se inició a los 25 días y se estabilizó a los 35 días (Figura 13).

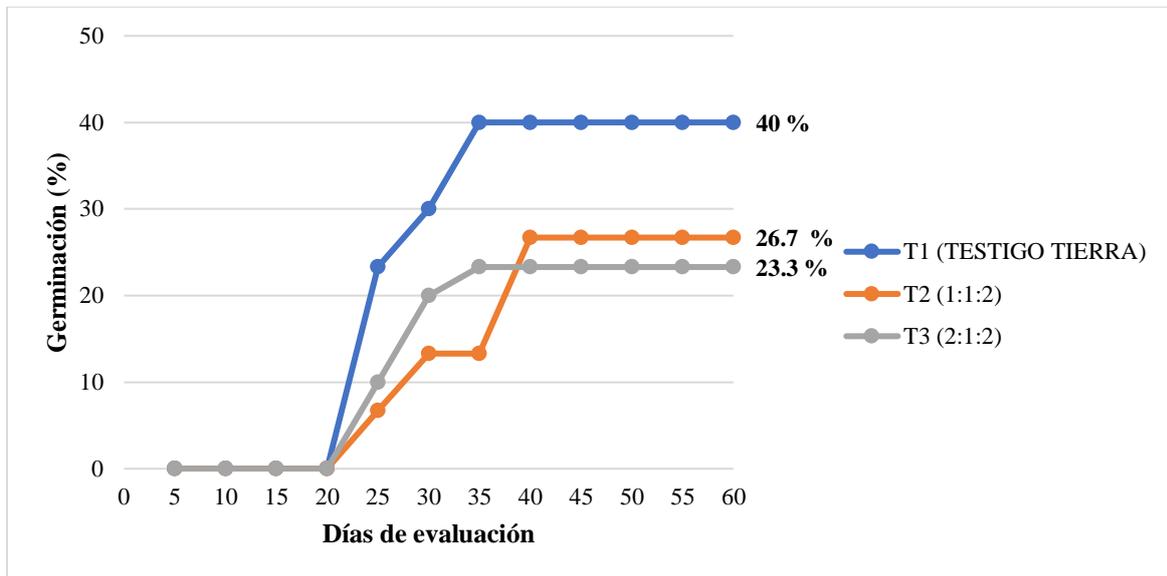
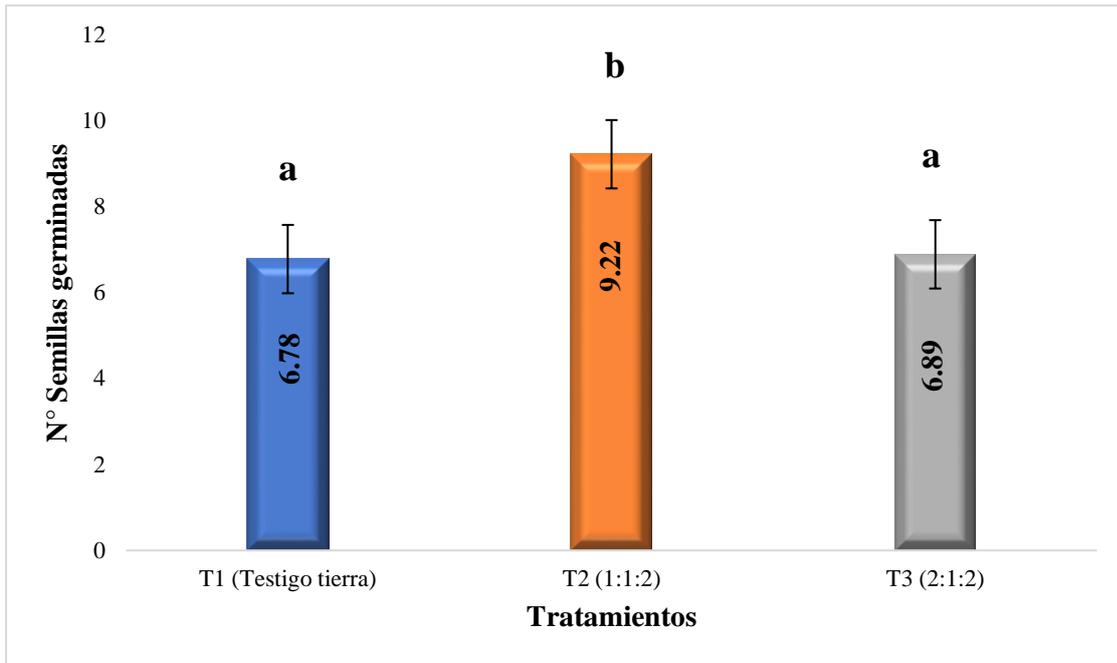


Figura 13. Curva de germinación acumulativa del Árbol 14 (ZH-A14)

4.1.2 Análisis de varianza para el número de semillas germinadas

Según el análisis de varianza (ANOVA) realizado, se obtuvo un coeficiente de variación (CV) con un valor de 26.93, así mismo la prueba LSD Fisher nos indica que si hay diferencias significativas ($p = 0.0350$) entre tratamientos. Dando, así como mejor tratamiento el tratamiento (T2) (arena, tierra y turba) en una proporción 1:1:2 con un valor promedio de 9.22 semillas germinadas, frente al tratamiento T1 (testigo tierra) y tratamiento (T3) (arena, tierra y turba) en una proporción 2:1:2 que presentaron valores promedios bajos, obteniendo 6.78 y 6.89 semillas germinadas respectivamente (Figura 14).

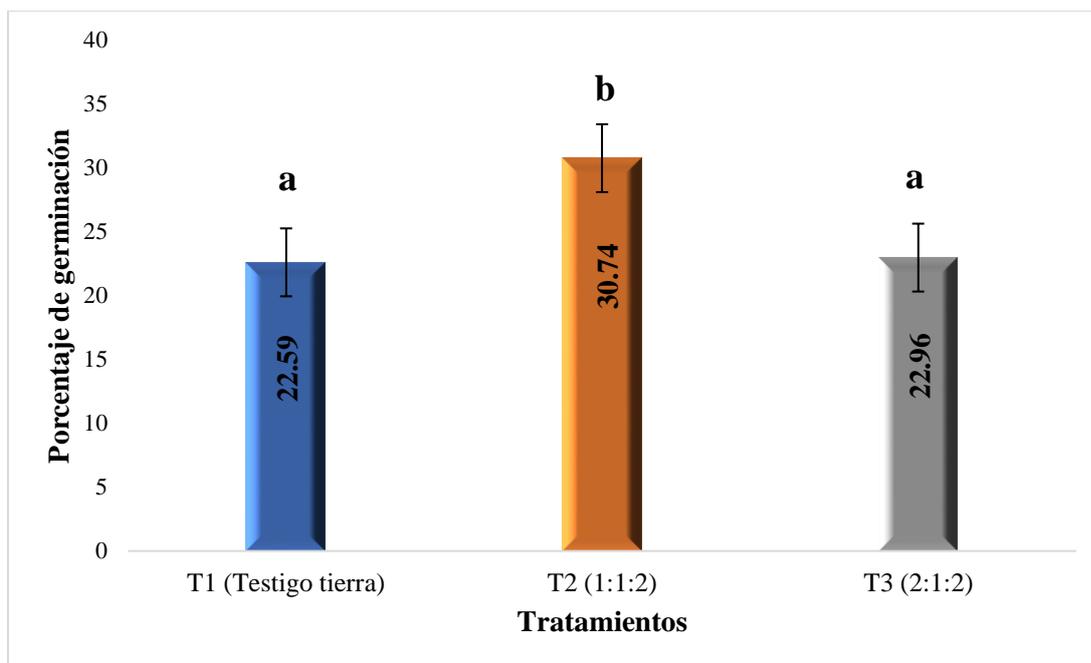
Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)



4.1.3 Análisis de varianza para el porcentaje de germinación

Figura 14. Número de semillas germinadas de *Cinchona officinalis* L., bajo dos sustratos y un testigo

Según el análisis de varianza (ANOVA) realizado, se obtuvo un coeficiente de variación (CV) con un valor de 26.93, así mismo la prueba LSD Fisher nos indica que si hay diferencias significativas ($p = 0.0350$) entre tratamientos. Dando, así como mejor tratamiento el T2 (arena, tierra y turba) en una proporción 1:1:2 con un valor promedio del porcentaje de germinación del 30.74 %, mientras que el T1 (testigo tierra) y T3 (arena, tierra y turba) en una proporción 2:1:2 presentaron valores promedios bajos de porcentaje de germinación, obteniendo 22.59 % y 22.96 % respectivamente. Cabe mencionar que para la prueba de germinación se trabajó con un lote de 30 semillas por tratamiento, de los cuales se obtuvo los porcentajes de germinación (Figura 15).



Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Figura 15. Porcentaje de germinación de *Cinchona officinalis* L.

4.1.4 Porcentaje de mortalidad de plántulas de *Cinchona officinalis* L., en invernadero

4.1.4.1 Evaluación de la mortalidad de plántulas de los árboles evaluados del sitio Selva Alegre

Las plántulas obtenidas de las semillas del árbol 2 (SA-A2) presentaron un bajo porcentaje de mortalidad, los mayores porcentajes de mortalidad se registraron en el T1 (testigo tierra) y T2 compuesto por arena, tierra y turba en una proporción 1:1:2, con un porcentaje de mortalidad del 6.7 %, la cual se presentó entre los 25 a los 40 días después de la germinación de la especie. De igual forma el T3 compuesto por arena, tierra y turba en una proporción 2:1:2 presentó un porcentaje de mortalidad del 3.3 %, la misma que se presentó a los 35 días después de la germinación de la especie (Figura 16).

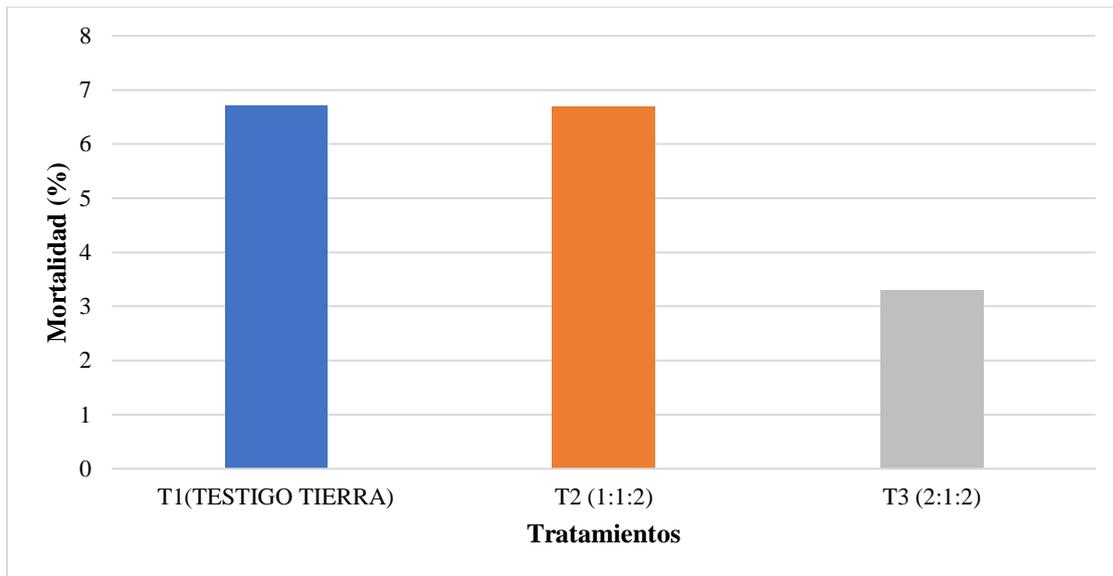


Figura 16. Porcentaje de mortalidad de plántulas del árbol 2 (SA-A2)

Las plántulas obtenidas de las semillas del árbol 3 (SA-A3) presentaron un 10 % de mortalidad en el T1 (testigo tierra), registrándose entre los 30 a 35 días después de la germinación de la especie, siendo el único tratamiento que presentó mortalidad (Figura 17).

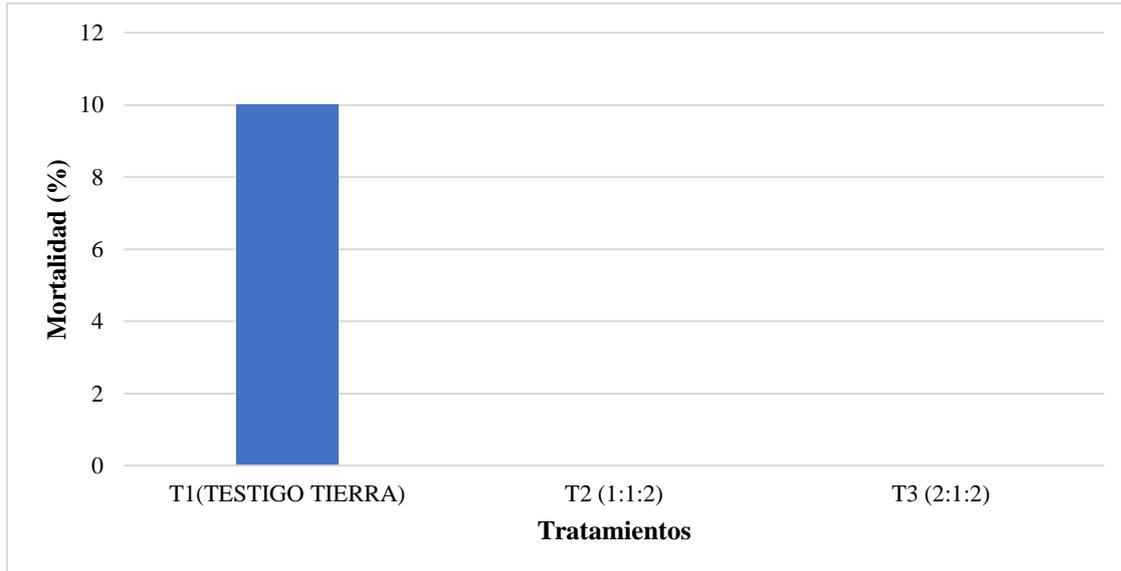


Figura 17. Porcentaje de mortalidad de plántulas del árbol 3 (SA-A3)

4.1.4.2 Evaluación de la mortalidad de plántulas de los árboles evaluados del sitio Uritusinga

Las plántulas obtenidas de las semillas del árbol 3 (Ur-A3) presentaron un bajo porcentaje de mortalidad, registrándose el mayor porcentaje de mortalidad corresponde al T3 compuesto por arena, tierra y turba en una proporción 2:1:2, del 6.7 %, la cual se presentó a los 35 días después de la germinación de la especie. De igual forma el T1 (testigo tierra) y T2 compuesto por arena, tierra y turba en una proporción 1:1:2, presentaron un porcentaje de mortalidad del 3.3 %, la misma que se registró entre los 25 a 35 días después de la germinación de la especie (Figura 18).

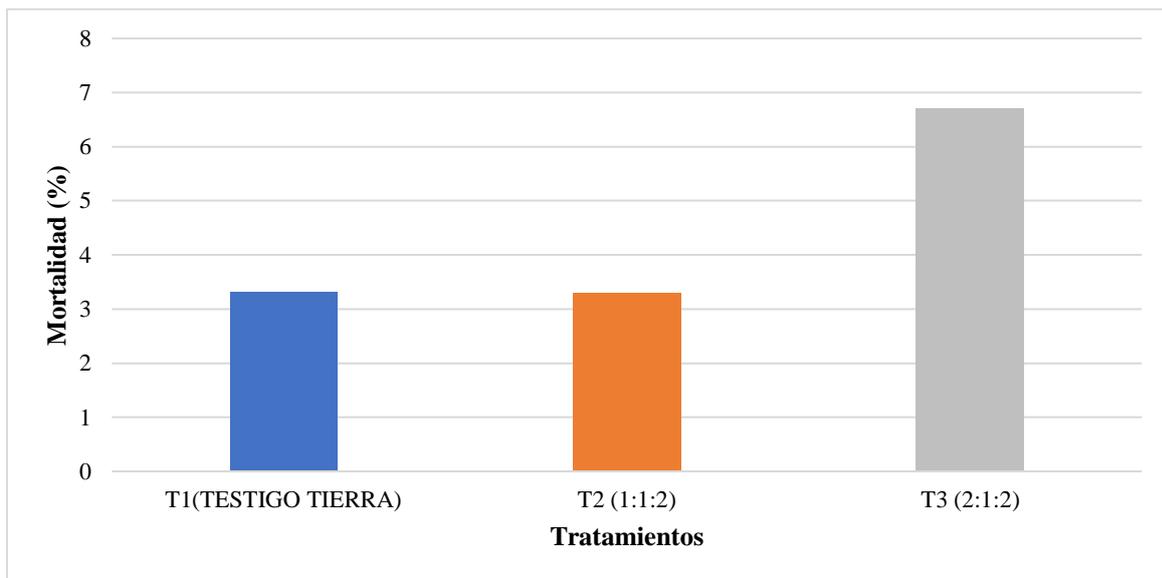


Figura 18. Porcentaje de mortalidad de plántulas del árbol 3 (Ur-A3)

Las plántulas obtenidas de las semillas del árbol 5 (Ur-A5) registraron un mínimo porcentaje de mortalidad de plántulas en el invernadero, el único tratamiento que presentó mortalidad fue el T2 compuesto por arena, tierra y turba en una proporción 1:1:2, con un valor de mortalidad del 3.3 %, registrándose entre los 30 días después de la germinación de la especie (Figura 19).

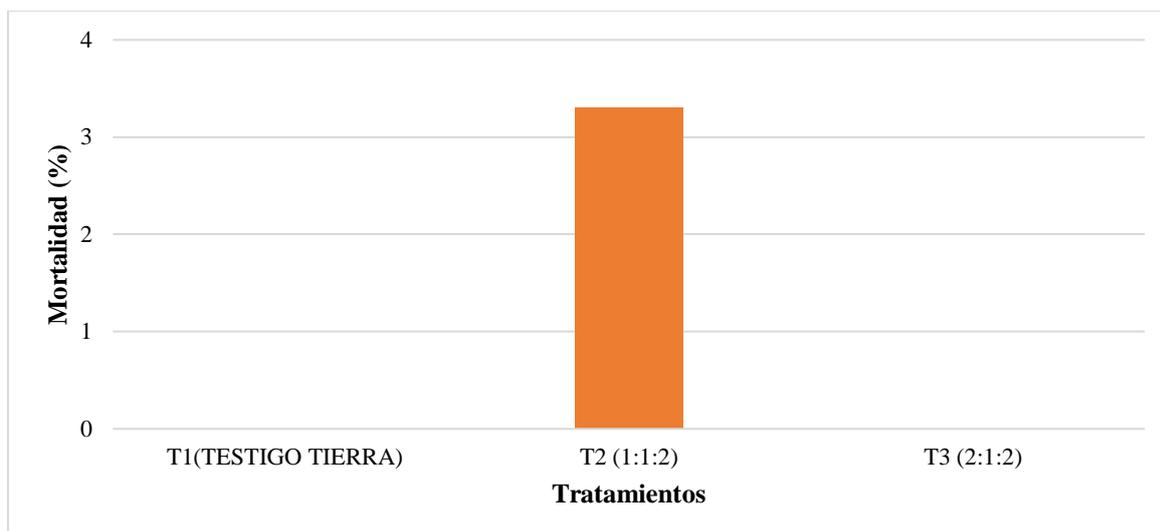


Figura 19. Porcentaje de mortalidad de plántulas del árbol 5 (Ur-A5)

En cuanto a los ensayos realizados con la semilla colectada de los árboles seleccionados del sector Zamora Huayco no presentaron mortalidad de plántulas a nivel de invernadero.

4.2 Determinación de la fisiología reproductiva de los árboles de *Cinchona officinalis* L., seleccionados de los tres sitios de estudio en la provincia de Loja

El potencial reproductivo es la capacidad que tiene una población para producir descendencia viable, y es una variable esencial que puede explicar parte de los cambios observados en el reclutamiento de una especie (Trippel 1999).

El potencial reproductivo se lo realizó para cada árbol, considerando su sitio de procedencia.

4.2.1 Número de frutos promedio por rama y por árbol para los árboles evaluados del sitio Selva Alegre

El árbol 3 (SA-A3) registró un total de 202 ramas con frutos, con este valor se estimó un promedio de 106 frutos por rama y 21 479 frutos por árbol. Mientras que el árbol 2 (SA-A2) registró un total de 214 ramas con frutos, y partir de este resultado se estimó para este individuo un promedio de 69 frutos por rama y 14 659 frutos por árbol (Figura 20). Es necesario indicar que los árboles seleccionados de los tres sitios de estudio presentaron una disposición de ramas desde primarias hasta quinquenarias.

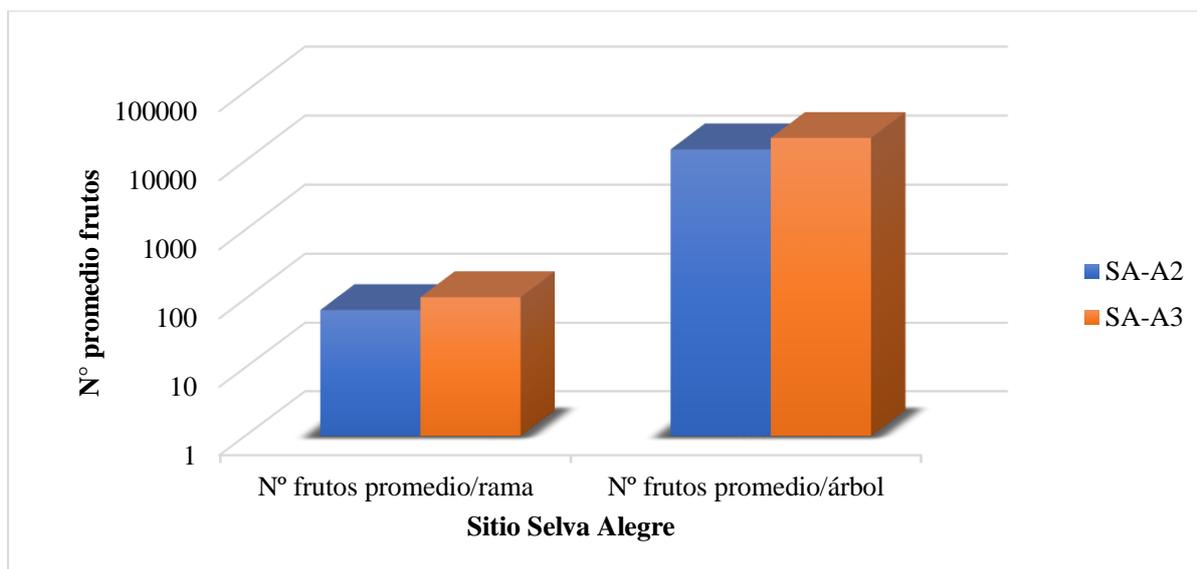


Figura 20. Número de frutos promedio por rama y por árbol para el árbol 2 y 3 del sitio Selva Alegre

4.2.1.1 Número de frutos promedio por rama y por árbol para los árboles evaluados del sitio Uritusinga

El árbol 5 (Ur-A5) registró 105 frutos, con éste valor se estimó un promedio de 107 frutos por rama y 11 183 frutos por árbol para éste individuo. Mientras que el árbol 3 (Ur-A3) registró un total de 161 ramas con frutos, a partir de éste resultado se estimó un promedio de 73 frutos por rama y 11 807 frutos por árbol. (Figura 21).

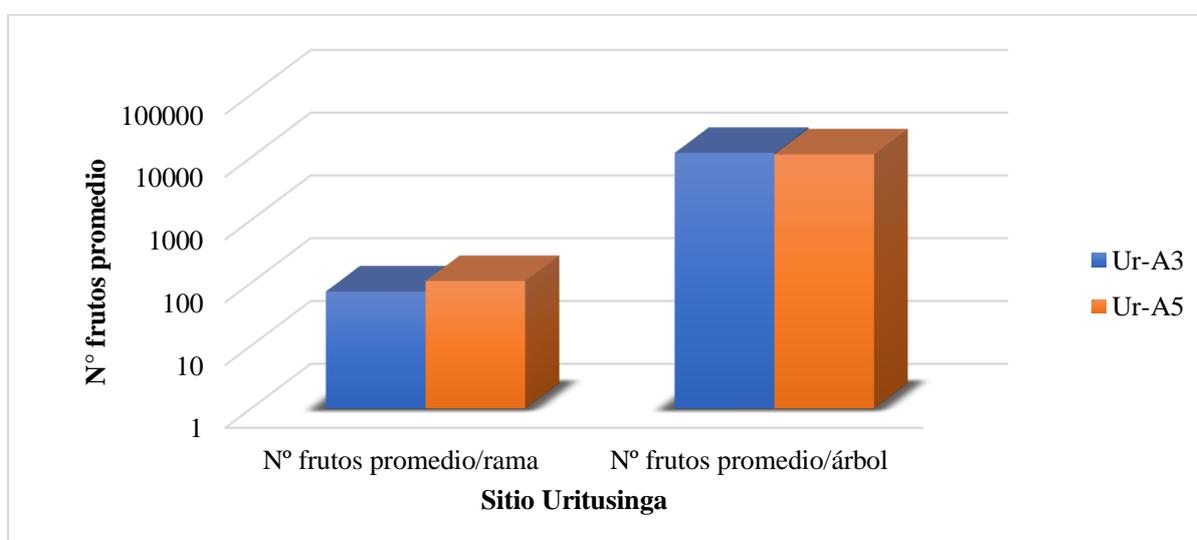


Figura 21. Número de frutos promedio por rama y por árbol para el árbol 3 y 5 del sitio Uritusinga

4.2.1.2 Número de frutos promedio por rama y por árbol para los árboles evaluados del sitio Zamora Huayco

El árbol 13 (ZH-A13) registró 73 ramas con frutos, a partir de éste resultado se estimó un promedio de 73 frutos por rama y 8 287 frutos por árbol. Mientras que el árbol 14 (ZH-A14) registró 55 ramas con frutos, y se estimó un promedio de 55 frutos por rama y 3 052 frutos por árbol (Figura 22).

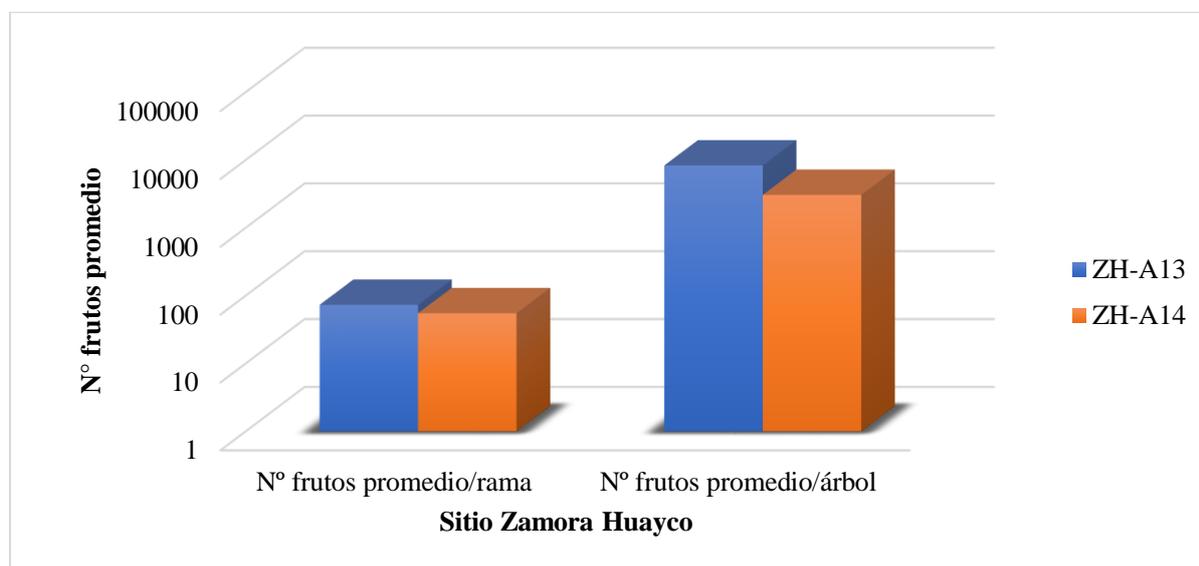


Figura 22. Número promedio de frutos por rama y por árbol para el árbol 13 y 14 del sitio Zamora Huayco

A continuación, en el cuadro 6, se presenta un resumen de los resultados obtenidos en los tres sitios de estudio, que corresponden al número de frutos promedio por rama y por árbol de la especie en estudio.

Cuadro 6. Número de frutos promedio por rama y por árbol de *Cinchona officinalis* L., de los tres sitios de estudio

Sitios	N° Árbol	N° promedio frutos/rama	N° promedio frutos/árbol	Promedio frutos/rama por sitio	Promedio frutos/árbol por sitio
Selva Alegre	2	69	14 659	87	18069,00
	3	106	21 479		
Uritusinga	3	73	11 807	90	11495
	5	107	11 183		
Zamora Huayco	13	73	8 287	64	5669
	14	55	3 052		
Promedio General		80,5	11744	80,3	11744

--	--	--	--

4.2.2 Producción de semillas de los árboles seleccionados en cada sitio

La producción de semillas se determinó para cada árbol seleccionado en los sitios de estudio. A continuación, se presentan los promedios de número de semillas por árbol.

4.2.2.1 Determinación de la producción de semillas para los árboles evaluados del sitio Selva Alegre

El árbol 2 (SA-A2) registró un total de 511 semillas en una muestra de 20 frutos, estimándose un promedio de 374 537 semillas por árbol, mientras que el árbol 3 (SA-A3) registró un total de 431 semillas en una muestra de 20 frutos, a partir de éste valor se estimó para éste individuo un promedio de 462 872 semillas (Figura 23).

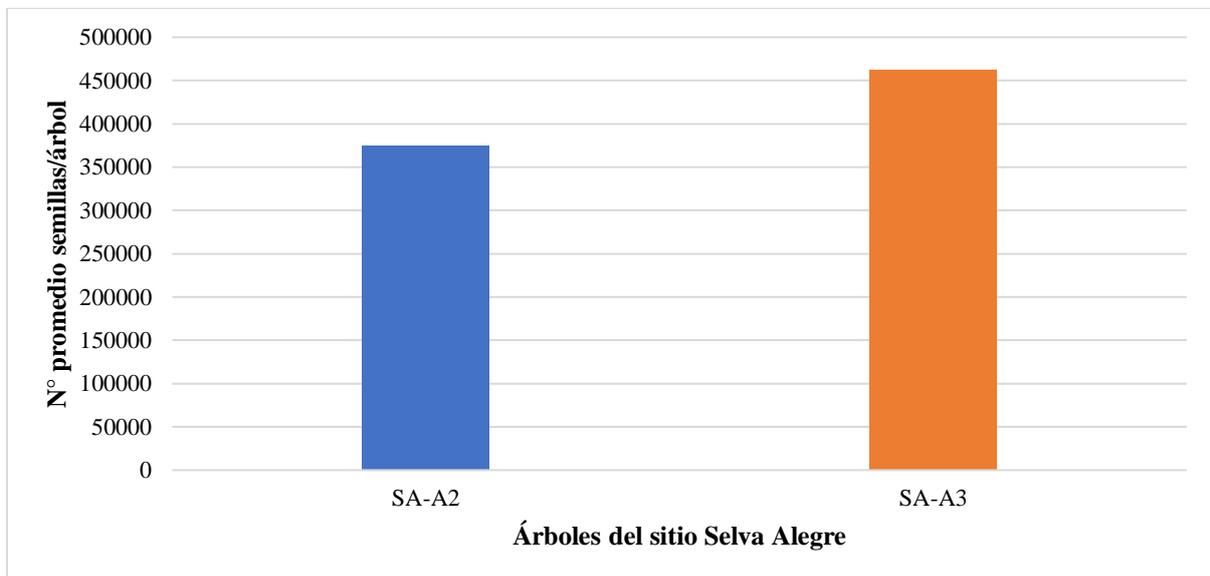


Figura 23. Número promedio de semillas por árbol para el árbol 2 y 3 del sitio Selva Alegre

4.2.2.2 Determinación de la producción de semillas para los árboles evaluados del sitio Uritusinga

El árbol 5 (Ur-A5) registró un total de 712 semillas en una muestra de 20 frutos, estimándose un promedio de 398 114 semillas. Mientras que el árbol 3 (Ur-A3) registró un total de 621 semillas en una muestra de 20 frutos, a partir de éste valor se estimó un promedio de 366 607 semillas (Figura 24).

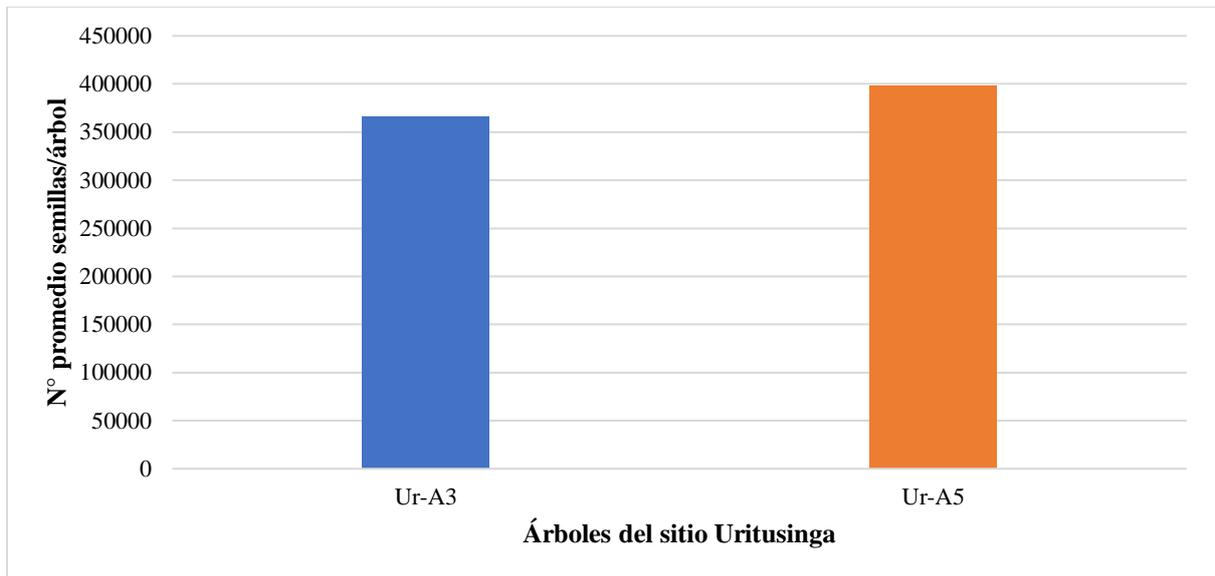


Figura 24. Número promedio de semillas por árbol para el árbol 3 y 5 del sitio Uritusinga

4.2.2.3 Determinación de la producción de semillas para los árboles evaluados del sitio Zamora Huayco

El árbol 14 (ZH-A14) registró un total de 957 semillas en una muestra de 20 frutos, estimándose una producción promedio de 146 038 semillas. Mientras que árbol 13 (ZH-A13) registró un total de 911 semillas en una muestra de 20 frutos, estimándose un promedio de 377 472 semillas producidas por el árbol, mientras que (Figura 25).

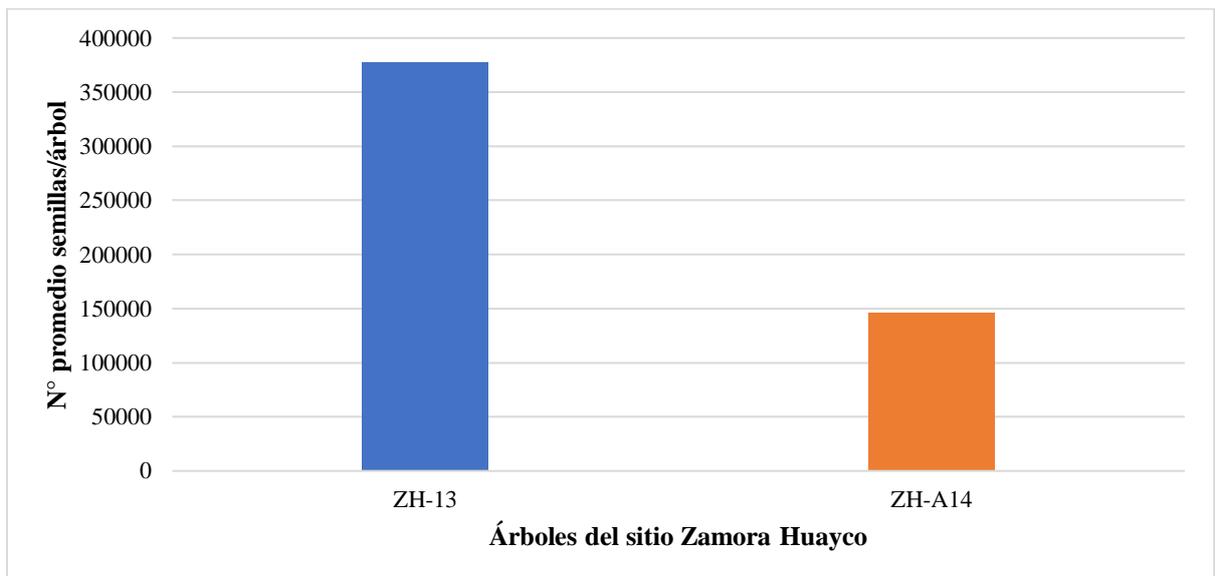


Figura 25. Número promedio de semillas por árbol para el árbol 13 y 14 del sitio Zamora Huayco

A continuación, se presenta un cuadro resumen de los resultados obtenidos en promedio de semillas por árbol de *Cinchona officinalis* L., en los tres sitios de estudio (Cuadro 7).

Cuadro 7. Promedio de producción de semillas de *Cinchona officinalis* L., por árbol de los tres sitios de estudio.

Sitios	N° Árbol	N° Promedio semillas/árbol	N° Promedio de semillas por sitio
Selva Alegre	SA-A2	374 537	418 704
	SA-A3	462 872	
Uritusinga	Ur-A3	366 607	382 360
	Ur-A5	398 114	
Zamora Huayco	ZH-A13	377 472	261 755
	ZH-A14	146 038	
Promedio General		354 273	354 273

5. DISCUSIÓN

5.1 Propagación sexual de *Cinchona officinalis* L., en el invernadero

5.1.1 Porcentaje de germinación

De acuerdo al análisis estadístico, **los porcentajes promedio de germinación de semillas de *Cinchona officinalis* L.**, de los tres sitios de estudio, fueron relativamente bajos con respecto a los resultados obtenidos por Conde (2016), así, el tratamiento que presentó los mejores porcentajes promedio de germinación fue el tratamiento (T2) (arena, tierra y turba), en una proporción 1:1:2 con un porcentaje del 30.74 %; cuyo proceso de germinación inicio a los 20 días y se estabilizó a los 45 días.

El factor preponderante para el éxito del tratamiento (T2) (arena, tierra y turba) en una proporción 1:1:2 en la germinación de semillas de *C. officinalis* L., fue la cantidad de turba utilizada y el equilibrio entre el sustrato arena y tierra con respecto a los demás tratamientos, de acuerdo a Clavijo (2008), este material por sus propiedades y composición permite que el sustrato tenga un buen nivel de retención de agua y aireación.

Las semillas que corresponden a los árboles seleccionados de los sitios Selva Alegre y Uritusinga fueron colectados en el mes de abril, periodo en que los individuos presentan el mayor porcentaje de fructificación durante todo el año. Mientras que las semillas de los árboles del sitio Zamora Huayco fueron colectadas en el mes de junio. Esto con el fin de coleccionar frutos fisiológicamente maduros y no tener alteración en los resultados de la germinación de semillas de *C. officinalis* L (Padilla, 2017).

Para la selección de semillas se consideró que este el embrión maduro, con el fin de desechar semillas vanas, Aponte y Sanmartín (2011), menciona que la capacidad germinativa presenta considerables variaciones que con frecuencia obedece a defectos en la semilla, falta de desarrollo del embrión, enfermedades, secado excesivo y edad. Todos estos inconvenientes pueden ser evitados, mediante el cuidado que se tengan en la recolección de los frutos y en la manipulación posterior de la semilla. Adicional a ello, Gonzaga y Moncayo (2012), manifiestan que para la recolección de semillas de *C. officinalis* L., es recomendable recolectar frutos cerrados y que presenten un color rojo – intenso.

Los resultados obtenidos en el presente estudio difieren a los obtenidos por Conde (2016), quién obtuvo un porcentaje más alto en el mismo periodo de tiempo, donde el tratamiento (T3) (arena, tierra y turba), en una proporción 1:1:2 alcanzó un porcentaje de germinación del 71.67 %; cuyo proceso de germinación inició a los 20 días y se estabilizó a los 50 días. Esto se atribuye a que el mencionado autor realizó los ensayos de germinación utilizando semillas procedentes de todos los individuos de cada sitio de estudio, tal como manifiesta Edwards (1980), que el alto porcentaje de germinación de semillas de una especie se debe al resultado de diferencias genéticas entre los individuos, estado de madurez de la semilla, manejo y almacenamiento de la semilla de los diferentes árboles, además de los efectos ambientales, como factores bióticos y abióticos, bajo los cuales, se produjeron las semillas (Pastorino y Gallo, 2000).

Así mismo Hoppe *et al.* (2004), menciona que es importante conocer el origen de las semillas, ya que se puede presentar variación entre y dentro de una misma población, familia o procedencia. Además, algunas características intrínsecas de las semillas, como sustancias hormonales y sustancias inhibitoras no hormonales, también pueden influir en su respuesta germinativa (Aguar *et al.* 1993; Venable y Pake, 1999).

El tamaño y peso de semillas, por lo general, está asociado con una mayor germinación y desempeño de las plántulas, en razón a que semillas grandes y pesadas contienen mayores cantidades de carbohidratos en el endospermo o cotiledones, que refleja la disponibilidad de una mayor fuente de energía, para estimular la germinación, emergencia, supervivencia y crecimiento de las plántulas (Khurana y Singh, 2001). Cabe anotar que las semillas de *Cinchona officinalis* L., pierden rápidamente su capacidad germinativa al quedar expuestas a condiciones de baja humedad, en razón de ser una semilla recalcitrante (Romero, 2017),

Sin embargo, los resultados obtenidos en el presente estudio difieren con los obtenidos por Apolo (2012), quién obtuvo un porcentaje de germinación más alto en menos tiempo, las semillas de *Cinchona pubescens* procedentes de Loja, alcanzaron un porcentaje del 95 %, mientras que las semillas procedentes de Galápagos alcanzaron un porcentaje del 87 % de germinación a los 50 días de la siembra. Jager (1999), afirma que, debido a las condiciones climáticas y ambientales de las Islas Galápagos, las semillas de *C. pubescens* tienen una mayor capacidad de reproducirse vegetativamente, y sus plántulas son tolerantes a la sombra.

Mientras que, los tratamientos T1 y T3 utilizados en el ensayo de germinación de *C. officinalis* L., alcanzaron un porcentaje promedio de germinación bajo. El T1 (testigo tierra) presentó un porcentaje de germinación del 22.59 %; mientras que el T3 (arena, tierra, turba) en una proporción 2:1:2 alcanzó un porcentaje del 22.96 %, iniciando su periodo de germinación a los 25 días y estabilizándose a los 45 días. Cuyos resultados son similares a los obtenidos por Conde (2016), quien en el T5 (testigo tierra) obtuvo un porcentaje de germinación del 20 % en el mismo período de tiempo, y difieren con T2 (arena, tierra, turba) en una proporción 2:1:2 donde presentó un porcentaje de germinación del 43.33 %.

Con respecto al número de semillas germinadas, se obtuvo un número relativamente bajo, teniendo como mejor tratamiento el T2 (arena, tierra y turba) en una proporción 1:1:2 con un valor promedio de 9.22 semillas de un lote de 30 semillas, cuyos valores son inferiores a los obtenidos por Conde (2016), quien obtuvo para el T3 (arena, tierra y turba) en una proporción 1:1:2 un valor promedio de 14.33 semillas germinadas de un lote de 30 semillas. Esto en razón que las semillas pierden rápidamente su viabilidad (Nair,1980). Según Moreno (1996), el porcentaje de germinación de las semillas de *Cinchona sp.* disminuye considerablemente según el tiempo de almacenamiento, luego de ocho meses empiezan a perder significativamente la viabilidad.

5.1.2 Porcentaje de mortalidad de plántulas de *Cinchona officinalis* L en el invernadero

Los porcentajes de mortalidad presentados fueron mínimos, el sitio que presentó el mayor porcentaje de mortalidad fue Selva Alegre, las plántulas de las semillas del árbol 2, en el tratamiento (T1) (testigo tierra) y tratamiento (T2) (arena, tierra y turba) en una proporción 1:1:2 alcanzó un porcentaje de mortalidad del 6.7 %, y el tratamiento (T3) (arena, tierra y turba) en una proporción 2:1:2 presentó un porcentaje de mortalidad del 3.3 %. De igual forma, el árbol 3, presentó mortalidad de plántulas únicamente en el tratamiento T1 (testigo tierra), alcanzando un porcentaje del 10 %.

Mientras que el sitio Uritusinga para las plántulas de las semillas del árbol 3, en el tratamiento (T3) (arena, tierra y turba) en una proporción 2:1:2 presentó un porcentaje de mortalidad del 6.7 %; en el tratamiento (T1) (testigo tierra) y tratamiento (T2) (arena, tierra y turba) en una proporción 1:1:2 se registró un porcentaje de mortalidad del 3.3 %. Las plántulas de las semillas del A5, presentó mortalidad únicamente en el tratamiento (T2) (arena, tierra y turba) en una

proporción 1:1:2 alcanzando un porcentaje de mortalidad del 3.3%. Mientras que el sitio Zamora Huayco no registró mortalidad de plántulas.

Esto se debe a la composición de cada uno de los sustratos utilizados, sus propiedades, que entre las más importantes están la capacidad de aireación, y la retención e infiltración del agua. Tal como menciona Richards *et al* (1964), un sustrato debe ser suficientemente firme para mantener a la semilla dentro del cono durante la germinación y enraizamiento. El volumen debe ser constante, tanto húmedo como seco. Debe tener suficiente retención de humedad para evitar riegos muy frecuentes, debe ser suficientemente poroso, para que el exceso de agua drene, permitiendo una adecuada aireación.

Así mismo, el riego suministro hídrico diario fue un factor determinante en la poca presencia de mortalidad de plántulas, Duryea y Lavender (1982), afirman que el riego frecuente durante el período activo de crecimiento aumenta la altura y peso seco de la planta. Los procesos fisiológicos de las plantas se encuentran directa o indirectamente afectados por el agua, por lo que la cantidad y, especialmente, la calidad de este elemento es muy importante en la operación del vivero (Duryea y Landis, 1984). Sin embargo, demasiada agua durante el verano, provoca un crecimiento continuo que expone a la planta a condiciones desfavorables en presencia de heladas. Así, los niveles severos de estrés hídrico producen plantas pequeñas con tallo corto y bajo peso seco de tallo y raíz con un reducido vigor y alta mortalidad (Morby, 1982).

5.2 Determinación del potencial productivo de los árboles seleccionados de *Cinchona officinalis* L. en los tres sitios de estudio en la provincia de Loja.

Los resultados del presente estudio superan a los obtenidos por Caraguay (2016), quién obtuvo para *C. officinalis* L., en el sitio Selva Alegre un promedio de $1\,054.36 \pm 315.65$ frutos por árbol; para el sitio Uritusinga obtuvo un promedio de 526.04 ± 72.81 frutos por árbol; y para el sitio Zamora Huayco un promedio de 318.92 ± 41.30 frutos por árbol. Así mismo, los resultados son superiores a los obtenidos por Aponte y Sanmartín (2011), quienes obtuvieron para *C. officinalis* L., en el Bosque Protector “El Bosque”, en la parroquia San Pedro de Vilcabamba, una producción de 786.71 ± 209.26 frutos por árbol.

Esto se atribuye a que la colecta de semillas de *C. officinalis* L., en los tres sitios de estudio se la realizó considerando el calendario fenológico de la especie. Esto se corrobora con el estudio realizado por Mantovani *et al* (2003), quien afirma que el conocimiento fenológico de las especies proporciona información sobre la disponibilidad de recursos a lo largo del año y

permite determinar las estrategias de colecta de frutos, lo cual favorece a la calidad y cantidad de semillas para la producción de nuevas plántulas.

Otro factor importante es la relación entre las características del suelo con el crecimiento en área basal, el sitio Selva Alegre tuvo mayor crecimiento en área basal, debido a que éste suelo presenta principalmente potasio en altas concentraciones (78.33 ppm) a diferencia de los demás sitios de estudio, además es rico en hierro y nitrógeno (Padilla, 2017). Adicional a ello, existe poca vegetación compitiendo en creciendo con ésta especie, al cambiar el uso de suelo (ganadería), esto ha creado claros de bosque, convirtiéndose en un hábitat propicio para el desarrollo y crecimiento de la especie (Yucta, 2016). Estos suelos presentan una clase textural de franco arcillo arenoso y son suelos muy ácidos (Padilla, 2017).

Mengel y Kirby (1987), manifiestan que el potasio (K) es un elemento nutritivo esencial para todos los organismos vivos. Los vegetales necesitan cantidades elevadas de este nutriente siendo semejante al requerimiento de nitrógeno. Se lo encuentra en todos sus órganos movilizándose fácilmente de una parte a otra de la planta. El K cumple un rol importante en la activación de un número de enzimas, que actúan en diversos procesos metabólicos tales como fotosíntesis, síntesis de proteínas y carbohidratos; también tiene incidencia en el balance de agua y en el crecimiento meristemático. Al participar de estos procesos metabólicos el K actúa favoreciendo el crecimiento vegetativo, la fructificación, la maduración y la calidad de los frutos (Conti, 2000).

En cuanto a la producción de semillas por árbol, el sitio Selva Alegre presentó el mayor número promedio de semillas por árbol de (418 704), el Árbol 2 (SA-A2) registró 374 537 semillas; y, el Árbol 3 presentó 462 872 semillas. Datos que superan a los obtenidos por Caraguay (2016), quién para el sitio Selva Alegre obtuvo $1795,57 \pm 850,28$ semillas por árbol. Esto se atribuye a que la colecta de frutos se efectuó cuando los individuos de *C. officinalis* L., de éste sitio se encontraban en su máxima intensidad de fructificación, de acuerdo a Padilla (2017) en el mes de abril los árboles presentan un porcentaje de fructificación del 24,88%, donde las precipitaciones para este sector fueron de 75,8 mm, es importante mencionar que la temperatura se mantiene en 15° C aproximadamente en todo el año.

Así mismo, el sector Selva Alegre tiene mayor incremento en área basal (0,00048 m²), por tal razón existe mayor densidad del rodal, debido a que la mayoría de los individuos se encuentran en una etapa adulta, de igual forma, el diámetro de los árboles seleccionados para éste sitio

fueron superiores con respecto a los demás sitios (Padilla, 2017). Es importante mencionar que el diámetro de copa de los árboles seleccionados fue mayor ($A_2=5.55$ m; $A_3=6.44$ m) con respecto a los demás sitios de estudio.

6. CONCLUSIONES

- Las semillas de *Cinchona officinalis* L., pierden rápidamente su viabilidad al ser expuestas a la luz, por lo que la siembra de las semillas se debe realizar de forma inmediata a la recolección, y almacenar en lugares con poca presencia de luz.
- *Cinchona officinalis* L., presenta un mínimo porcentaje de mortalidad de plántulas, debido a las características propias de la semilla, por la utilización de semillas seleccionadas con el embrión maduro, de igual forma por desarrollarse bajo condiciones controladas, recibiendo los requerimientos hídricos y cuidados culturales adecuados para su normal crecimiento.
- El sitio Selva Alegre alberga los mejores árboles de las tres áreas de estudio, debido a que sus individuos presentaron alturas, diámetro de copa y diámetro de fuste superiores a los demás árboles estudiados, según los registros fenológicos aplicados a la especie en estudio, el sitio Selva Alegre presentó el mayor número de frutos y semillas por árbol.

7. RECOMENDACIONES

- Por las características morfológicas de la semilla de *Cinchona officinalis* L., se recomienda coleccionar frutos fisiológicamente maduros que aún se encuentren en el árbol, esto para evitar que las semillas pierdan su capacidad germinativa.
- Probar otro tipo de sustrato para la germinación de semillas de *Cinchona officinalis* L., a nivel de invernadero, como el testigo turba (100 %), con el fin de elevar el porcentaje de germinación de la especie.
- Tomar en cuenta la fenología de *Cinchona officinalis* L., cuando se determina el potencial reproductivo de la especie, con el fin de contar con un porcentaje óptimo de fructificación que nos permita tener veracidad en los resultados.
- Realizar futuros ensayos de germinación de semillas de *Cinchona officinalis* L., aplicando tratamientos pregerminativos químicos, como la aplicación de ácido giberélico (AG3) y nitrato de potasio (KNO₃), de igual forma el método por flotación (inmersión en agua), con el objetivo de aumentar el porcentaje de germinación de la especie estudiada.
- En vista que *Cinchona officinalis* L., presenta fructificación durante todo el año, se recomienda realizar futuras investigaciones de propagación sexual en *Cinchona officinalis* L., tomando en cuenta un plan de colecta de semilla (colecta trimestral), con el objetivo de determinar a qué trimestre corresponden las semillas con el mayor porcentaje de germinación.

8. LITERATURA CITADA

- Acosta, M. (1989). La cinchona o quina plata nacional del Ecuador. Rev. Acad. Colomb. Cien. 17 (65): 306 – 311.
- Alba Landa, J., Márquez Ramírez, J., & Bárcenas Cortina, H. S. (2005). Potencial de producción de semillas de *Pinus greggi* engelm. en tres cosechas de una población ubicada en Carrizal Chico, Zacualpan Veracruz, México. Foresta Veracruzana, 7(2). Yanaranguita, La Esperanza, Honduras. 74 p.
- Alba Landa, J., Mendizábal Hernández, L. D. C., & Márquez Ramírez, J. (2001). Comparación del potencial de producción de semillas de *Pinus oaxacana* Mirov de dos cosechas en Los Molinos, Veracruz, México. Foresta Veracruzana, 3(1).
- Aguiar, I.; Piña-Rodrigues, F.; Figliolia, M. 1993. Sementes Florestais Tropicais. Abrates, Brasília, Distrito Federal. 350p.
- Aguirre, Z. A., Aguirre, N. A., & Ch, J. M. (2017). Biodiversidad de la provincia de Loja, Ecuador. ARNALDOA, 24(2), 523-542.
- Aguirre Z, Madsen JE, Cotton E, Balslev H. (eds.) 2002. Botánica Austroecuatorial: estudios sobre los recursos naturales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora-Chinchipec. Ediciones Abya-Yala, Quito.
- Aguirre, Z. y N. Maldonado. 2004. Ecosistemas, Biodiversidad, Etnias y Culturas de la región Amazónica ecuatoriana. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
- Albuja, L., Almendáriz, A., Barriga, R., Montalvo, D., Cáceres, F. y J. Román. 2012. Fauna de Vertebrados del Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.1-490.
- Apolo, M. (2012). Germinación en laboratorio e influencia de los hongos micorrízicos y la aplicación de nutrientes en el crecimiento de dos procedencias de *Cinchona pubescens*, a nivel de invernadero (Bachelor's thesis).

- Aponte, R. y Sanmartin, J. (2011). Fenología y ensayos de germinación de diez especies forestales nativas, con potencial productivo maderable y no maderable del bosque protector el bosque de la parroquia San Pedro de Vilcabamba, Loja (Bachelor's thesis).
- Bewley, J.D. y M. Black. (1994). Seeds: physiology of development and germination. Plenum Press, New York. 445 pp.
- Bidwell, R. (1990). Fisiología Vegetal. AGT Editor, S.A. México , D.F.
- Buddenhagen, C; Renteria, J; Gardener, M; Wilkinson, S; Soria, M; Yanez, P; Tye, A; Valle, R. 2004. Control of a highly invasive tree *Cinchona*, in Galápagos. Weedtechnonolgy 18: 1194-1202p.
- Buitron, X. (1999). Ecuador, Uso y Comercio de Plantas Medicinales. Cambridge. TRAFFIC International.
- Campos, M. (1922). Las quinas y su aclimatación en México conferencia leída en la Biblioteca de la Secretaría de Agricultura y Fomento el día 30 de junio de 1921. México. Secretaría de Agricultura y Fomento. Imprenta de la Dirección de Estudios Biológicos.
- Caraguay, K. (2016). Potencial reproductivo y análisis de calidad de semillas de *Cinchona officinalis* L., provenientes de relictos boscosos en la provincia de Loja. Tesis de grado previa a la obtención de título de ingeniero forestal. Loja. Ecuador. 90 p.
- Caranqui, J. (2018). Resultados del Herbario Politécnico (chep), 2017 Facultad de Recursos Naturales.
- Cerqueda, H. (2010). Propagación sexual y asexual de la pitahaya (*Hylocereus* spp). Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias. Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca- México.
- Conti, M. E. (2000). Dinámica de la liberación y fijación de potasio en el suelo. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. INPOFOS, (8), 25-37.
- Conde, M. (2016). Propagación *in vivo* de *Cinchona officinalis* L., a partir de material vegetal sexual y asexual, con fines de conservación de la especie. Universidad Nacional de Loja. Loja.
- Cuculiza, P. (1985). Propagación de Plantas. Lima, Perú. Talleres gráficos Villanueva. 280p.

- Chou, Y. L., & Armer, V. A. (1977). Análisis estadístico (No. 04; RMD, HA29 C4 1977.). Interamericana.
- Chamba, C. y Chimbo, C. (2002). 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 Pp. 113.
- Cuvi, N. (2009). Ciencia e imperialismo en América Latina: La Misión de Cinchona y las estaciones agrícolas cooperativas (1940-1945). Universidad Autónoma de Barcelona Departamento de Filosofía, Barcelona. 168p.
- Clavijo, J. (2008). Sustratos. Universidad de Almeria. Editorial servicio de publicaciones.
- Dalling, J. W. (2002). Ecología de semillas. Ecología y conservación de bosques neotropicales, 345-375.
- Donoso, C. (1993). Producción de semillas y hojarasca de las especies del tipo forestal alerce (*Fitzroya cupressoides*) de la Cordillera de la Costa de Valdivia, Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat*, 66, 53-64.
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*, 31(1), 00-00.
- Duellman, W. E. y E. R. Wild. (1993). Anuran Amphibian From the Cordillera Huancabmaba, Northern Peru: Sismatic, Ecology and Biogeography. *Occ. Pap. Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas* 57: 1-53.
- Duryea, M. L. and D. P. Lavender. (1982). Water relations, growth and survival of root wrenched Douglas-fir seedlings. *Can. J. For Res.* 12:545-555.
- Duryea, M. L. and T. D. Landis. (1984). Forest nursery manual. Production of Bareroot Seedlings. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis. Oregon USA. 385 p.
- Edwards, D. (1980). Maturity and quality of tree seeds - a state-of-the-art review. *Seed Sci. Techn.* 8:625-657.

- Epiquién Mirbel. (2009). Los últimos árboles de la quina. Biodiversity Perú
- Espinosa, C. I., & Ríos, G. (2017). Patrones de crecimiento de *Cinchona officinalis* *in vitro* y *ex vitro*; respuestas de plántulas micropropagadas y de semillas. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 35(1–2), 73–82.
- Estrella, J. (2005). Biodiversidad y recursos genéticos: una guía para su uso y acceso en el Ecuador. Editorial Abya Yala.
- Garmendia A. (2005). El Árbol de la quina (*Cinchona* spp), Distribución, caracterización de su hábitat y arquitectura, UTPL.
- Garmendia, A. (1999). El árbol de la quina (*Cinchona* spp.): Distribución, caracterización de su hábitat y arquitectura. Madrid. Universidad Complutense de Madrid.
- Gonzaga L. y Moncayo M. (2012). Fenología, producción de hojarasca y ensayos de germinación de las principales especies nativas del bosque protector “el bosque” parroquia San Pedro de Vilcabamba, Loja (Bachelor's thesis).
- Hartmann, H. y D. Kester. (1998). Propagación de plantas, principios y prácticas. Compañía Editorial Continental, México D.F.
- Hoppe, J.; Genro, C.; Vargas, C.; Floriano, E.; Reis, E.; Fortes, F.; Müller, I.; Farias, J.; Calegari, L.; Da Costa, L. (2004). Produção de sementes e mudas florestais, Caderno Didático nº 1, 2ª, UFSM-PPGEP, Santa Maria, 388p.
- INABIO. (2017). Agenda nacional de investigación sobre la biodiversidad. MAE, SENESCYT e INABIO. Quito. 20 pp.
- Jäger H. (1999). *Cinchona pubescens*. Enzyklopädie der Holzgewächse. Wiley VCH Verlag, Weinheim, Alemania (in press).
- Jørgensen, P. M.; León – Yáñez, S. (1999). Catalogue of the vascular plants of Ecuador. Missouri Botanical Garden Press. St. Louis. USA 900 p.
- Kermode, A.R. y W.E. Finch-Savage (2002). Desiccation sensitivity in orthodox and recalcitrant seeds in relation to development. In: Black, M. y H.W. Pritchard, editors. Desiccation and survival in plants. Drying without dying. CABI Publishing. pp. 149-184.

- Khurana, E.; Singh, J. (2001). Ecology of tree seed and seedlings: Implications for tropical forest conservation and restoration. *Current Sci.* 80(6):748-757.
- Laboratorio de Micropropagación Vegetal. (2016). Manual de Procedimientos del Laboratorio de Micropropagación Vegetal. UNL. Loja, Ecuador.
- Loaiza T. y Sánchez E. (2006). La corteza de Loja. *Revista Ecuador Terra Incógnita*. Quito - Ecuador.
- 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.
- Lopera, P., Gómez, I., Muñoz, L. & Ochoa, F. (2005). El Milagro de las Plantas: Aplicaciones medicinales y orofaríngeas. (M. Ramírez, Ed.) Colombia, 232.
- Madsen, J. (2002). Historia cultural de la cascarilla de Loja, pp. 385-399.
- Magnitskiy, S. y Plaza, G. 2007. Fisiología de semillas recalcitrantes de árboles tropicales. *Agronomía Colombiana* 25(1): 96-103.
- Mantovani, M., Ruschel, M., Sedrez dos Reis, A., Nodari, R. (2003). Fenología reproductiva de especies arbóreas en formaciones secundarias vegetales. *Árvore*.
- Márquez, R.J. y Alba-Landa, J. (2003). Importancia del análisis de conos en la actividad silvícola. *Memorias del 3er Simposio Internacional Sobre Recursos Naturales Bosque-Suelo Atmósfera*. Noviembre 17-19. Tlaxcala, Tlaxcala. 43 p.
- Márquez Ramírez, J., Alba-Landa, J., Mendizábal-Hernández, L. D. C., Ramírez-García, E. O., & Cruz-Jiménez, H. (2010). La fenología reproductiva y el manejo de los recursos forestales. *Foresta Veracruzana*, 12(2).
- Martin, W., y Gándara, A. (1945). Alkaloid Content of Ecuadoran and Other American Cinchona Barks. *Chicago Journal. Universidad de Chicago. Botanical Gazette*, Volumen. 107, No. 2. 184199pp.
- Mengel, K.; E.A. Kirkby. (1987). Potassium. In "Principles of Plant Nutrition". Chapter 10:427-453. I.P.I. Bern, Switzerland

- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). Quinto Informe Nacional para el Convenio sobre la Diversidad Biológica. Quito, Ecuador.
- Morby, F. E. 1982. Irrigation regimes in a bareroot-nursery. pp. 55-59. In: Proc. (1981) Intermountain Nurserymen's Assoc. Meeting. Edmonton, Canada. Inf. Rep. NOR-X-241. pp. 55-59.
- Moreno P. (1996). Vida y obra de granos y semillas. Recuperado de: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/146/htm/vidayob.htm>. (Consultado noviembre 18, 2018).
- Nair P. (1980). Agroforestry species. A crop sheet manual. ICRAF. Nairobi, Kenya, 336 p.
- Norma. (1983). Diccionario de Biología. Bogotá – Colombia. Pág 38 – 160.
- Ordóñez, L. (2001). Sitios de recolección de semillas forestales andinas del Ecuador. Editorial Abya Yala.
- Padilla, T. (2017). Estudio fenológico y análisis de las características del suelo donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L. en cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja (Bachelor's thesis, Loja).
- Palacios J. 1993. Efecto de *Cinchona succirubra* KLOTZSCH sobre la comunidad de *Miconia robinsoniana* COGN. en la Isla Santa Cruz, Galápagos. Tesis de Licenciatura, Universidad Central del Ecuador, Quito, 181 p.
- Pastorino, M.; Gallo, L. (2000). Variación geográfica en peso de semilla en poblaciones naturales argentinas de “Ciprés de la Cordillera”. *Bosque* 21(2):95-109
- Pérez, F. y Martínez- Laborde, J. (1994). Introducción a la Fisiología Vegetal. Editorial Mundi – Prensa. Madrid, España.
- Pollito, P. A. Z. (1989). Taxonomía, distribución geográfica y status del género *Cinchona* en el Perú.
- Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Municipalidad de Loja, Naturaleza y Cultura Internacional. (2007). Perspectivas del medio ambiente urbano: GEO Loja. Loja, Ecuador.

- Richards, S. J.; J. E. Warnke and F. K. Aijibury. (1964). Physical properties of soil mixes used by nurseries. *Calif. Agric.* 18(5):12-13.
- Romero, S. M. (2017). Rasgos morfológicos de frutos, semillas y embriones de *Cinchona officinalis* L.(RUBIACEAE) en el sur del Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 36(1-2), 27-35.
- Ron, S., Guayasamín J. M. y P. Menéndez-Guerrero. (2011). Biodiversity and Conservation Status of Ecuadorian Amphibians. En: Heatwole, H., Barrio-Amoros, C., Wilkinson H. W., Surrey Beatty & Sons Amphibian Biology.
- Ruedas, M., Valverde, T., y Argüero, S. C. (2000). Respuesta germinativa y crecimiento de plántulas de *Mammillaria magnimamma* (Cactaceae) bajo diferentes condiciones ambientales. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (66), 25-35.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2014). *Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica 4-Resumen y Conclusiones*. Montreal. 20 pp.
- Suárez L. (2014). ¿Cómo se explica tanta biodiversidad en el Ecuador? pp. 50-51 en: García, M., D. Parra P. y P. Mena V. 2013. *El País de la Biodiversidad: Ecuador*. Fundación Botánica de los Andes, Ministerio del Ambiente y Fundación EcoFondo. Quito.
- Smith, R. y Smith, T. (2001). *Ecología*. Cuarta edición. Pearson Educación, S.A. Madrid.
- Trippel EA. (1999). Estimation of stock reproductive potential: History and challenges for Canadian Atlantic gadoid stock assessments. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* 25: 61–81.
- Ulloa, C. (2006). Aromas y sabores andinos. En: M. Moraes R., B. Øllgaard, L.P. Kvist, F. Borchsenius y H. Balslev (Eds.), *Botánica económica de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 319.
- Valencia, R.; Pitman, N.; León – Yanez, S & Jørgensen, P. M. (2000). *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador 2000*. Quito, Ec. Editorial Hojas y Signos, 489 p.
- Venable, D.; Pake, C. (1999). Population ecology of desert plants. In: *Ecology of Desert Plants*. Robichaux R.H. (ed). The University of Arizona Press. p.115- 142.

Willan R., L. (1991). Guía para la manipulación de semillas forestales con especial referencia a los trópicos. Roma- Italia.

Yucta, M. (2016). Estructura y composición florística asociada al hábitat de crecimiento de *Cinchona officinalis* L. en la provincia de Loja (Bachelor's thesis, Loja: Universidad Nacional de Loja).

9. ANEXOS

Anexo 1. Cuadro resumen de los resultados de la germinación de semillas de *Cinchona officinalis* L

Sitio	Árbol	Tratamiento	# Semillas sembradas	% Germinación	% Mortalidad
Ur	3	1	30	26,7	3,3
Ur	3	2	30	33,3	3,3
Ur	3	3	30	53,3	6,6
Ur	5	1	30	56,7	0
Ur	5	2	30	93,3	3,3
Ur	5	3	30	43,3	0
SA	2	1	30	30	6,6
SA	2	2	30	36,7	6,6
SA	2	3	30	30	3,3
SA	3	1	30	30	10
SA	3	2	30	43,3	0
SA	3	3	30	40	0
ZH	13	1	30	20	0
ZH	13	2	30	43,3	0
ZH	13	3	30	16,7	0
ZH	14	1	30	40	0
ZH	14	2	30	26,7	0
ZH	14	3	30	23,3	0

Anexo 2. Resultado del potencial reproductivo de *Cinchona officinalis* L.

Sitio	N° Árbol	Frutos/Rama						N° promedio de frutos/ rama	N° Ramas con fruto	N° estimado de frutos/ árbol (NFT)	N° Frutos evaluados	N° semillas de la muestra	N° de semillas/árbol
		1	2	3	4	5	6						
Selva Alegre	2	58	34	63	43	114	99	69	214	14659	20	511	374537,45
Selva Alegre	3	82	85	125	58	148	140	106	202	21479	20	431	462879,63
Uritusinga	3	88	81	71	59	77	64	73	161	11807	20	621	366597,00
Uritusinga	5	145	139	112	50	104	89	107	105	11183	20	712	398097,00
Zamora Huayco	13	122	72	45	89	63	49	73	113	8287	20	911	377457,67
Zamora Huayco	14	70	36	24	62	39	96	55	56	3052	20	957	146038,20

Anexo 3. Árboles de *Cinchona officinalis* L., seleccionados del sitio Selva Alegre



Figura 26. Árbol 2 (SA-A2)



Figura 27. Árbol 3 (SA-A3)

Anexo 4. Árboles de *Cinchona officinalis* L., seleccionados del sitio Uritusinga



Figura 28. Árbol 3 (Ur-A3)

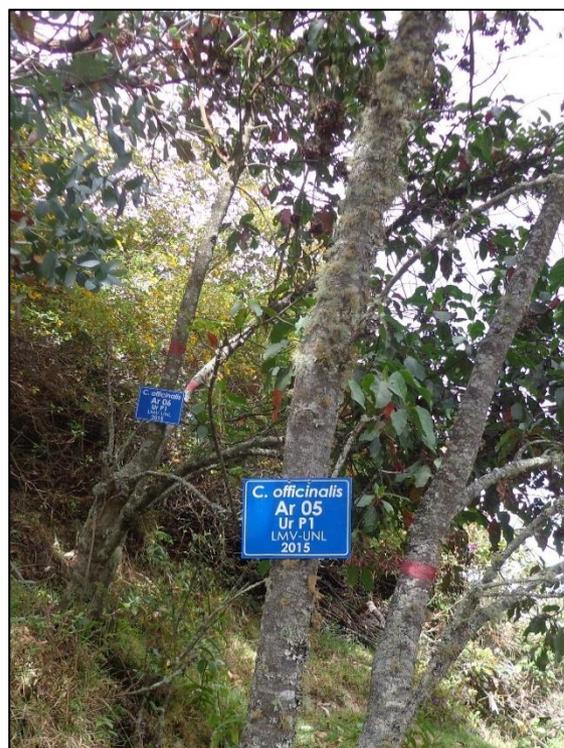


Figura 29. Árbol 5 (Ur-A5)

Anexo 3. Fase de campo

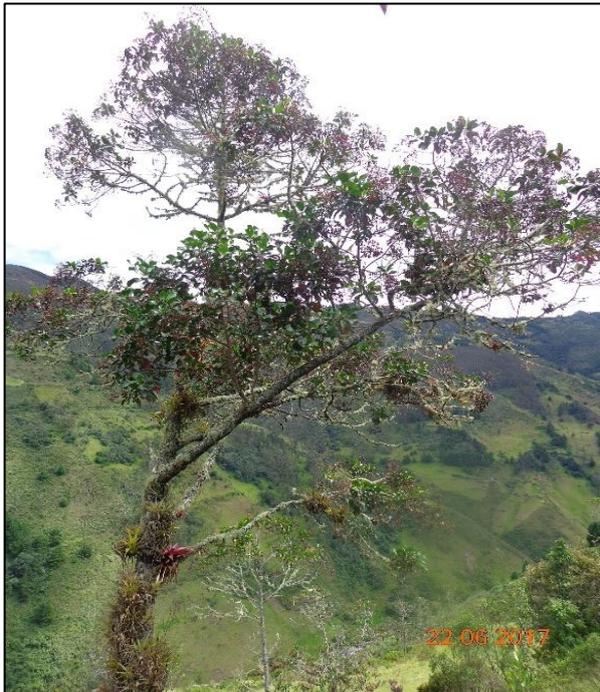


Figura 30. Árbol de *Cinchona officinalis* L



Figura 31. Recolección de frutos



Figura 32. Determinación del potencial reproductivo de *Cinchona officinalis* L.

Anexo 6 4. Germinación de semillas de *Cinchona officinalis* L.



Figura 33. Siembra de semillas de *Cinchona officinalis* L



Figura 34. Ensayo de germinación establecido



Figura 35. Riego de plántulas



Figura 36. Plántulas de *Cinchona officinalis* L.

Anexo 7. Socialización de la tesis al equipo técnico del Laboratorio de Micropropagación Vegetal



Anexo 8. Tríptico divulgativo de la tesis realizada

2. Determinación de la fisiología reproductiva de los árboles de *Cinchona officinalis* L., seleccionados de los tres sitios de estudio en la provincia de Loja

Número de frutos promedio por rama y por árbol

Los árboles seleccionados del sitio Selva Alegre fueron los que presentaron el mayor número promedio de frutos por rama y por árbol, así el SA-A2 obtuvo 69 frutos por rama y 14 659 frutos por árbol, mientras que el SA-A3 obtuvo 106 frutos por rama y 21 479 frutos por árbol (Figura 1). Para el sitio Uritusinga, el Ur-A3 registró promedio de 73 frutos por rama y 11 807 frutos por árbol, mientras que el Ur-A5 registró 107 frutos por rama y 11 183 frutos por árbol. Mientras que para el sitio Zamora Huayco el ZH-A13 registró 73 frutos por rama y 8 287 frutos por árbol, y el ZH-A14 presentó 55 frutos por rama y 3 052 frutos por árbol.

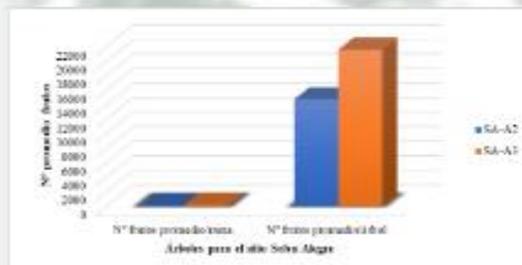


Figura 2. Número de frutos promedio por rama y por árbol para el sitio Selva Alegre.

Producción de semillas de los árboles seleccionados en cada sitio

Los árboles del sitio Selva Alegre presentaron el mayor número de semillas por árbol, el SA-A2 presentó un promedio de 374 537 semillas, mientras que el SA-A3 registró un promedio de 462 872 semillas (Figura 3). Para el sitio Uritusinga, el Ur-A3 registró un promedio de 366 607 semillas, mientras que el Ur-A5 presentó un promedio de 398 114 semillas. Mientras que para el sitio Zamora Huayco el ZH-A13 registró un promedio de 377 472 semillas, mientras que el ZH-A14 presentó un promedio de 146 038 semillas.

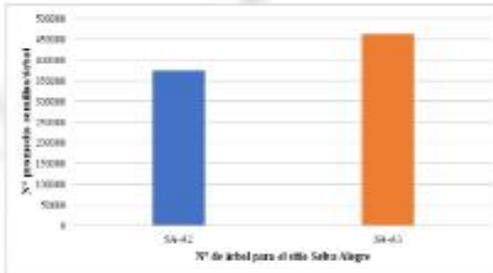


Figura 3. Número promedio de semillas por árbol para el árbol 2 y 3 del sitio Selva Alegre.

CONCLUSIONES

- El mejor tratamiento para la germinación semillas de *Cinchona officinalis* L., a nivel de invernadero fue el T2 compuesto por arena, tierra y turba en una proporción 1:1:2, alcanzando un porcentaje de germinación del 30,74 %, iniciando su germinación a los 20 días y estabilizándose a los 45 días.
- A nivel de invernadero se demostró que la especie *Cinchona officinalis* L., presenta un mínimo porcentaje de mortalidad de plántulas, teniendo como máximo un 10 % de porcentaje de mortalidad en el periodo de evaluación de 60 días.
- El potencial productivo de la especie *Cinchona officinalis* L., determinó que los árboles del sitio Selva Alegre presentaron el mayor número de frutos y semillas por árbol, el A2 (SA-A2) registro 14 659 frutos y 374 537 semillas; mientras que el A3 (SA-A3) presentó 21 479 frutos y 462 872 semillas. En tanto que el menor número de frutos y semillas por árbol presentaron los árboles del sitio Zamora Huayco, así el A13 (ZH-A13) presentó 8 287 frutos y 377 472 semillas; mientras que el A14 (ZH-A14) registró 3 052 frutos y 146 038 semillas, por tal



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE
RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

LABORATORIO DE MICROPROPAGACIÓN
VEGETAL

“EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE
SEMILLAS Y POTENCIAL REPRODUCTIVO DE
Cinchona officinalis L., PROVENIENTES DE
RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE
LOJA”.



RESPONSABLE: Jimmy Javier Zari Arevalo

DIRECTOR: Ing. Víctor Hugo Eras Guamán Mg.Sc.

Loja - Ecuador

2018

INTRODUCCIÓN

Cinchona officinalis L., es una especie endémica del Valle de Loja (Anderson y Taylor, 1994; Garmendia, 2005), históricamente considerada como la especie emblemática de esta provincia, debido a los múltiples usos que se puede dar a la especie, es una especie de importancia ecológica, cultural y sobre todo medicinal. Sin embargo, la especie ha sido explotada sin previsiones para el futuro, en sus inicios principalmente para la extracción de su corteza, para a partir de ella poder extraer los alcaloides que posee la especie. Se exploró *Cinchona officinalis* L., hasta el siglo XVII (Nieto, 2000), la misma que estuvo directamente relacionada con las actividades antrópicas como la deforestación, agricultura y ganadería. Esto ha ocasionado que la especie se encuentre en un estado crítico de conservación, por lo que es necesario probar nuevas técnicas de propagación sexual que permitan la conservación de la especie.

Bajo este contexto, la presente investigación contribuirá a generar información relevante sobre la propagación sexual y el potencial reproductivo de *Cinchona officinalis* L., y así aportar al manejo sustentable y conservación de la especie.

OBJETIVOS

General

Contribuir a la generación de información sobre la propagación sexual y potencial reproductivo de *Cinchona officinalis* L., en relictos boscosos de la provincia de Loja, con el fin de fortalecer las bases científicas para su conservación.

Específicos

- Evaluar la germinación de semillas a nivel de invernadero de *Cinchona officinalis* L., provenientes de diferentes relictos boscosos de la provincia de Loja.
- Determinar el potencial reproductivo de *Cinchona officinalis* L., en relictos boscosos de la provincia de Loja.
- Difundir y publicar los resultados sobre la evaluación de la germinación de semillas y el potencial reproductivo de *Cinchona officinalis* L., a los actores interesados.

METODOLOGÍA

1. Ubicación del área de estudio.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en tres sitios: Selva Alegre (Saraguro), Uritusinga (Catamayo) y Zamora Huayco (Loja). Se utilizó las instalaciones del Invernadero nexa al Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja -UNL.

2. Metodología para evaluar la propagación sexual de *Cinchona officinalis* L., provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja

Se seleccionaron los dos mejores árboles por sitio en base al estudio realizado por Caraguay (2016) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Árboles de *Cinchona officinalis* L. seleccionados de los tres sitios de estudio

Sitio	N° Árbol	Código
Selva Alegre	2	SA-A2
Selva Alegre	3	SA-A3
Uritusinga	3	Ur-A3
Uritusinga	5	Ur-A5
Zamora Huayco	13	ZH-A13
Zamora Huayco	14	ZH-A14

Se probaron dos tratamientos más un testigo (Cuadro 2). Se evaluó cada cinco días, a partir del quinto día de siembra y por el período de 60 días, las variables evaluadas fueron: % de germinación y % de mortalidad.

Cuadro 2. Tratamientos para evaluar la germinación de semillas de *Cinchona officinalis* L.

Tratamiento (T)	Descripción
T1	Tierra negra (100%)
T2	Arena, tierra y turba (1:1:2)
T3	Arena, tierra y turba (2:1:2)

3. Metodología para determinar el potencial reproductivo de *Cinchona officinalis* L., provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja

Número de frutos promedio por rama y por árbol

Se escogió al azar un total de seis ramas con frutos, y se

contó el número de frutos en cada una de ellas, luego el promedio para las seis ramas evaluadas, el promedio de frutos encontrados por rama se multiplicó por el total de ramas con frutos del árbol. Se aplicó la siguiente fórmula.

$Pp = Prf \times Trf$ Dónde: Pp= Potencial productivo del árbol

Prf: Promedio de seis ramas con frutos

Trf= Total de ramas con frutos

Producción de semillas del árbol

Se colectó y contabilizó la semilla de 20 frutos, luego se calculó el número de semillas por árbol de cada sitio de estudio aplicando la fórmula utilizada por Ordoñez (2001).

$P_s = \frac{Pp \times Nsm}{Nfm}$ Pp= Potencial productivo del árbol

Nsm= Número semilla muestra

Nfm= Número de frutos de la muestra

RESULTADOS

1. Propagación sexual de la especie *Cinchona officinalis* L.

En este ensayo a los 60 días de evaluación el T2 obtuvo el mayor porcentaje de germinación con el 30.74 %. Según el análisis de varianza y la prueba de significación de LSD Fisher al 5 % si existe alguna diferencia significativa entre tratamientos con un p-valor de 0,0350 (Figura 1).

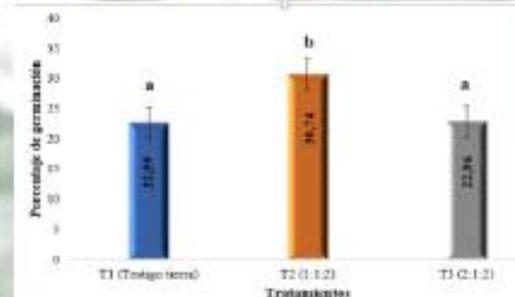


Figura 1. Porcentaje promedio de germinación de semillas de *Cinchona officinalis* L. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$).