

**Universidad Andina Simón Bolívar**

**Sede Ecuador**

**Área de Gestión**

Maestría de Investigación en Cambio Climático, Sustentabilidad y Desarrollo

**Evaluación de las tasas de germinación y supervivencia de cinco especies vegetales en vivero y en áreas degradadas en los bosques montanos del noroccidente de Pichincha**

María Gabriela Aguiar Zabala

Tutor: Xavier Viteri

Quito, 2020

Trabajo almacenado en el Repositorio Institucional UASB-DIGITAL con licencia Creative Commons 4.0 Internacional

	<b>Reconocimiento de créditos de la obra</b> No comercial Sin obras derivadas	
-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------

Para usar esta obra, deben respetarse los términos de esta licencia



## Cláusula de cesión de derecho de publicación

Yo, María Gabriela Aguiar Zabala, autora de la tesis intitulada “Evaluación de las tasas de germinación y supervivencia de cinco especies vegetales en vivero y en áreas degradadas en los bosques montanos del Noroccidente de Pichincha”, mediante el presente documento de constancia de que la obra es de mi exclusiva autoría y producción, que la he elaborado para cumplir con uno de los requisitos previos para la obtención del título de Magíster en Cambio Climático, Sustentabilidad y Desarrollo en la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.

1. Cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, durante 36 meses a partir de mi graduación, pudiendo por lo tanto la Universidad, utilizar y usar esta obra por cualquier medio conocido o por conocer, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico. Esta autorización incluye la reproducción total o parcial en los formatos virtual, electrónico, digital, óptico, como usos en red local y en internet.
2. Declaro que en caso de presentarse cualquier reclamación de parte de terceros respecto de los derechos de autora de la obra antes referida, yo asumiré toda responsabilidad frente a terceros y a la Universidad.
3. En esta fecha entrego a la Secretaría General, el ejemplar respectivo y sus anexos en formato impreso y digital o electrónico.

10 de julio de 2020

Firma: \_\_\_\_\_



## Resumen

Los bosques montanos son poseedores de una gran diversidad biológica, única por su endemismo y recambio de especies a lo largo de los gradientes ambientales, además son generadores de servicios ecosistémicos e importantes sumideros de carbono. Sin embargo, los bosques montanos son ecosistemas frágiles, pues tienen un elevado grado de vulnerabilidad a los cambios globales. Frente a esto, es importante promover la conservación de estos bosques, a través de investigaciones que tengan como eje principal la conservación y restauración de las áreas degradadas en ecosistemas sensibles. Para ello, es necesario entender de qué manera funciona la biología reproductiva de las plantas con el afán de contribuir, desde lo local, a generar planes de restauración de ecosistemas degradados y a mitigar los efectos del cambio climático. Es así que, en este trabajo se estudió la tasa de germinación y supervivencia de cinco especies de plantas potenciales para restauración en vivero y en áreas degradadas de los bosques montanos del noroccidente de Pichincha, dentro de la reserva privada IntiLlacta en Nanegalito del cantón Quito. Se analizó la influencia que tienen las características ecológicas y condiciones ambientales (luz y agua) sobre la germinación y supervivencia de las semillas. Por otro lado, se realizó un análisis acerca del empleo o no de tratamientos pregerminativos. Los resultados sugieren que en algunas especies ciertas características ecológicas, como el grupo sucesional, no influyen de manera directa sobre la germinación. En el caso de *Erythrina edulis* fue la especie que mejor comportamiento tuvo ya sea en germinación como en supervivencia, en un ambiente expuesto a la luz solar pero en un sustrato abonado, en cuanto a *Bocconia integrifolia* se observó mayor germinación en el experimento sin luz y suelo abonado, de igual manera mostró un porcentaje de supervivencia bastante alto, finalmente *Solanum ovalifolium* es la especie que menor porcentaje tuvo, tanto en germinación como en supervivencia. En cuanto a la evaluación de los tratamientos pregerminativos se considera que para ciertas especies de plantas no se requiere de su uso, pues las semillas contienen adaptaciones que garantizan la sobrevivencia de la misma.

Palabras clave: tasas de germinación y supervivencia, bosques montanos del noroccidente, deforestación, restauración, servicios ecosistémicos, ANOVA, Reserva IntiLlacta



A mis amados padres Rugero Aguiar y Trinidad Zabala quienes con su esfuerzo amor y dedicación me han sabido brindar su apoyo constante en el largo proceso de mi formación profesional y personal.

A Valentina, mi angelito quien es fuente de mi inspiración y desde el cielo me bendice

A Héctor mi amado esposo, por su paciencia, amor y apoyo incondicional para la culminación de esta investigación.

A mis hermanas Rosy, Paola y Marcela y a toda mi familia por toda su motivación.





## **Agradecimientos**

Mi gratitud a la Universidad Andina Simón Bolívar, Área de Gestión, a esa noble pléyade de maestros y maestras que durante mis estudios, me supieron brindar sus valiosas enseñanzas y sabias orientaciones.

A Xavier Viteri quien con su elevado criterio científico supo orientar de la mejor manera el presente trabajo investigativo.

Expreso mi imperecedero agradecimiento a la Reserva IntiLlacta en la persona de Nina Duarte investigadora y dueña de la reserva por haberme facilitado la orientación, el espacio físico y los implementos para haber llegado a la ejecución de mi investigación, y por la oportunidad de fortalecer mis conocimientos.

A Margarita Caiminagua por la colaboración y la facilitación de implementos durante la colecta de semillas.

Gracias a mi esposo Héctor Mosquera por la colaboración y esfuerzo durante la fase de campo y por sus observaciones y recomendaciones durante la fase de redacción.

Mi agradecimiento eterno a mis amados padres Rugero Aguiar y Trinidad Zabala por el apoyo constante, y por la guía que me han sabido brindar en todo momento.



## Tabla de contenidos

Tablas y Figuras .....	13
Glosario .....	15
Introducción.....	17
Capítulo primero Planteamiento del problema.....	21
1. Objetivos.....	22
1.1 Objetivo general .....	22
1.2 Objetivos específicos .....	22
2. Enfoque y marco conceptual .....	23
2.1 Los bosques húmedos de los Andes Tropicales .....	23
2.2 Los bosques tropicales y el cambio climático .....	24
2.3 Deforestación.....	24
2.4 Restauración .....	25
2.5 Sucesión ecológica del bosque .....	27
2.6 Mitigación / Adaptación .....	28
2.7 Germinación de semillas .....	29
Capítulo segundo Materiales y métodos.....	31
1. Área de estudio .....	31
2. Metodología.....	33
2.1 Etapa experimental .....	33
2.2 Diseño experimental.....	36
3. Metadatos de las especies de estudio.....	37
4. Descripción de las especies vegetales .....	38
Capítulo tercero Resultados y Discusión.....	45
5. Germinación relativa .....	45
6. Supervivencia .....	47
7. Tiempo promedio de germinación (días).....	49
8. Velocidad de germinación (semillas germinadas/días) .....	51
9. Análisis de varianza multifactor para Germinación Relativa y Supervivencia. ....	54
10. Análisis del desarrollo de las semillas germinadas mediante el volumen.....	58
Discusión .....	61
Conclusiones.....	63
Obras citadas.....	65

Anexos.....	75
Anexo 1: Características ecológicas de las especies estudiadas.....	75
Anexo 2: Variables calculadas de las especies germinadas .....	76
Anexo 3: Volumen de las especies germinadas.....	76
Anexo 4: Marcado de árboles parentales para identificación.....	81
Anexo 5: Frutos y semillas de las cinco especies a estudiar .....	82
Anexo 6: Vivero y área abierta con fundas sembradas, bajo los tratamientos T1 (con luz/sin abono), T2 (con luz/con abono), T3 (sin luz/sin abono) y T4 (sin luz/con abono) .....	84
Anexo 7: Control y limpieza de la maleza .....	85
Anexo 8: Etapas de desarrollo de una de las semillas estudiadas ( <i>Bocconia integrifolia</i> ) .....	87
Anexo 9: Desarrollo y registro de datos de la plántula de <i>Erythrina edulis</i> .....	88
Anexo 10: Desarrollo y registro de datos de la plántula de <i>Bocconia integrifolia</i> .....	89
Anexo 11: Desarrollo y registro de datos de la plántula de <i>Solanum ovalifolium</i> .....	90

## Tablas y Figuras

Tabla 1. Tiempo óptimo y máximo de germinación.....	35
Tabla 2. Tratamientos y número de semillas por especie y experimento.....	37
Tabla 3. Datos de colecta de las semillas.....	37
Tabla 4. Germinación relativa de <i>Bocconia integrifolia</i> .....	46
Tabla 5. Germinación relativa de <i>Erythrina edulis</i> .....	46
Tabla 6. Germinación relativa <i>Solanum ovalifolium</i> .....	47
Tabla 7. Supervivencia de <i>Bocconia integrifolia</i> .....	48
Tabla 8. Supervivencia de <i>Erythrina edulis</i> .....	48
Tabla 9. Supervivencia de <i>Solanum ovalifolium</i> .....	49
Tabla 10. Tiempo promedio de germinación de <i>Bocconia integrifolia</i> .....	50
Tabla 11. Tiempo promedio de germinación de <i>Erythrina edulis</i> .....	51
Tabla 12. Tiempo de germinación de <i>Solanum ovalifolium</i> .....	51
Tabla 13. Velocidad de germinación de <i>Bocconia integrifolia</i> .....	53
Tabla 14. Velocidad de germinación de <i>Erythrina edulis</i> .....	53
Tabla 15. Velocidad de germinación de <i>Solanum ovalifolium</i> .....	53
Figura 1. Medias marginales estimadas de la media de germinación relativa para cada especie bajo los cuatro tratamientos.....	46
Figura 2. Medias marginales estimadas de la supervivencia... para cada especie bajo los cuatro tratamientos.....	48
Figura 3. Medias marginales estimadas del tiempo de germinación para cada especie bajo los cuatro tratamientos.....	50
Figura 4. Medias marginales estimadas de la velocidad de germinación para cada especie bajo los cuatro tratamientos.....	52
Figura 5. Comparaciones múltiples de las interacciones entre especies para germinación relativa y supervivencia con sus respectivas significancias.....	55
Figura 6. Pruebas de subconjuntos homogéneos para especie (Germinación relativa y Supervivencia).....	56
Figura 7. Comparaciones múltiples de las interacciones entre tratamientos para germinación relativa y supervivencia con sus respectivas significancias.....	57
Figura 8. Prueba de subconjuntos homogéneos para tratamiento (germinación relativa y supervivencia).....	58
Figura 9. Medias marginales estimadas para volumen, desarrollo de especies.....	59



## Glosario

**Abiótico:** se refiere a aquellos factores carentes de vida, pero que componen parte de un determinado ecosistema, entre estos factores tenemos: agua, temperatura, luz, suelo, entre otros.

**Aquenio:** tipo de fruto seco e indehiscente

**Bioma:** se refiere a una parte o área del planeta que comparte características de clima, flora y fauna.

**Biomasa:** unidad de materia acumulada en un individuo, un nivel trófico, una población o un ecosistema.

**Biótico:** se refiere a los organismos vivos que influyen en la composición de un ecosistema.

**Dehiscente:** se aplica al fruto que se abre cuando está maduro para liberar su contenido.

**Ecotono:** zona de transición entre dos o más comunidades ecológicas distintas.

**Emergencia:** se aplica a la salida de la plántula de la semilla como producto de la germinación.

**Endémico:** término que indica que la distribución de un taxón está limitada a un espacio geográfico reducido y que no se encuentra de forma natural en ninguna otra parte del mundo.

**Facilitador:** se aplica a una especie de rápido crecimiento para resaltar sus características que intervienen regeneración o resiliencia de los bosques, para crear un ambiente propicio para el desarrollo de otras especies.

**Hotspot:** consiste en un área en donde hay una especial concentración de biodiversidad y que se encuentra amenazada

**Imbibición:** se refiere a la entrada del agua en la semilla como parte del proceso de la germinación.

**Macrorelieve:** es la categoría intermedia de unidades geomorfológicas a escala de paisaje (10-200 km).

**Mesorelieve:** unidades geomorfológicas menores, de escala local (1-10 km), que representan a un paisaje tridimensional.

**Microclima:** consiste en un conjunto de patrones y procesos atmosféricos que caracterizan a un entorno reducido.

**Monoico:** se aplica a plantas con flores masculinas y femeninas dispuestas en el mismo individuo.

**Oblongos:** se aplica a la hoja en donde la lámina es más larga que ancha.

**Panícula:** tipo de inflorescencia de aspecto piramidal.

**Perennifolio:** se refiere a un tipo de hoja duradera o perenne.

**Pinatilobuladas:** se refiere a tipos de hojas compuestas con numerosos folios a lo largo del raquis de la hoja.

**Punas:** región altiplánica, o meseta de alta montaña, presente en la cordillera de los Andes.

**Resiliencia:** es la capacidad que tienen los seres vivos o un ecosistema para adaptarse de la mejor manera a situaciones desfavorables generadas por determinados disturbios.

**Restauración:** consiste en la recuperación biótica y abiótica de los sistemas naturales para reestablecer su estructura, dinámica y procesos funcionales.

**Servicios ecosistémicos:** es la práctica de integración de pastoreo de animales domésticos, forraje y árboles en un sistema mutuamente beneficioso.

**Sotobosque:** Estrato inferior del bosque donde las especies alcanzan los 12 m de altura, además, con gran presencia de individuos juveniles de especies que en edad adulta llegará al dosel.

**Suberoso:** consiste en un tejido muerto que tiene como función proteger a los tejidos internos de daños externos de una planta.

**Tratamiento pregerminativo:** se aplica a tratamientos previos a la germinación con el propósito de facilitar dicho proceso.

**Vilano:** Pelo accesorio de un fruto que le sirve para dispersión por viento.



## Introducción

Ecuador a pesar de ser un país de apenas 283.560 km<sup>2</sup> de extensión, es poseedor de una rica diversidad biológica, ecosistémica y climática. Situación que se debe a una combinación de factores, geológicos, biogeográficos, ecológicos y evolutivos (Tirira 2007, 21; Burneo 2009, 6). Dichos factores han sido determinantes también a la hora de considerar al territorio ecuatoriano como uno de los países más mega diversos del mundo (Mittermeier et al. 1997).

Los Andes tropicales contienen la superficie más extensa de ecosistemas tropicales de montaña del mundo (Young et al. 2002). Su diversidad ecosistémica está compuesta por seis biomas; páramos, punas, bosques montanos, valles secos interandinos y los desiertos de altura (Cuesta, Peralvo y Valarezo 2009, 12). De estos ecosistemas los bosques montanos son considerados el bioma predominante, extendiéndose desde el piedemonte en un rango de 400 a 600 msnm hasta el límite arbóreo (Pinto et al. 2018, 11), que generalmente se encuentra sobre los 3500 msnm (Körner 2012). Además, los bosques montanos se caracterizan por albergar una gran diversidad biológica, única por su rareza y singularidad (Cuesta, Peralvo y Valarezo 2009, 7) que corresponde a su historia biogeográfica evolutiva y a los gradientes ambientales en relación a la tectónica andina (Jørgensen et al. 2011).

Sin embargo, los bosques montanos son ecosistemas frágiles, amenazados en toda su distribución, pues poseen un elevado grado de vulnerabilidad a los cambios de orden global (Cuesta, Peralvo y Valarezo 2009, 7), sean estos los cambios en la cobertura y uso de suelo y el cambio climático el cual se ha constituido actualmente en la principal problemática mundial.

En este sentido, es necesario implementar acciones que promuevan la conservación de estos ecosistemas, debido al papel que cumplen en el mantenimiento y abastecimiento de agua de gran calidad (Bubb et al. 2004; Cuesta, Peralvo y Valarezo 2009, 7), la regulación del clima tanto regional como continental (Jarvis y Mulligan 2011), y el rol que desempeñan en el balance de CO<sub>2</sub> de la atmósfera, pues son considerados importantes sumideros de carbono, pudiendo almacenar entre 53 y 205 t C ha<sup>-1</sup> (Moser et al. 2011).

Sin embargo y pese a la importancia que radica en los bosques montanos, su diversidad ecosistémica y biológica está fuertemente afectada, principalmente a causa de la deforestación, la misma que es considerada como uno de los principales contribuyentes

del cambio climático (Molina 2017). La deforestación y la fragmentación del bosque han generado impactos importantes pues se ha evidenciado un aceleramiento en el cambio climático a nivel local, al modificar el microclima y nivel regional al aumentar el calentamiento de la superficie y muy posiblemente provocar disminución en las precipitaciones (Laurance 2004). Según Malhi (2008), hay una marcada sensibilidad en la composición de las especies, lo que podría provocar una migración ascendente de especies de vegetales, modificando el ecotono de los bosques.

Por lo tanto, debido al acelerado declive de los bosques y las consecuencias asociadas a la pérdida de especies importantes, ya sea por sus funciones ecológicas como por sus beneficios, es urgente realizar investigaciones que tengan como eje principal la conservación y restauración de las áreas degradadas con alto nivel de endemismo (Pennington et al. 2010) y servicios ecosistémicos (Anderson et al. 2011). Para ello es necesario estudiar la biología reproductiva de las plantas y entender la importancia de la semilla, pues se trata del órgano encargado de la dispersión, propagación y perpetuación de las plantas espermatofitas (Mantilla 2008, 1).

En el presente estudio se evaluó la tasa de germinación y supervivencia de cinco especies nativas: aliso (*Alnus acuminata* Kunth, 1817), pucunero (*Bocconia integrifolia* Bonpl, 1909), juan negro (*Critoniopsis occidentalis* H. Rob, 1980), poroto o fréjol de monte (*Erythrina edulis* Triana, 1892), y tomatillo (*Solanum ovalifolium* Dunal, 1816). Estas especies poseen características ecológicas importantes para restauración como: grupo sucesional, descompactación del suelo, fijación de nitrógeno, atraer dispersores y polinizadores, sombra, y facilitadores. Así mismo, tienen usos valiosos para el ser humano, ya sea por su empleo como madera, medicina, alimento para humanos, forraje para animales, carbón, leña, abono verde, madera para construcción, cercas vivas, protección de cuencas y por su uso en procesos de restauración y silviculturales, además de ser especies ornamentales.

Las semillas de las cinco especies fueron sometidas a experimentación, en vivero y en campo, con variables controladas (exposición a la luz y abono). Posteriormente se evaluó la capacidad de germinación que tienen las semillas sin intervención de tratamientos pregerminativos.

Frente al desarrollo de este estudio surgieron las siguientes interrogantes: ¿Qué especies presentan una mejor tasa de germinación?, ¿De qué manera influye la luz en la germinación y sobrevivencia de las especies a estudiar? ¿Cuál es la tasa de sobrevivencia de las especies en los tratamientos? ¿Cuáles son las especies con mayor potencial de restauración? Las respuestas a estas preguntas pueden generar información importante al

momento de hacer una mejor selección de las especies para restauración y a generar alternativas de mitigación y adaptación ante el cambio climático, además crear un vínculo con la comunidad pues los resultados obtenidos de esta investigación fueron difundidos mediante cartillas informativas en la población de la Mancomunidad del Chocó-Andino, en la reserva IntiLacta y en medios de divulgación científica.



## **Capítulo primero**

### **Planteamiento del problema**

Uno de los principales problemas que aqueja al mundo y al país es la deforestación. Según Haddad (2015, 2), la deforestación se había generalizado en las regiones templadas a mediados del siglo XVIII e inicios del siglo XX y tuvo un incremento en los trópicos durante el último medio siglo, provocando la pérdida de más de un tercio de la cobertura forestal de todo el mundo.

Ecuador es considerado uno de los países sudamericanos con una de las tasas más altas de deforestación bruta anual equivalente al 0,77% para el periodo 2008-2014, que corresponde a una deforestación bruta de 97.917 hectáreas anuales (Ministerio de Ambiente 2016, 46). Siendo afectados principalmente los ecosistemas andinos, bosques montanos húmedos y bosques tropicales amazónicos son altamente sensibles a la deforestación. En el caso de los ecosistemas andinos, la deforestación afecta directamente a los servicios hidrológicos, pérdida de biomasa y biodiversidad (Cuesta et al. 2012, 274). Los bosques montanos, caracterizados por poseer una gran diversidad biológica gracias a un alto grado de recambio de especies (Gradstein, Homeier y Gansert 2008; Jørgensen et al. 2011), experimentan una pérdida significativa de especies. Mientras, en los bosques tropicales de la Amazonía, de manera general se espera escenarios de degradación y colapso de especies según estudios realizados por Hubbell (2008, 7).

Haddad (2015, 2) sostiene que, más allá de los impactos por la pérdida de bosques, es probable que los remanentes sean cada vez más pequeños, aislados y ubicados cerca del borde del bosque, lo cual compromete aún más la existencia de los bosques. La gran mayoría de los fragmentos de bosque del mundo tienen menos de 10 ha de área y la mitad de los bosques del planeta está a 500 m del borde del bosque (Haddad 2015, 7), lo cual es bastante preocupante, pues es un aspecto que califica a estos ecosistemas como altamente sensibles a lo largo de toda su distribución (Cuesta, Peralvo y Valarezo 2009, 7).

Los bosques montanos son un importante sumidero de carbono ya que contribuyen en la mitigación de los efectos del cambio climático, al capturar carbono de la atmósfera y transformarlo en biomasa (Pinto et al. 2018, 13), estos ecosistemas pueden llegar almacenar entre 53 y 205t C ha<sup>-1</sup> en su biomasa aérea y entre 8,45 a 324 t C ha<sup>-1</sup> en el suelo (Moser et al. 2011). Asimismo, los bosques montanos son considerados de

importancia global debido a sus funciones en la regulación hídrica, almacenamiento de agua de gran calidad (Bruijnzeel, Mulligan y Scatena 2011, Cuesta, Peralvo y Valarezo 2009, 14; Bubb et al. 2004) y regulación del clima tanto regional como continental (Jarvis y Mulligan 2011). Todas estas son razones importantes por las que se debe considerar la restauración de áreas degradadas de los bosques montanos del noroccidente de Pichincha. Puesto que la causa principal de la degradación de estos ecosistemas es la deforestación la misma que contribuye al cambio climático, modificando el microclima a nivel local, y el aumento del calentamiento de la superficie y la disminución de las precipitaciones a nivel regional (Laurance 2004). Teniendo en cuenta lo antes descrito es necesario plantear estudios que generen conocimiento en cuanto a la germinación y supervivencia de especies de plantas potenciales para restauración de ecosistemas degradados, pues mediante el conocimiento que se obtenga de esta investigación, sobre la capacidad germinativa y de supervivencia de las cinco especies propuestas, se podrá hacer una mejor selección de especies al momento de llevar a cabo un programa de restauración en los bosques montanos del noroccidente de Pichincha.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo general**

Contribuir a procesos de restauración forestal a través de la generación de conocimiento sobre tasas germinativas y de supervivencia de especies de plantas útiles para la restauración.

### **1.2 Objetivos específicos**

Evaluar de qué manera influyen las variables ambientales sobre las tasas de germinación y sobrevivencia de las especies de plantas analizadas.

Identificar cuáles son las especies con mayor potencial de restauración en áreas degradadas de los bosques montanos del Noroccidente de Pichincha.

## **2. Enfoque y marco conceptual**

Los conceptos que se abordan en el desarrollo del marco teórico de la presente investigación están estrechamente relacionados entre sí. En primera instancia es importante hacer una breve reseña de los aspectos más relevantes de los Bosques Húmedos de los Andes Tropicales, ecosistema en el que se desarrolló la fase experimental del estudio. Además, se hace mención de la situación de los bosques tropicales frente al cambio climático y se aborda el problema de la deforestación que afecta a dichos bosques donde se hace referencia a conceptos de restauración forestal y sucesión de los bosques. Finalmente se analiza temas de germinación de semillas, mitigación y adaptación.

### **2.1 Los bosques húmedos de los Andes Tropicales**

La mayor superficie de ecosistemas tropicales de montaña del mundo es albergada por la cordillera de los Andes (Young et al. 2002). De acuerdo con Cuesta, Peralvo y Valarezo (2009, 12) se compone de seis biomas, de la misma manera los bosques montanos, son los más representativos paisajísticamente. El clima de los bosques montanos es bastante variable, con un promedio de precipitación de ~2000-2600 mm/año y una temperatura promedio anual de 14-18 °C (Cuesta et al. 2012, 29). Los bosques montanos son los ecosistemas con mayor endemismo y riqueza biológica en el mundo por lo que es considerado un “hotspot” (Mittermeier et al. 1997), lo que hace de estos bosques uno de los más ricos en valores de diversidad beta (Gradstein, Homeier y Gansert 2008; Homeier et al. 2010). Según Valencia et al. (2000) en el lado occidental de la cordillera de los Andes la diversidad de los bosques y el endemismo es mayor que en el lado oriental. Sin embargo, la diversidad de estos bosques decrece a medida que aumenta la elevación (Pinto et al. 2018, 13). Gentry (1995) encontró que, en un rango de 800 a 1500 msnm hay un promedio de 160 especies de árboles, las mismas que van disminuyendo conforme se acerca a los 3000 msnm registran menos de 40 especies de árboles. Homeier et al. (2010) encontró resultados similares en la cordillera oriental sur de Ecuador.

La riqueza natural y geográfica de los bosques montanos desempeña un papel fundamental en el continente sudamericano debido a la contribución en los ciclos biogeoquímicos de la Tierra y a la generación de servicios ecosistémicos (Anderson et al. 2011).

## 2.2 Los bosques tropicales y el cambio climático

Los bosques tropicales intactos representan aproximadamente el 70% del área total de los bosques tropicales del mundo los mismos que corresponden a la mayor área de biomasa forestal del mundo ~ 50% (Pan 2011, 990).

Según Pan (2011) los bosques tropicales intactos representan aproximadamente la mitad del sumidero de carbono global. Sin embargo, Laurance (2004) demuestra que dichos bosques han sufrido serias afectaciones, a causa de la deforestación y la fragmentación.

Los modelos climáticos globales muestran un mayor calentamiento en todas las regiones de los bosques tropicales (Malhi 2008) Por lo general se espera un aumento de temperatura (Malhi 2008) de al menos 4 °C para finales del siglo (Cramer et al. 2004). Los principales cambios ocurren en la precipitación, siendo particularmente sensibles a los cambios en la circulación oceánica y atmosférica (Malhi 2008, 169). Bates et al. (2008) predice que el cambio climático tendrá un gran impacto en los recursos hídricos de todo el mundo ya que los cambios en el régimen de las precipitaciones afectan directamente en los flujos de agua superficial y subterránea. Por otra parte, los incrementos en la temperatura llevarán a una mayor evapotranspiración y por consiguiente, a una menor escorrentía y almacenamiento de agua subterránea (Buytaer y De Bièvre 2012, 1). Además, los modelos climáticos proyectan un efecto mucho más marcado del calentamiento global en las regiones montañosas tropicales en comparación con las tierras bajas (Still, Foster y Schneider 1999; Bradley et al. 2006). Es casi inevitable que los bosques tropicales intactos estén experimentando transformaciones en su ecología como respuesta al cambio climático global (Malhi 2008).

En este contexto, los bosques montanos pueden ser considerados los ecosistemas terrestres más sensibles al cambio climático (Pan 2011), debido a un calentamiento proyectado de 4°C para el siglo XXI, lo cual provocaría una migración ascendente de algunas especies de plantas a 800 metros, desplazando totalmente al ecotono lo cual corresponde a más de la mitad de la extensión altitudinal actual del bosque (Malhi 2008).

## 2.3 Deforestación

La deforestación es considerada la principal causa de pérdida de biodiversidad, reducción de sumideros naturales de carbono y alteración de los ecosistemas haciéndolos más inestables y menos diversos debido a la pérdida de hábitat (Molina 2017). Según



Haddad (2015, 1), la degradación del hábitat conduce a la fragmentación del mismo, transformándolo en uno más pequeño y aislado, generando un confinamiento de la biodiversidad en parches o islas, y a su vez limitando en gran magnitud el grado de recambio de especies que conlleva muy posiblemente a una extinción de especies a nivel local (MacArthur y Wilson 1967). Estudios de Haddad (2015, 2), sugieren que la deforestación se había generalizado en las regiones templadas a mediados del siglo XVIII e inicios del siglo XX con un incremento en los trópicos, generando una pérdida de más de un tercio de la cobertura forestal de todo el mundo.

Shukla, Nobre y Sellers (1990) y Jurgensen et al. (1996) sostienen que la deforestación modifica fuertemente las características fisicoquímicas del suelo debido a la pérdida de carbono, nitrógeno, entre otros nutrientes; además tiene un fuerte impacto en el régimen hidrológico del suelo, el microclima, y el balance energético, asimismo incrementa la erosión, aumenta los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera, y afecta la capacidad fotosintética. Además, deteriora la biota del suelo, provoca cambios negativos en la composición y estructura del bosque (Kennedy y Papendick 1995).

Según Laurance (2004), la deforestación y la fragmentación de los bosques conllevan a un aceleramiento de los impactos negativos del cambio climático, ya sea la disminución de las precipitaciones, como un mayor calentamiento en la superficie.

El área deforestada de los bosques montanos de Ecuador para el año 2009 registrada por Mulligan (2010) fue de 52.086 km<sup>2</sup>, lo cual equivale al 50% del área potencial de los bosques montanos del país. Datos generados para el año 2016 por el monitoreo de bosques del Ministerio de Ambiente de Ecuador señala una pérdida de bosques montanos equivalente a un 60% en la cordillera occidental y el 40% en la cordillera oriental de Ecuador, razón por la cual estos bosques están altamente amenazados.

En relación con estos datos, los bosques montanos han experimentado un acelerado proceso de pérdida y degradación, ocasionando una disminución de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos (Proaño y Duarte 2018).

## **2.4 Restauración**

Block et al. (2001) y Meli (2003) sugieren que las mejores alternativas para sostener y recobrar los bosques están dirigidas a la recuperación biótica y abiótica de los sistemas naturales con el objetivo de restablecer su estructura, dinámica y sus procesos funcionales.

Poorter (2016) estimó que a través de la restauración se puede reparar un 90% de bosque primario en al menos 66 años; sin embargo, esto solo ocurrirá después de haber pasado un proceso de recuperación de 20 años. La biomasa promedio en los bosques en regeneración tiene una tasa de absorción de carbono de 11 veces mayor a la de los bosques primarios (Mogrovejo y Márquez 2017).

Sin embargo, la restauración no debe tratarse de manera aislada, pensando que el único objetivo de la misma es la recuperación de un ecosistema degradado, sino más bien debe ser analizada como una fuente de oportunidades para incentivar el uso sostenible de la tierra (Proaño y Duarte 2018).

Los procesos de restauración implican un análisis profundo que pueda generar planes de acción tanto a nivel local como regional, para ello es necesario hacer una selección y establecimiento de estrategias (Duarte, Cuesta y Arcos 2018). La restauración contempla estrategias vinculadas a la conservación y a la producción sostenible, las mismas que están relacionadas a las siguientes actividades: reconocimiento del área, incremento de plantas, siembra de especies de plantas facilitadoras, translocación del suelo, implementación de nichos ecológicos para fauna, diversificación de especies, empleo de abonos verdes, cercas vivas, (Duarte, Cuesta y Arcos 2018), selección de especies potenciales para restauración (Terán-Valdez A. et al. 2018), entre otras que puedan beneficiar a procesos de restauración.

En las regiones tropicales se han enfocado los esfuerzos de restauración en controlar y agilizar la sucesión secundaria a través de la identificación de los aspectos que influyen sobre la regeneración natural, tales como: el régimen hidrológico, la dispersión de semillas, las tasas de germinación, la competencia con especies herbáceas, la depredación y las condiciones pobres del suelo (Martin y Chambers 2002; Meli 2003). Aún, cuando se ha logrado un mejor entendimiento de los factores antes mencionados, no se conoce con exactitud los efectos que éstos producen en el bosque (Martin y Chambers 2002), en consecuencia, es de gran importancia investigar la germinación de las semillas, el proceso de establecimiento de las plántulas, la sucesión y la regeneración natural (Blakesley et al. 2002).

Conocer y entender que las etapas iniciales del ciclo de vida de una planta constituyen una herramienta necesaria para el manejo de especies nativas en áreas intervenidas (Pinto 2010). Obtener información sobre tasas de germinación y supervivencia de especies potenciales a ser empleadas en planes de restauración es

apremiante puesto que de esto dependerá el establecimiento correcto de las especies en cuanto a la siembra y adaptación (Terán-Valdez A. et al. 2018).

Por tal motivo, este trabajo propuso evaluar las tasas de germinación y supervivencia de cinco especies de plantas nativas, todas consideradas potenciales especies restauradoras debido a sus características ecológicas y a los beneficios que puedan generar para el humano. Puesto que se carece de información en cuanto a la germinación y supervivencia de estas especies en ecosistemas degradados de los bosques montanos del noroccidente de Pichincha.

Es importante considerar que el cambio climático es una más de las razones para desarrollar programas de conservación y restauración de los bosques, asegurando que poblaciones saludables puedan enfrentar de mejor manera los impactos negativos relacionadas a la generación y provisión de servicios ecosistémicos (Mogrovejo y Márquez 2017).

## **2.5 Sucesión ecológica del bosque**

La sucesión ecológica del bosque está determinada como un patrón no estacional, direccional y constante de colonización y extinción en un área determinada, y a su vez está acompañada de poblaciones de especies específicas en cada una de las etapas de la sucesión (Begon, Townsend y Harper 2006).

La sucesión empieza con un sistema perturbado, que después de haber sido modificado tendrá una recuperación lenta a lo largo del tiempo hasta llegar a su madurez (Pinto et al. 2018, 193). El tiempo de sucesión natural depende del tipo de disturbio (natural o antrópico), además de la dimensión del impacto, del potencial de colonización, y del desarrollo estructural de cada bosque (Chazdon 2008; Chazdon et al. 2007). De tal manera, la sucesión natural es un proceso que puede durar décadas e incluso cientos de años (Pinto, et al. 2018).

La sucesión natural tiene lugar en tres etapas diferentes, hasta que el bosque alcance su madurez. Las etapas son: inicial, media y tardía, y cada una de estas dominadas por diferentes comunidades de especies que se establecen, desarrollan y se reproducen exitosamente (Finegan 1996).

La etapa temprana es rápida y corta, y está conformada por especies de rápido crecimiento, alta fertilidad, ciclo de vida corto y mecanismos de dispersión efectivos (Finegan 1984). Dichas especies son denominadas pioneras, entre ellas las hierbas, los arbustos y las plantas trepadoras (Pinto 2010, 10), que se desarrollan en los claros del

bosque y con alta exposición a la luz solar. La función de las especies pioneras es generar un ambiente idóneo para la colonización de especies típicas de la siguiente fase (Pinto et al. 2018, 193).

La etapa intermedia está dominada por dos grupos de especies, las secundarias tempranas y secundarias tardías, las mismas tiene requerimientos distintos a los de las pioneras para asentarse y reproducirse satisfactoriamente (Chazdon 2008). Algunos de los requerimientos que necesitan las especies en esta etapa son un suelo en buen estado, poco compactado y con mayor concentración de nutrientes como: nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio (Moran et al. 2000). Asimismo, estas especies son altamente tolerantes a la sombra y sensibles a condiciones de luz solar directa (Pinto et al. 2018, 193).

Por último, tiene lugar la etapa final de sucesión natural (Chazdon et al. 2007). La misma está determinada por suelos en condiciones suficientemente buenas, es decir con una alta concentración de nutrientes, suelo descompactado y con gran capacidad de infiltración de agua (Pinto et al. 2018, 193). Las especies maduras dominantes en esta fase se diferencian de los estados anteriores porque sus demandas de sombra son aún mayores y se desarrollan más lentamente en función de altos requerimientos de nutrientes (Chazdon 2008; Finegan 1984).

En este sentido, dependiendo de la degradación de un ecosistema existirá una relación con la sucesión ecológica y según la fase de sucesión en la que se encuentre el área degradada se empleará las especies adecuadas que cumplan con funciones de restauración. Es decir que la restauración está estrechamente vinculada con la sucesión ecológica, puesto que, mucha información que se requiere para sucesión ecológica se consigue de los procesos propios de proyectos de restauración (Terán et al. 2018).

## **2.6 Mitigación / Adaptación**

Los bosques montanos son capaces de captar gran cantidad de agua de los bancos de nube que precipitan por acción de la orografía del paisaje andino (Cuesta, Peralvo y Valarezo 2009, 63).

Los bosques montanos son considerados un valioso sumidero de carbono pues contribuyen en gran magnitud a mitigar los efectos del cambio climático, al capturar carbono de la atmosfera y transformarlo en biomasa (Pinto et al. 2018).

Por otro lado, Chazdon et al. (2016) consideran que, la adaptación y mitigación al cambio climático están fuertemente vinculadas a la restauración de bosques, ya que juegan un papel fundamental en la conservación de la biodiversidad, y mejoramiento de

la conectividad entre paisajes fragmentados, la regulación hídrica, el ciclo de los nutrientes, y el *stock* de madera para combustible y forraje, lo que genera una disminución en la vulnerabilidad y aumenta la resiliencia de los ecosistemas (Mogrovejo y Márquez 2017).

Además, los procesos de regeneración natural de los bosques producto de la restauración, tienen una gran capacidad de captura y almacenamiento de carbono siendo esta una oportunidad significativa y de bajo costo, generando beneficios a la biodiversidad, así como a la producción de múltiples servicios ecosistémicos (Mogrovejo y Márquez 2017).

## **2.7 Germinación de semillas**

La semilla es el órgano que facilita la dispersión, propagación y perpetuación de las plantas espermatofitas. Mantilla (2008, 15) sostiene que la aparición de la semilla en el ciclo vital de las plantas es un proceso de adaptación único. En este sentido, las semillas son el principal mecanismo de reproducción de las plantas, que bajo condiciones ambientales favorables o desfavorables se puede determinar su éxito o fracaso (Pita 1988).

La germinación de las semillas empieza con la imbibición o entrada del agua en la semilla y finaliza con la emergencia del eje embrionario en el caso de las dicotiledóneas o la radícula en monocotiledóneas y gimnospermas (Mantilla 2008, 15).

La imbibición de la semilla en condiciones óptimas de temperatura, oxigenación e iluminación genera el desarrollo de varios mecanismos fisiológicos que permiten su germinación y posterior desarrollo de la plántula (Pita 1988).

Otro de los procesos fisiológicos derivados de la imbibición, es la emergencia, que tiene como objetivo atravesar varias estructuras que envuelven a la semilla (Mantilla 2008).

Sin embargo, poco se sabe de la biología reproductiva de las especies de árboles tropicales, situación que es preocupante, pues es información sumamente valiosa a la hora de elaborar un plan de manejo en programas de restauración (Pinto 2010, 1).



## Capítulo segundo

### Materiales y métodos

#### 1. Área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en un área intervenida según Nina Duarte (comunicación personal, 23 de noviembre de 2018) donde más del 60 % del área estaba degradada anteriormente. El área de estudio se encuentra dentro del bosque montano bajo en la Reserva IntiLlacta a 1800 msnm, ubicada en la parroquia de Nanegalito, del cantón Quito, Provincia de Pichincha. La Reserva IntiLlacta forma parte de un remanente de bosque de montaña, que según Sierra (1999), corresponde a un bosque montano bajo y ubicado dentro de la región biogeográfica del Chocó ecuatoriano una de las regiones biogeográficas más importantes por su biodiversidad y endemismo a nivel mundial que comprende los bosques tropicales desde Panamá, Colombia hasta el norte de Ecuador en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Pichincha, Carchi, Imbabura, Cotopaxi, Santo Domingo de los Tsáchilas y Los Ríos. (Morales 2013).

El bosque montano presenta un bioclima pluvial, húmedo e hiperhúmedo con un piso bioclimático montano bajo que se ubica entre los 1400 a 2000 msnm (Valencia et al. 1999; Josse et al. 2003). Tienen un promedio de precipitación de ~2000 - 2600 mm/año y una temperatura promedio anual de 14 -18 °C (Cuesta et al. 2012, 29) abarca a un conjunto de ecosistemas que están ubicados en las vertientes de las zonas montañosas, caracterizados por una alta humedad y precipitación durante todo el año (MECN 2009), y una gran presencia de un banco de nubes (Cuesta, Peralvo y Valarezo 2009, 63). Tiene un relieve general de montaña, con un macrorrelieve de cordillera y mesorelieves de colinas, cuestras y vertientes (MAE 2013), asimismo, estos bosques están conformados por basaltos toleíticos del Cretácico Inferior y rocas volcánicas del Cretácico Superior - Eoceno (Paladines 2005). La Formación Vegetal de Bosque montano bajo (Sierra 1999), donde se encuentra la Reserva, está dominada por epífitas como orquídeas, helechos y bromelias. La vegetación arbórea contempla alturas entre 20 y 30 metros de altura, aunque los árboles emergentes pueden fácilmente superar los 35 metros (Valencia et al. 1999; Josse et al. 2003). La vegetación herbácea es bastante densa, dominada por helechos arborescentes y palmas, mientras que la vegetación arbustiva es limitada con gran presencia de familias como: Lauraceae, seguida de Rubiaceae y Melastomataceae (Cuesta

et al. 2012, 30). Debido a la historia biogeográfica de estos bosques, existe una gran cantidad de flora y fauna con taxones únicos y rangos geográficos restringidos (García-Moreno et al. 1999).

Sin embargo, existen remanentes fragmentados de bosque carentes de una conexión adecuada y bordeados por una matriz productiva en donde prima el manejo no sostenible (Armenteras et al. 2011). Varias de las áreas consideradas como remanentes naturales tienen diferentes niveles de degradación a causa de las actividades extractivas por ejemplo: la tala selectiva, la expansión de la frontera agrícola y el pastoreo, no obstante, estos usos del suelo a escala regional son bastante complicados de caracterizar (Josse et al. 2009).

En el aspecto socioeconómico Nanegalito tiene 3026 habitantes, y según las proyecciones del INEC (2010) para el año 2020 no habrá un crecimiento considerable en la población pues la tasa de crecimiento poblacional al año 2020 será de 1,05%, situación que posiblemente se deba a las bajas condiciones de los servicios básicos y a las pocas fuentes de empleo, ya que se produce una migración en edad de trabajo (PDOT Nanegalito 2019).

En su mayoría los comuneros de la zona se dedican principalmente a la venta de leche y en menor dimensión a la agricultura, otro fragmento de la población ha migrado a la ciudad e incluso a otros países como España e Italia, debido a su condición de marginación, lo que se traduce en la falta de servicios básicos, porcentajes elevados de pobreza y el limitado acceso a la educación, salud y seguridad (Nina Duarte, comunicación personal, 23 de noviembre de 2018). Según la agenda zonal 9 del DMQ en cuanto a salud no se cumplen los estándares de cobertura y el equipamiento. Frente a esto la reserva se encuentre amenazada por la ganadería extensiva de las fincas que se ubican a su alrededor, las mismas que son de propiedad privada. Por lo tanto, la degradación de los suelos de potreros de la reserva, la deforestación y el fraccionamiento de la tierra a causa del urbanismo conforman las amenazas principales de la reserva (Fundación Jatun Sacha 2013). La Reserva Intillacta es un proyecto de conservación y turismo de naturaleza creada en el año 1983, y cuenta con una extensión de 88 hectáreas las cuales inicialmente fueron deforestadas con el fin de crear potreros para ganadería según comentarios de los dueños de la Reserva (Nina Duarte, comunicación personal, 23 de noviembre de 2018),

La reserva está conformada por un equipo multidisciplinario entre ellos biólogos, ecólogos, restauradores, naturalistas, agro ecólogos, ornitólogos e investigadores de origen nacional e internacional, varios de ellos se encuentran vinculados a la investigación y enseñanza continua dentro y fuera de la reserva, pues se hallan interesados en que el



bosque se conserve y genere alternativas productivas amigables con el medioambiente, como huertas orgánicas, cultivos mixtos, *Coffea arabica* (café), *Carica papaya* (papaya), *Citrus limon* (limón), *Vasconcellea pubescens* (chamburo), *Citrus reticulata* (mandarina). Durante 28 años, en la reserva se han realizado una serie de experimentos de restauración por “estaca” y “germinación de semillas” en viveros y en campo (Nina Duarte, comunicación personal, 23 de noviembre de 2018). De igual manera, la reserva se encuentra involucrada en el desarrollo local y sostenible de las comunidades del Chocó Andino (Nina Duarte, comunicación personal, 23 de noviembre 2018).

Asimismo, la reserva busca integrar el turismo con la investigación biológica, educación ambiental, agricultura orgánica y la conservación del bosque, de tal manera que brinda todas las facilidades para que se desarrollen actividades e investigaciones con apoyo científico y logístico.

## **2. Metodología**

### **2.1 Etapa experimental**

La etapa de campo se desarrolló en cuatro fases, la primera consistió en la recolección de frutos y preparación de las semillas; la segunda fase, en la construcción del vivero y acondicionamiento del espacio para el experimento; la tercera fase se basó en la preparación de las fundas con el sustrato y la siembra de las semillas y por último, en la cuarta fase, se tomaron los datos de germinación y supervivencia.

#### *Colecta de frutos y preparación de las semillas*

La colecta fue llevada a cabo durante los meses de abril y mayo de 2019, dependiendo de la disponibilidad de frutos. Se consideraron para este estudio un total de 30 semillas por especie y tratamiento, algunos frutos fueron colectados de sus árboles parentales con la ayuda de una podadora aérea, mientras que otros fueron recogidas del suelo, como en el caso de *Alnus acuminata* (aliso), debido a que los frutos maduros por acción del viento caen al suelo. La colecta tuvo lugar en los claros naturales y artificiales, y bajo el dosel del bosque dentro de la reserva. Además se contó con el apoyo de expertos en campo (biólogos y botánicos) para la recolección e identificación de los frutos.

Las semillas fueron seleccionadas considerando los criterios propuestos por Ramírez et al. (2012), un mayor tamaño, forma simétrica y de un color vistoso, y se

descartaron las semillas pequeñas y deformes. Esto se hizo para tener uniformidad en la selección de semillas y no crear desventajas.

#### *Construcción del vivero y adecuación del espacio físico*

Durante esta fase el día 30 de mayo se realizó la construcción de un vivero de 4 m x 4 m y 2 m de altura (Anexo 5). La estructura del vivero fue de pilares de caña guadúa y polisombra, de manera que se creó un ambiente con sombra para cumplir con una de las variables controladas (sombra) del experimento, es decir generar sombra. A la par se delimitó el área de experimentación en una zona expuesta a la luz solar, donde se colocó las fundas con las semillas sembradas. Luego, fueron construidas 6 cajas de madera de 100 x 60 cm, de forma que cumplan la función de camas o contenedores para ubicar las fundas con las semillas sembradas. Adicional a esto se destinó un espacio de 100 x 100 cm en donde se sembró las semillas de aliso en tierra suelta y no compactada en las fundas (Nina Duarte, comunicación personal, 16 de febrero de 2019).

#### *Colecta y almacenamiento de abono del bosque*

Se recolectó abono orgánico del interior del bosque dentro de la reserva, el mismo que consistió en hojarasca y materia orgánica descompuesta, luego se hizo una limpieza del abono retirando ramas y hojas verdes no descompuestas, con el fin de evitar que sean una barrera al momento de la germinación, posterior a esto se almacenó el abono en un costal.

#### *Preparación del sustrato y siembra de las semillas*

Durante esta fase tuvo lugar la preparación de 480 fundas con tierra abonada y sin abono (Tabla 2), y el acondicionamiento de un espacio con tierra suelta para sembrar semillas de aliso, considerando que dichas semillas germinan en tierra suelta, por ejemplo, es bastante común observar semillas de aliso germinando en la tierra suelta producto de un derrumbe (Nina Duarte, comunicación personal, 16 de febrero de 2019). Una vez terminados los sustratos, se procedió a sembrar las semillas según lo propuesto por Ramírez et al. (2012), haciendo un pequeño orificio de 1 a 2 cm de profundidad de acuerdo al tamaño de la semilla, ya colocadas la semillas fueron cubiertas con la tierra sin

realizar mucha presión o compactación, de tal forma que se pueda facilitar la germinación de las semillas.

### *Registro de datos*

Posterior a la siembra que se realizó el día 14 de junio de 2019 se hizo una visita a los 15 días para evaluar el estado de germinación de las semillas; sin embargo, en ese tiempo, no se observó germinación, por lo que se esperó 15 días más para realizar una nueva visita. Se realizaron visitas mensuales a la reserva para evaluar los progresos en el experimento, durante los meses de julio, agosto y septiembre.

Durante esta fase se registraron los datos de germinación, desarrollo y supervivencia de las semillas, con la ayuda de un flexómetro y un calibrador pie de rey digital, marca Truper.

Además es importante mencionar que se hizo un control de maleza, es decir, se retiró la hierba y se realizó el riego necesario tanto en campo como en vivero en cada una de las visitas.

En el primer mes, se obtuvieron algunos resultados de algunas especies, dependiendo de la especie y tiempo de germinación normal para cada especie.

Las visitas se realizaron hasta que la germinación en las semillas concluyó. En este caso se recogieron datos durante cuatro meses a partir de la siembra, de manera que se pueda evaluar la germinación y supervivencia de las especies estudiadas en relación al tiempo óptimo y máximo de germinación (Tabla 1).

Tabla 1  
Tiempo óptimo y máximo de germinación

Nombre científico	Nombre común	Tiempo inicio de germinación	Tiempo máximo de energía germinativa	Porcentaje de germinación
<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	entre 20 y 40 días	47 días, excepcionalmente 60 días	40%
<i>Bocconia integrifolia</i>	Pucunero	40 días	50 días, excepcionalmente 60 días	40%
<i>Critoniopsis occidentalis</i>	Juan negro	Desconocido	Desconocido	Desconocido
<i>Erythrina edulis</i>	Poroto	12 días	4 días, excepcionalmente 20 días	80 a 90%
<i>Solanum ovalifolium</i>	Tomatillo	15 días	6 días, excepcionalmente 15 días	65 a 80%

Fuente: Rodríguez, Peña y Plata 1984

Elaboración propia

Tiempo óptimo y máximo de la germinación de las semillas para cada especie

## 2.2 Diseño experimental

### *Variables de estudio*

1.- Luz: fundas de semillas sembradas expuestas a la luz solar y bajo sombra.

2.- Tipo de suelo: fundas de semillas sembradas con abono orgánico y sin abono

Las dos variables fueron combinadas entre cada una de ellas, de manera que se contó con 4 tipos de tratamientos diferentes (Tabla 2).

La justificación del uso de estas variables están orientadas a identificar de qué manera influyen las variables sobre la germinación de las semillas de especies potencialmente vinculadas a la restauración de los bosques montanos en el noroccidente de Pichincha.

Para el tratamiento de los datos obtenidos durante los 4 meses de monitoreo se trabajó con el paquete estadístico SPSS versión 26, 2019, y se empleó un análisis de varianza (ANOVA). Las pruebas ANOVA evalúan el grado de importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta en diferentes niveles de los factores. Asimismo, es una prueba que ayuda a responder la hipótesis planteada en esta investigación.

**$P > 0.05 \Rightarrow H_0$**  = No hay mayores tasas de germinación y supervivencia de las semillas de especies potenciales para restauración en condiciones controladas de luz y abono en los bosques montanos del noroccidente de Pichincha.

**$P < 0.05 \Rightarrow H_1$**  = Hay mayores tasas de germinación y supervivencia de las semillas de especies potenciales para restauración en condiciones controladas de luz y abono en los bosques montanos del noroccidente de Pichincha.

Tabla 2  
**Tratamientos y número de semillas por especie y experimento**

<b>Tratamientos</b>	<i>Alnus acuminata</i>	<i>Bocconia integrifolia</i>	<i>Critoniopsis occidentalis</i>	<i>Erythrina edulis</i>	<i>Solanum ovalifolium</i>
1. Exposición a la luz, sin abono	30	30	30	30	30
2. Exposición a la luz, con abono	30	30	30	30	30
3. Bajo sombra, sin abono	30	30	30	30	30
4. Bajo sombra, con abono	30	30	30	30	30
<b>Total</b>	<b>120</b>	<b>120</b>	<b>120</b>	<b>120</b>	<b>120</b>
<b>Total de Semillas</b>	<b>600</b>				

Fuente y elaboración propias

### 3. Metadatos de las especies de estudio

Durante la colecta de los frutos se tomaron datos de ubicación de cada una de las cinco especies colectadas, es decir se registró altitud, latitud y longitud (Tabla 3). Así como datos ecológicos, es decir si se encontraba dentro del bosque, o en un área degradada, que tipo de sembríos o especies se encontraban a su alrededor, estado del fruto y si el árbol parental estaba en pie o caído etc. Dichos datos son importantes para saber cuál es el árbol parental, puesto que algunas de estas características, podrían ser determinantes para evaluar la germinación de las semillas.

Tabla 3  
**Datos de colecta de las semillas**

<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Localidad</b>	<b>Altura</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	IntiLlacta	1809	0,0486	-787.191
<i>Bocconia integrifolia</i>	Pucunero	IntiLlacta	1809	0,0487	-787.192
<i>Critoniopsis occidentalis</i>	Juan negro	IntiLlacta	1809	0,0487	-78,7185
<i>Erythrina edulis</i>	Poroto, fréjol de monte	IntiLlacta	1809	0,0477	-78,7182
<i>Solanum ovalifolium</i>	Tomatillo	IntiLlacta	1809	0,0487	-78,7192

Fuente y elaboración propias

*Alnus acuminata*: Árbol parental ubicado en una área despejada, a 2 m se encuentra un árbol de *B. integrifolia*, frutos maduros con dehiscencia.

*Bocconia integrifolia*: Árbol parental ubicado en la orilla de un camino, rodeado de arbustos de *Piper aduncum*, frutos maduros con dehiscencia.

*Critoniopsis occidentalis*: Árbol parental ubicado en una área rodeada de sembríos de café, frutos maduros con dehiscencia.

*Erythrina edulis*: Árbol parental ubicado en una área rodeada de sembríos de café y cercano otro árbol de *B. integrifolia* frutos maduros sin dehiscencia.

*Solanum ovalifolium*: Árbol parental ubicado en una área rodeada de sembríos de *Tithonia diversifolia*. Parental con una rama caída de donde se colectaron los frutos maduros sin dehiscencia.

#### 4. Descripción de las especies vegetales

*Alnus acuminata* Kunth

Aliso



Rango altitudinal se encuentra entre los 1500 a 4000 msnm (Terán-Valdez A. et al. 2018).

Es un árbol monoico, perennifolio, de 5 a 20 metros, pudiendo alcanzar los 30 m de altura. Tronco cilíndrico u ovalado, bastante ramificado, corteza lisa grisácea o blanquecina. Hojas alternas, simples, (5-18 x 3-10 cm) elípticas a oblongas u ovadas, márgenes aserrados. Flores estaminadas dispuestas en tríades, inflorescencias pistiladas con racimos en forma de cono, de 7-10 mm. Frutos sámaras con el cuerpo de 2,2 a 3 mm, y alas de 0,8 a 2,1 mm (Pinto et al. 2018).

### *Datos de germinación*

La germinación es epígea, sin tratamientos pregerminativos la tasa inicial de germinación oscila entre 50 y 70 % y tiende a bajar rápidamente entre más tiempo estén almacenadas las semillas (Rodríguez, Peña y Plata 1984).

Las semillas de aliso pueden germinar entre los 5 y los 10 días posteriores a la siembra. Las plántulas deben pasar de 6 a 24 meses en el vivero antes de su traslado al campo, y deben inocularse con suelo recogido bajo árboles de la misma especie pues necesitan la asociación simbiótica con las bacterias fijadoras de nitrógeno (Rodríguez, Peña y Plata 1984).

### *Usos*

El aliso es un árbol maderable, se lo puede usar en muebles pisos y artesanías, obtención de leña y carbón, además se lo emplea como sombra en sistemas silvopastoriles (Terán-Valdez A. et al. 2018).

### *Bocconia integrifolia* Bonpl.

Pucunero



Rango altitudinal se encuentra entre los 500 a 3500 msnm (Terán-Valdez A. et al. 2018).

Arbusto o árbol del sotobosque, poco ramificado, con savia de color naranja, altura de 2 a 5 metros. Tronco de 7 a 15 cm de diámetro, corteza gruesa y suberosa. Hojas alternas, grandes (15-30 x 4-13cm), de forma elíptico-oblongas visiblemente pinatilobuladas, lóbulos oblongos, aserrados, agudos, y el envés con pubescencia blanquecina. Flores hermafroditas sin pétalos, la inflorescencia en panículas terminales o

sub-terminales racimosas, llegando a medir hasta 40 cm de largo y 15 cm de ancho. Fruto carnoso con dehiscencia de dos valvas laterales, capsula elipsoide, de 10 mm de largo por 6 mm de ancho. Semilla oscura, dura, elipsoide de 8 mm de largo y 4 mm de ancho, con un arilo pulposo de color naranja y en la base de color rojo coral (Pinto et al. 2018).

#### *Datos de germinación*

Punto máximo de energía germinativa ocurre a los 50 días después de la siembra para un periodo total de 60 días. El porcentaje de germinación es del 40% a partir de los 40 días posterior a la siembra de la semilla, y una mortalidad del 30% (Rodríguez, Peña y Plata 1984).

#### *Usos*

Se le atribuyen propiedades medicinales. Medicina para curar la Leishmaniasis y para la producción de medicamentos homeopáticos; además se lo emplea como tinte para lana (Terán-Valdez A. et al. 2018).

#### *Critoniopsis occidentalis* (Cuatrec.) H.Rob.

Juan negro



Rango altitudinal se encuentra entre los 1000 a 2500 msnm (Terán-Valdez A. et al. 2018).

Árbol de sotobosque o dosel (8–20 m), sus estructuras están cubiertas por una densa pubescencia de color marrón. La corteza externamente tiene largas fisuras longitudinales. Hojas simples (8–25 × 4–12 cm) y alternas, elípticas, membranosas, márgenes enteros, envés de color marrón claro. Flores pequeñas, la inflorescencia en panícula, terminal o axilar. Fruto, es un aquenio con un vilano blanco (Pinto et al. 2018).



*Datos de germinación*

Información desconocida para esta especie.

*Usos*

Su tallo se lo emplea como tablas de encofrado y como leña y para hacer carbón (Pinto et al. 2018 Terán-Valdez A. et al. 2018).

*Erythrina edulis*

Poroto o porotón, frejol de monte



Rango altitudinal se encuentra entre los 1000 a 3000 msnm (Terán-Valdez A. et al. 2018).

Árbol de mediana altura, puede alcanzar hasta 8 metros. El tallo principal y secundario con espinas cortas. Hojas semicoriáceas con pecíolos largos, semipermanentes y alternas trifolioladas. Flores dispuestas en racimos caulinares de color rojo oscuro y rojo anaranjado agrupadas en tríades alrededor del eje principal. Frutos, son vainas dispuestas en un mismo racimo de tamaño entre los 30 y 40 cm (Viteri 1997). Semillas en un número de 2 a 6 de color anaranjado rojizo en forma de riñón y con una dimensión de 3,5 por 2,5 cm de largo (Rodríguez, Peña y Plata 1984).

*Datos de germinación*

Punto máximo de energía germinativa ocurre a los 4 días después de la siembra para un total de 20 días. En general el porcentaje de germinación es del 80 al 90% a partir de los 12 días posterior a la siembra de la semilla, es común que se sumerja en agua durante 24 horas como tratamiento pregerminativo (Rodríguez, Peña y Plata 1984).

### Usos

Se emplea como madera, abono verde, es ornamental, forraje para animales, en cercas vivas, medicina para eliminar lombrices intestinales y afecciones nerviosas (Terán-Valdez A. et al. 2018). Asimismo, las semillas de *E. edulis* tienen un alto valor nutricional debido a su contenido de proteínas, vitaminas y minerales, razón por la cual es considerado un excelente alimento para humanos y animales (Viteri 1997).

### *Solanum ovalifolium* Dunal

#### Tomatillo



Rango altitudinal se encuentra entre los 1500 a 4000 msnm (Terán-Valdez A. et al. 2018).

Árbol de 8 m de altura, bastante ramificado. Tronco de 20 cm de diámetro y tiene espinas. Hojas simples (10-20 cm por 5-8 cm), alternas, dispuestas en forma de hélices, con borde entero. Flores de 1.5 cm de diámetro, con forma de estrellas blancas, cáliz verde, y agrupadas en inflorescencias terminales. Frutos, bayas redondas de color verde, de 3 cm de diámetro (Mahecha et al. 2004).

#### *Datos de germinación*

Punto máximo de energía germinativa ocurre a los 6 días después de la siembra para un máximo de 15 días. El porcentaje de germinación es del 65 a 80% a partir de los 15 días posterior a la siembra de la semilla (Rodríguez, Peña y Plata 1984).

### Usos

Empleada como medicina para dolencias indefinidas, madera para construcción, producción de carbón, planta ornamental, y como cerca viva (Terán-Valdez A. et al. 2018). Planta forrajera, sus frutos son consumidos por aves, sin embargo son tóxicos para el hombre, asimismo es usada en procesos silviculturales y en protección de cuencas, de

igual manera se lo emplea en procesos de restauración en bosques secundarios (Mahecha et al. 2004).



## Capítulo tercero

### Resultados y Discusión

#### 5. Germinación relativa

Se calculó la germinación relativa (GR) y la velocidad de germinación (VG) de cada una de las especies, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula.

$$GR = \frac{SG}{TS} * 100$$

Donde

SG = número de semillas germinadas

TS = total de semillas sembradas

Se analizó la germinación relativa para las 3 especies de plantas que germinaron puesto que de las otras dos especies no se pudieron obtener datos, ya que no llegaron a germinar. En cuanto a la germinación relativa de *B. interglifolia*, *E. edulis* y *S. ovalifolium* muestran un incremento progresivo del número de semillas germinadas (Figura 1). *E. edulis* es la especie con mayor porcentaje de germinación (72,22% T2) (Tabla 5), seguido de *B. integrifolia* con un significativo porcentaje bajo el tratamiento sin luz/con abono (24,44% T4) (Tabla 4) y por último de *S. ovalifolium* (11,11% T3) (Tabla 6), especie que arrojó los menores porcentajes de germinación para los cuatro tratamientos. En el caso de *E. edulis* bajo los cuatro tratamientos da porcentajes importantes, para germinación se ubica por encima del 50 %. Según este parámetro se espera que sea una especie a ser utilizada en planes de restauración en áreas degradadas de los bosques montanos del noroccidente de Pichincha.

### Media de Germinación Relativa

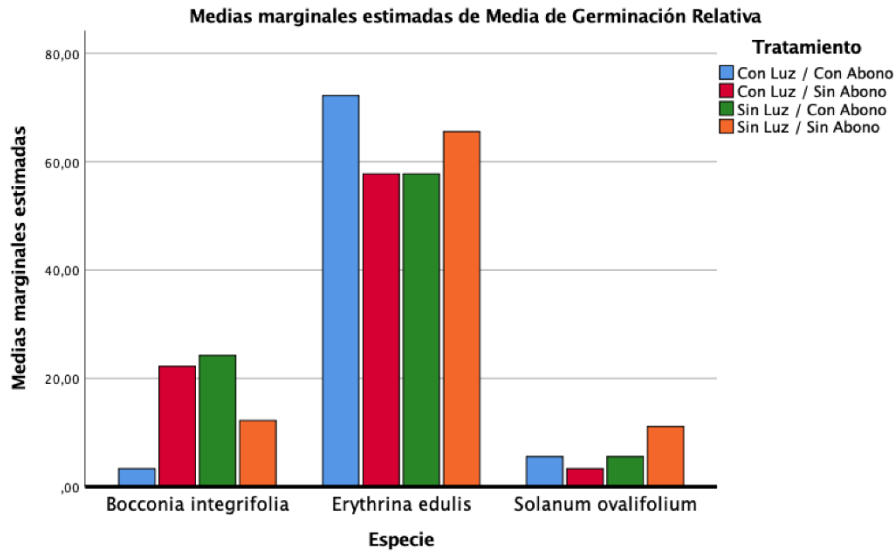


Figura 1. Medias marginales estimadas de la media de germinación relativa para cada especie bajo los cuatro tratamientos

Fuente SPSS. Elaboración propia

Tabla 4

#### Germinación relativa de *Bocconia integrifolia*

Especie	Tratamiento	G. R. 1 (%)	G. R. 2 (%)	G. R. 3 (%)	Media G. R. (%)
<i>Bocconia integrifolia</i>	T1 = Con luz/sin abono	3,33	26,67	36,67	22,22
<i>Bocconia integrifolia</i>	T2 = Con luz/con abono	3,33	3,33	3,33	3,33
<i>Bocconia integrifolia</i>	T3 = Sin luz/sin abono	0	3,33	33,33	12,22
<i>Bocconia integrifolia</i>	T4 = Sin luz/con abono	0	10	63,33	24,44

Fuente y elaboración propias

Germinación relativa de la especie *Bocconia integrifolia*, para cada toma de datos.

GR= Germinación relativa; T= Tratamiento

Tabla 5

#### Germinación relativa de *Erythrina edulis*

Especie	Tratamiento	G. R. 1 (%)	G. R. 2 (%)	G. R. 3 (%)	Media G. R. (%)
<i>Erythrina edulis</i>	T1 = Con luz/sin abono	46,67	63,33	63,33	57,77
<i>Erythrina edulis</i>	T2 = Con luz/con abono	50	80	86,67	72,22
<i>Erythrina edulis</i>	T3 = Sin luz/sin abono	3,33	93,33	100	65,55
<i>Erythrina edulis</i>	T4 = Sin luz/con abono	0	80	93,33	57,77

Fuente y elaboración propias

Germinación relativa de la especie *E. edulis*, para cada toma de datos

GR= Germinación relativa; T= Tratamiento

Tabla 6  
Germinación relativa de *Solanum ovalifolium*

Especie	Tratamiento	G. R. 1 (%)	G. R. 2 (%)	G. R. 3 (%)	Media G. R. (%)
<i>Solanum ovalifolium</i>	T1 = Con luz/sin abono	0	0	10	3,33
<i>Solanum ovalifolium</i>	T2 = Con luz/con abono	0	3,33	13,33	5,55
<i>Solanum ovalifolium</i>	T3 = Sin luz/sin abono	0	3,33	30	11,11
<i>Solanum ovalifolium</i>	T4 = Sin luz/con abono	0	6,67	10	5,55

Fuente y elaboración propias

Germinación relativa de la especie *Solanum ovalifolium*, para cada toma de datos

GR= Germinación relativa; T= Tratamiento

## 6. Supervivencia

Se evaluó la supervivencia de las semillas hasta llegar al crecimiento de la planta, para ello se planteó la siguiente formula.

$$S = \% \frac{\# \text{ Plantas vivas}}{\# \text{ Semillas germinadas}} * 100$$

Tomando en cuenta que la supervivencia es igual a la diferencia entre el número de plantas vivas y el número de semillas germinadas, se obtuvo que *E. edulis* tiene los porcentajes más altos de supervivencia en todos los tratamientos (Figura 2). Sin embargo, es importante destacar el caso del tratamiento T1 en donde *E. edulis* alcanzó el 100% de sobrevivencia (Tabla 8), es decir, las 19 semillas que germinaron todas llegaron a ser plantas. De igual manera en el caso de *B. integrifolia* se tiene porcentajes importantes sobresaliendo T1 con el 81,82 %. Sin embargo, para T2 se registró el 0 % (Tabla 7) de sobrevivencia, dicho resultado se dio por la muerte de las plántulas antes del registro de los datos para supervivencia.

Por otro lado, para *S. ovalifolium* el nivel de supervivencia disminuyó significativamente puesto que solo las semillas que fueron sometidas al tratamiento T2 obtuvieron el 25 % de sobrevivencia, mientras que para los tratamientos T1, T3 y T4 (Tabla 9) se tuvo el 0 % de supervivencia. Esto pudo deberse a la necesidad que tiene dicha especie de algún tratamiento pregerminativo.

## Supervivencia

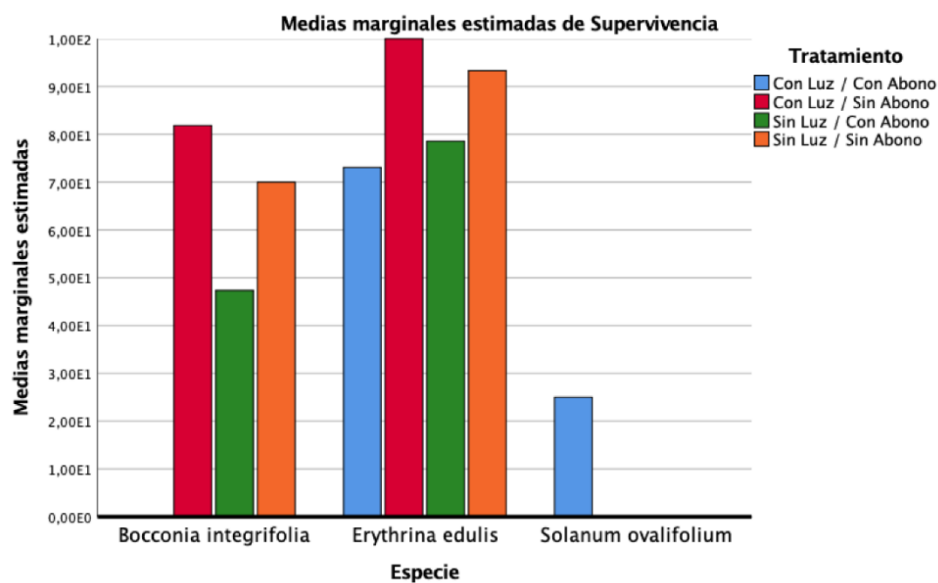


Figura 2. Medias marginales estimadas de supervivencia para cada especie bajo los cuatro tratamientos.

Fuente SPSS. Elaboración propia

Tabla 7

**Supervivencia de *Bocconia integrifolia***

Especie	Tratamiento	Supervivencia (%)
<i>Bocconia integrifolia</i>	T1 = Con luz/sin abono	81,82
<i>Bocconia integrifolia</i>	T2 = Con luz/con abono	0
<i>Bocconia integrifolia</i>	T3 = Sin luz/sin abono	70
<i>Bocconia integrifolia</i>	T4 = Sin luz/con abono	47,37

Fuente y elaboración propias

Porcentaje de supervivencia de la especie *B. integrifolia*, para cada tratamiento

Tabla 8

**Supervivencia de *Erythrina edulis***

Especie	Tratamiento	Supervivencia (%)
<i>Erythrina edulis</i>	T1 = Con luz/sin abono	100
<i>Erythrina edulis</i>	T2 = Con luz/con abono	73,08
<i>Erythrina edulis</i>	T3 = Sin luz/sin abono	93,33
<i>Erythrina edulis</i>	T4 = Sin luz/con abono	78,57

Fuente y elaboración propias

Porcentaje de supervivencia de la especie *E. edulis*, para cada tratamiento



Tabla 9  
Supervivencia de *Solanum ovalifolium*

Especie	Tratamiento	Supervivencia (%)
<i>Solanum ovalifolium</i>	T1 = Con luz/sin abono	0
<i>Solanum ovalifolium</i>	T2 = Con luz/con abono	25
<i>Solanum ovalifolium</i>	T3 = Sin luz/sin abono	0
<i>Solanum ovalifolium</i>	T4 = Sin luz/con abono	0

Fuente y elaboración propias

Porcentaje de supervivencia de la especie *S. ovalifolium*, para cada tratamiento

## 7. Tiempo promedio de germinación (días)

Consiste en la resistencia frente a la germinación (Gordon 1971), es decir es una medida del tiempo promedio de germinación que requiere la semilla para germinar.

$$T = \frac{\sum(n_i t_i)}{\sum n_i}$$

Donde

T = tiempo promedio de germinación

t<sub>i</sub> = número de días después de la siembra

n<sub>i</sub> = número de semillas germinadas el día i

Se evaluó el tiempo promedio de germinación de cada una de las especies germinadas (Figura 3). Teniendo para *B. integrifolia* un rango de 60 a 87,27 días (Tabla 10). Mientras que para *E. edulis* el tiempo promedio fue dado en un rango de 62,88 a 76,15 días (Tabla 11). Finalmente para *S. ovalifolium* la germinación se produjo en el tiempo promedio entre 78 a 90 días (Tabla 12). Los datos de las tres especies germinadas en este estudio fueron en un ecosistema a 1800 msnm en los bosques montanos del noroccidente de Pichicha, además las semillas propuestas en este estudio no fueron sometidas a un tratamiento pregerminativo, esto en relación a los datos de la tabla 1, que fueron datos para Colombia, obtenidos por Rodríguez, Peña y Plata en 1984, sobre el Tiempo óptimo y máximo de la germinación de las semillas, las mismas que fueron sometidas a tratamientos pregerminativos. El fin de esta comparación es para destacar que para los bosques montanos del noroccidente de Pichincha no existe información sobre

tasas de germinación y supervivencia de las especies escogidas, de manera que el aporte de esta investigación es generar conocimiento respecto a germinación y supervivencia.

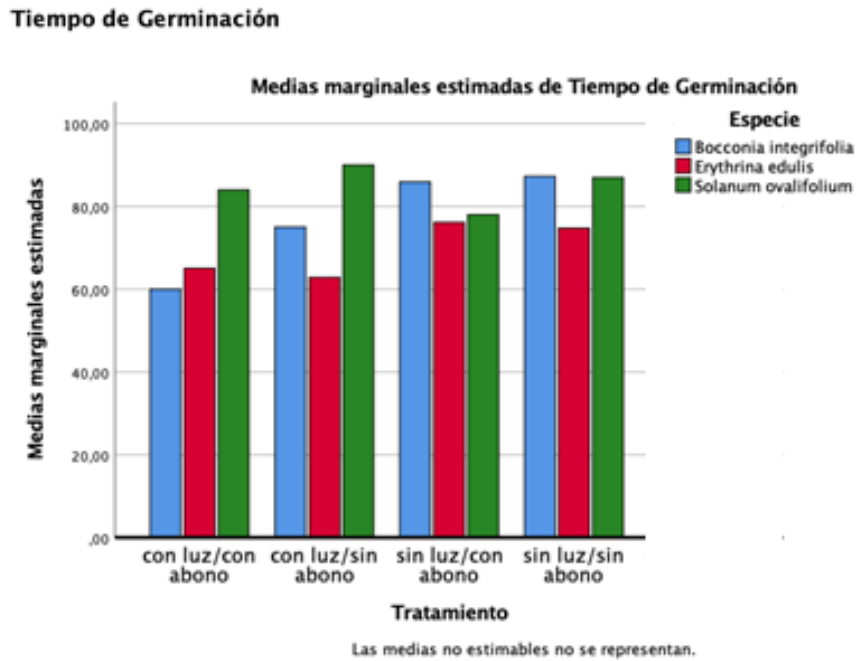


Figura 3. Medias marginales estimadas del tiempo de germinación para cada especie bajo los cuatro tratamientos

Fuente SPSS. Elaboración propia

Tabla 10

**Tiempo promedio de germinación de *Bocconia integrifolia***

Especie	Tratamiento	Tiempo promedio de germinación (días)
<i>Bocconia integrifolia</i>	T1 = Con luz/sin abono	75
<i>Bocconia integrifolia</i>	T2 = Con luz/con abono	60
<i>Bocconia integrifolia</i>	T3 = Sin luz/sin abono	87,27
<i>Bocconia integrifolia</i>	T4 = Sin luz/con abono	85,91

Fuente y elaboración propias

Tiempo promedio de germinación de la especie *B. integrifolia*, para cada tratamiento

Tabla 11

**Tiempo promedio de germinación de *Erythrina edulis***

<b>Especie</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Tiempo promedio de germinación (días)</b>
<i>Erythrina edulis</i>	T1 = Con luz/sin abono	62,88
<i>Erythrina edulis</i>	T2 = Con luz/con abono	65,08
<i>Erythrina edulis</i>	T3 = Sin luz/sin abono	74,75
<i>Erythrina edulis</i>	T4 = Sin luz/con abono	76,15

Fuente y elaboración propias

Tiempo promedio de germinación de la especie *E. edulis*, para cada tratamiento

Tabla 12

**Tiempo promedio de germinación de *Solanum ovalifolium***

<b>Especie</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Tiempo promedio de germinación (días)</b>
<i>Solanum ovalifolium</i>	T1 = Con luz/sin abono	90
<i>Solanum ovalifolium</i>	T2 = Con luz/con abono	84
<i>Solanum ovalifolium</i>	T3 = Sin luz/sin abono	87
<i>Solanum ovalifolium</i>	T4 = Sin luz/con abono	78

Fuente y elaboración propias

Tiempo promedio de germinación de la especie *S. ovalifolium*, para cada tratamiento

**8. Velocidad de germinación (semillas germinadas/días)**

Es la relación del número de semillas germinadas con el tiempo promedio de germinación (Maguire 1962).

$$M = \sum \left( \frac{n_i}{t} \right)$$

Donde

M = velocidad de germinación

$n_i$  = número de semillas germinadas el día i

t = tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla

Según los datos obtenidos (Tabla 13, 14 y 15) y (Figura 4) se puede observar que las semillas de la especie *E. edulis* mostraron una velocidad de germinación mayor con

respecto al tiempo desde el día de la siembra, y dependiendo de cada tratamiento hay una velocidad distinta: T1= 0,99; T2= 1,19; T3= 0,83 y T4= 0,71 semillas germinadas por día (Tabla 14). De la misma manera para el caso de *B. integrifolia* se tuvo una velocidad de germinación de: T1= 0,29; T2= 0,06; T3= 0,13 y T4= 0,26 semillas por día (Tabla 13). Mientras que la especie con menor velocidad de germinación fue *S. ovalifolium* con una velocidad de germinación de: T1= 0,06; T2= 0,03; T3= 0,12 y T4= 0,07 semillas germinadas por día (Tabla 15). Dichos resultados están posiblemente relacionados al de tiempo de germinación y a las condiciones ambientales actuales.

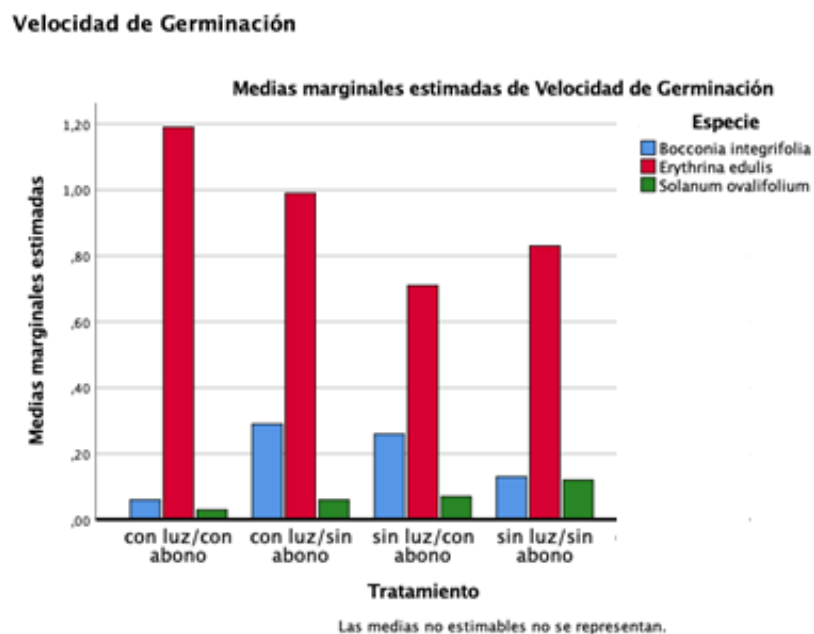


Figura 4. Medias marginales estimadas de velocidad de germinación para cada especie bajo los cuatro tratamientos.

Fuente SPSS. Elaboración propia.

Tabla 13

**Velocidad de germinación de *Bocconia integrifolia***

<b>Especie</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Velocidad de germinación (# semillas germinadas/día)</b>
<i>Bocconia integrifolia</i>	T1 = Con luz/sin abono	0,29
<i>Bocconia integrifolia</i>	T2 = Con luz/con abono	0,06
<i>Bocconia integrifolia</i>	T3 = Sin luz/sin abono	0,13
<i>Bocconia integrifolia</i>	T4 = Sin luz/con abono	0,26

Fuente y elaboración propias

Velocidad de germinación de la especie *B. integrifolia*, para cada tratamiento

Tabla 14

**Velocidad de germinación de *Erythrina edulis***

<b>Especie</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Velocidad de germinación (# semillas germinadas/día)</b>
<i>Erythrina edulis</i>	T1 = Con luz/sin abono	0,99
<i>Erythrina edulis</i>	T2 = Con luz/con abono	1,19
<i>Erythrina edulis</i>	T3 = Sin luz/sin abono	0,83
<i>Erythrina edulis</i>	T4 = Sin luz/con abono	0,71

Fuente y elaboración propias

Velocidad de germinación de la especie *E. edulis*, para cada tratamiento

Tabla 15

**Velocidad de germinación de *Solanum ovalifolium***

<b>Especie</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Velocidad de germinación (# semillas germinadas/día)</b>
<i>Solanum ovalifolium</i>	T1 = Con luz/sin abono	0,06
<i>Solanum ovalifolium</i>	T2 = Con luz/con abono	0,03
<i>Solanum ovalifolium</i>	T3 = Sin luz/sin abono	0,12
<i>Solanum ovalifolium</i>	T4 = Sin luz/con abono	0,07

Fuente y elaboración propias

Velocidad de germinación de la especie *S. ovalifolium*, para cada tratamiento

## 9. Análisis de varianza multifactor para Germinación Relativa y Supervivencia.

De los resultados obtenidos de la prueba ANOVA multifactor se tuvo una tabla de comparaciones múltiples para especie (Figura 5) en donde indica que *E. edulis* es el diferenciador de las tres especies que germinaron en el experimento, tanto en las pruebas de Tukey como DMS. *E. edulis* es la especie con mejor comportamiento de germinación relativa, pues tiene un p valor  $< 0,05$ . El efecto diferenciador de *E. edulis* es corroborado en la tabla de subconjuntos para germinación relativa (Figura 6) pues *Erythrina edulis* se ubica en un subconjunto diferente a las demás. En cuanto a supervivencia se puede observar que la interacción que existe entre *E. edulis* y *B. integrifolia* da un p valor de 0,121 para la prueba de Tukey, mientras que para la prueba de DMS el p valor es de 0,054 (Figura 5). Estos resultados sugieren que existe una ligera homogeneidad en supervivencia entre *E. edulis* y *B. integrifolia*, pues sus valores son apenas mayores al p valor  $< 0,05$ .

En cuanto al análisis de la prueba multifactor para tratamiento (Figura 7) tanto para germinación relativa como para supervivencia, no se observa un diferenciador, ya que en la tabla de comparaciones múltiples las interacciones entre tratamientos tienen un p valor mayor a 0,05. Situación similar se observa en la tabla de subconjuntos (Figura 8) en donde los cuatro tratamientos se ubican en un mismo subconjunto.

De acuerdo a lo anteriormente descrito se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se rechaza la hipótesis alterna ( $H_1$ ), ya que las interacciones entre tratamientos no tienen diferenciador entre ellos.

## Especie

## Comparaciones múltiples

Variable dependiente	(I) Especie	(J) Especie	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
						Límite inferior	Límite superior	
Media de Germinación Relativa	HSD Tukey	Bocconia integrifolia	Erythrina edulis	-47,8250*	5,05115	,000	-61,9278	-33,7222
			Solanum ovalifolium	9,1175	5,05115	,222	-4,9853	23,2203
		Erythrina edulis	Bocconia integrifolia	47,8250*	5,05115	,000	33,7222	61,9278
			Solanum ovalifolium	56,9425*	5,05115	,000	42,8397	71,0453
		Solanum ovalifolium	Bocconia integrifolia	-9,1175	5,05115	,222	-23,2203	4,9853
			Erythrina edulis	-56,9425*	5,05115	,000	-71,0453	-42,8397
	DMS	Bocconia integrifolia	Erythrina edulis	-47,8250*	5,05115	,000	-59,2515	-36,3985
			Solanum ovalifolium	9,1175	5,05115	,105	-2,3090	20,5440
		Erythrina edulis	Bocconia integrifolia	47,8250*	5,05115	,000	36,3985	59,2515
			Solanum ovalifolium	56,9425*	5,05115	,000	45,5160	68,3690
		Solanum ovalifolium	Bocconia integrifolia	-9,1175	5,05115	,105	-20,5440	2,3090
			Erythrina edulis	-56,9425*	5,05115	,000	-68,3690	-45,5160
Supervivencia	HSD Tukey	Bocconia integrifolia	Erythrina edulis	-36,4475	16,43106	,121	-82,3231	9,4281
			Solanum ovalifolium	43,5475	16,43106	,062	-2,3281	89,4231
		Erythrina edulis	Bocconia integrifolia	36,4475	16,43106	,121	-9,4281	82,3231
			Solanum ovalifolium	79,9950*	16,43106	,002	34,1194	125,8706
		Solanum ovalifolium	Bocconia integrifolia	-43,5475	16,43106	,062	-89,4231	2,3281
			Erythrina edulis	-79,9950*	16,43106	,002	-125,8706	-34,1194
	DMS	Bocconia integrifolia	Erythrina edulis	-36,4475	16,43106	,054	-73,6171	,7221
			Solanum ovalifolium	43,5475*	16,43106	,026	6,3779	80,7171
		Erythrina edulis	Bocconia integrifolia	36,4475	16,43106	,054	-,7221	73,6171
			Solanum ovalifolium	79,9950*	16,43106	,001	42,8254	117,1646
		Solanum ovalifolium	Bocconia integrifolia	-43,5475*	16,43106	,026	-80,7171	-6,3779
			Erythrina edulis	-79,9950*	16,43106	,001	-117,1646	-42,8254

Se basa en las medias observadas.  
El término de error es la media cuadrática(Error) = 539,959.

\*, La diferencia de medias es significativa en el nivel

Figura 5. Comparaciones múltiples de las interacciones entre especies, para Germinación relativa y Supervivencia, con sus respectivas significancias.  
Figura de SPSS. Elaboración propia

## Subconjuntos homogéneos

### Media de Germinación Relativa

HSD Tukey <sup>a,b</sup>	Especie	N	Subconjunto	
			1	2
	Solanum ovalifolium	4	6,3850	
	Bocconia integrifolia	4	15,5025	
	Erythrina edulis	4		63,3275
	Sig.		,222	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 51,028.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa =

### Supervivencia

HSD Tukey <sup>a,b</sup>	Especie	N	Subconjunto	
			1	2
	Solanum ovalifolium	4	6,2500	
	Bocconia integrifolia	4	49,7975	49,7975
	Erythrina edulis	4		86,2450
	Sig.		,062	,121

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 539,959.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa =

Figura 6. Pruebas de Subconjuntos homogéneos para especie (Germinación relativa y Supervivencia)  
Figura de SPSS. Elaboración propia



## Tratamiento

### Comparaciones múltiples

Variable dependiente	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
						Límite inferior	Límite superior	
Media de Germinación Relativa	HSD Tukey	Con Luz / Con Abono	Con Luz / Sin Abono	-,7400	25,70643	1,000	-83,0610	81,5810
			Sin Luz / Con Abono	-2,1533	25,70643	1,000	-84,4744	80,1677
			Sin Luz / Sin Abono	-2,5933	25,70643	1,000	-84,9144	79,7277
		Con Luz / Sin Abono	Con Luz / Con Abono	,7400	25,70643	1,000	-81,5810	83,0610
			Sin Luz / Con Abono	-1,4133	25,70643	1,000	-83,7344	80,9077
			Sin Luz / Sin Abono	-1,8533	25,70643	1,000	-84,1744	80,4677
		Sin Luz / Con Abono	Con Luz / Con Abono	2,1533	25,70643	1,000	-80,1677	84,4744
			Con Luz / Sin Abono	1,4133	25,70643	1,000	-80,9077	83,7344
			Sin Luz / Sin Abono	-,4400	25,70643	1,000	-82,7610	81,8810
		Sin Luz / Sin Abono	Con Luz / Con Abono	2,5933	25,70643	1,000	-79,7277	84,9144
			Con Luz / Sin Abono	1,8533	25,70643	1,000	-80,4677	84,1744
			Sin Luz / Con Abono	,4400	25,70643	1,000	-81,8810	82,7610
	DMS	Con Luz / Con Abono	Con Luz / Sin Abono	-,7400	25,70643	,978	-60,0191	58,5391
			Sin Luz / Con Abono	-2,1533	25,70643	,935	-61,4325	57,1258
			Sin Luz / Sin Abono	-2,5933	25,70643	,922	-61,8725	56,6858
		Con Luz / Sin Abono	Con Luz / Con Abono	,7400	25,70643	,978	-58,5391	60,0191
			Sin Luz / Con Abono	-1,4133	25,70643	,958	-60,6925	57,8658
			Sin Luz / Sin Abono	-1,8533	25,70643	,944	-61,1325	57,4258
		Sin Luz / Con Abono	Con Luz / Con Abono	2,1533	25,70643	,935	-57,1258	61,4325
			Con Luz / Sin Abono	1,4133	25,70643	,958	-57,8658	60,6925
			Sin Luz / Sin Abono	-,4400	25,70643	,987	-59,7191	58,8391
		Sin Luz / Sin Abono	Con Luz / Con Abono	2,5933	25,70643	,922	-56,6858	61,8725
			Con Luz / Sin Abono	1,8533	25,70643	,944	-57,4258	61,1325
			Sin Luz / Con Abono	,4400	25,70643	,987	-58,8391	59,7191
Supervivencia	HSD Tukey	Con Luz / Con Abono	Con Luz / Sin Abono	-27,9133	36,83589	,871	-145,8748	90,0481
			Sin Luz / Con Abono	-9,2867	36,83589	,994	-127,2481	108,6748
			Sin Luz / Sin Abono	-21,7500	36,83589	,932	-139,7115	96,2115
		Con Luz / Sin Abono	Con Luz / Con Abono	27,9133	36,83589	,871	-90,0481	145,8748
			Sin Luz / Con Abono	18,6267	36,83589	,955	-99,3348	136,5881
			Sin Luz / Sin Abono	6,1633	36,83589	,998	-111,7981	124,1248
		Sin Luz / Con Abono	Con Luz / Con Abono	9,2867	36,83589	,994	-108,6748	127,2481
			Con Luz / Sin Abono	-18,6267	36,83589	,955	-136,5881	99,3348
			Sin Luz / Sin Abono	-12,4633	36,83589	,986	-130,4248	105,4981
		Sin Luz / Sin Abono	Con Luz / Con Abono	21,7500	36,83589	,932	-96,2115	139,7115
			Con Luz / Sin Abono	-6,1633	36,83589	,998	-124,1248	111,7981
			Sin Luz / Con Abono	12,4633	36,83589	,986	-105,4981	130,4248
	DMS	Con Luz / Con Abono	Con Luz / Sin Abono	-27,9133	36,83589	,470	-112,8570	57,0304
			Sin Luz / Con Abono	-9,2867	36,83589	,807	-94,2304	75,6570
			Sin Luz / Sin Abono	-21,7500	36,83589	,571	-106,6937	63,1937
		Con Luz / Sin Abono	Con Luz / Con Abono	27,9133	36,83589	,470	-57,0304	112,8570
			Sin Luz / Con Abono	18,6267	36,83589	,627	-66,3170	103,5704
			Sin Luz / Sin Abono	6,1633	36,83589	,871	-78,7804	91,1070
		Sin Luz / Con Abono	Con Luz / Con Abono	9,2867	36,83589	,807	-75,6570	94,2304
			Con Luz / Sin Abono	-18,6267	36,83589	,627	-103,5704	66,3170
			Sin Luz / Sin Abono	-12,4633	36,83589	,744	-97,4070	72,4804
		Sin Luz / Sin Abono	Con Luz / Con Abono	21,7500	36,83589	,571	-63,1937	106,6937
			Con Luz / Sin Abono	-6,1633	36,83589	,871	-91,1070	78,7804
			Sin Luz / Con Abono	12,4633	36,83589	,744	-72,4804	97,4070

Se basa en las medias observadas.  
El término de error es la media cuadrática(Error) = 2035,324.

Figura 7. Comparaciones múltiples de las interacciones entre tratamientos, para Germinación relativa y Supervivencia, con sus respectivas significancias  
Figura de SPSS. Elaboración propia

## Subconjuntos homogéneos

### Media de Germinación Relativa

	Tratamiento	N	Subconjunto 1
HSD Tukey <sup>a,b</sup>	Con Luz / Con Abono	3	27,0333
	Con Luz / Sin Abono	3	27,7733
	Sin Luz / Con Abono	3	29,1867
	Sin Luz / Sin Abono	3	29,6267
	Sig.		1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 991,231.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

b. Alfa =

### Supervivencia

	Tratamiento	N	Subconjunto 1
HSD Tukey <sup>a,b</sup>	Con Luz / Con Abono	3	32,6933
	Sin Luz / Con Abono	3	41,9800
	Sin Luz / Sin Abono	3	54,4433
	Con Luz / Sin Abono	3	60,6067
	Sig.		,871

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 2035,324.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

b. Alfa =

Figura 8. Pruebas de Subconjuntos homogéneos para tratamiento (Germinación relativa y Supervivencia)

Figura de SPSS. Elaboración propia

## 10. Análisis del desarrollo de las semillas germinadas mediante el volumen

Para determinar el desarrollo de las especies estudiadas ya sea en vivero como en campo, se realizó una transformación de los datos de altura y diámetro (Anexo 3) de la plántula a volumen (V) (Pinto 2010), mediante la siguiente fórmula:

$$V = 0.785 * D^2 * h * fc$$

Donde

D = diámetro a cinco centímetros de la superficie (mm)

h = altura desde la base hasta la yema apical más alta

fc = factor de conicidad del fuste = 0,75 (75%)

0,785 = constante =  $\pi/4$

La gráfica de las medias marginales estimadas para volumen muestran que *E. edulis* tiene un mejor desarrollo en los cuatro tratamientos, en relación a *B. integrifolia* y *S. ovalifolium*. Esto corrobora que el diferenciador es la especie más no el tratamiento.

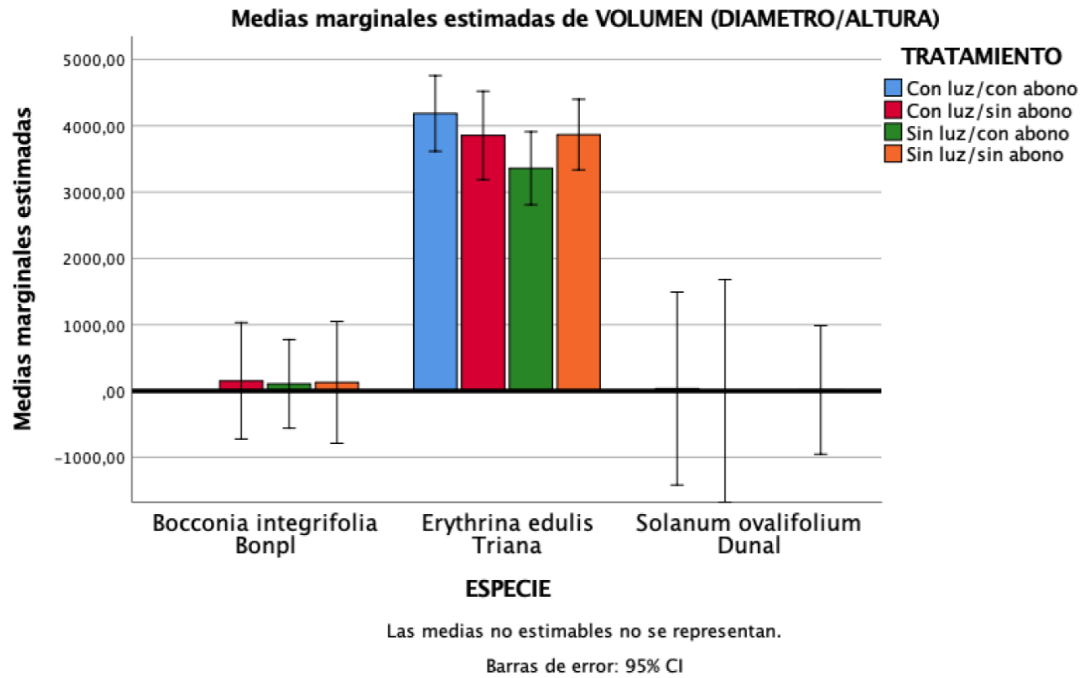


Figura 9. Medias marginales estimadas para volumen, desarrollo de las especies  
Figura de SPSS. Elaboración propia



## Discusión

De los resultados obtenidos en esta investigación, puedo decir que bajo condiciones normales sin necesidad de tratamientos pregerminativos las semillas dependiendo del tipo de especie tienen un porcentaje de éxito bastante apreciable. Similar situación pasó en la investigación desarrollada por Ramírez et al. (2012), quienes encontraron que solo una de las especies estudiadas (*Leucaena leucocephala*) por ellos necesitó de tratamientos pregerminativos, mientras que las otras dos especies (*Pithecellobium dulce*, *Ziziphus mauritiana*) que propusieron tuvieron un desarrollo homogéneo y rápido. En relación a mi estudio tres especies germinaron de las cinco que se propuso, las mismas que muestran un incremento exponencial. *E. edulis* es la especie con mayor porcentaje de germinación (72,22%, T2), seguido de *B. integrifolia* (24,44%, T4) y por último de *S. ovalifolium* (11,11%, T3). Para supervivencia *E. edulis* igualmente alcanzó el mayor porcentaje de supervivencia (100%, T1), seguida de *B. integrifolia* (81,82%, T1) y de *S. ovalifolium* (25%, T2). De acuerdo a estos datos, y sumados a características ecológicas y beneficios para los humanos, como lo indican Terán-Valdez A. et al. (2018), se identifica a *E. edulis* como especie potencial a ser usada en procesos de restauración. En cuanto a las especies que no germinaron en mi estudio *C. occidentalis* y *A. acuminata*, pudo deberse a la falta de tratamientos pregerminativos, al tipo de sustrato que se utilizó o tipo de siembra que se realizó. Asimismo, se puede decir que en ciertas especies vegetales no son determinantes las intervenciones pregerminativas. Ruano et al., (2018) y Pinto (2010) plantean varios tratamientos previos a la germinación y aunque obtienen resultados favorables, esto no se aplica para todas las especies analizadas. Ruano et al. (2018) llegan a tener hasta el 0% de germinación para una de las especies (*Viburnum triphyllum*) estudiadas en un ecosistema degradado. Mientras que en las especies analizadas por Pinto (2010) reflejan casos de porcentajes bajos, especialmente para especies del género *Erythrina* en donde sostiene que dichas semillas requieren de un proceso de escarificación con agua caliente para una mejor germinación. Sin embargo, en mi estudio con *E. edulis* no se realizó ningún tipo de tratamiento previo y fue la especie con mejores porcentajes tanto en germinación como en supervivencia. Esto quizá esté relacionado al tipo de colecta que se realizó, pues se obtuvo el fruto directamente del árbol parental, además, el árbol se encontraba en un claro de bosque, en donde según Viteri (1997) existe una mayor productividad estimada de frutos que en el sotobosque intacto e intervenido. Puede que al haber mayor productividad hay un stock más grande para elegir a las semillas con

características adecuadas, siguiendo los criterios propuestos por Ramírez et al (2012) un mayor tamaño, forma simétrica y de un color vistoso, y se descartan las semillas pequeñas y deformes.

La aparición de la semilla en el ciclo de vida de las plantas se dio lugar a un proceso único de adaptación excepcional, puesto que por medio de la semilla se garantiza la sobrevivencia de la planta progenitora en la siguiente generación, aun cuando las condiciones ambientales puedan ser desfavorables Mantilla (2008). Lo dicho por Mantilla (2008) también podría contradecir lo asegurado por Pammenter & Berjak (2000), quienes sostienen que las semillas han evolucionado en su fisiología para asegurar que la germinación se produzca únicamente cuando las condiciones ambientales sean las adecuadas de manera que las nuevas plántulas puedan establecerse y sobrevivir. No obstante, en mi investigación se observó que las semillas de la especie *E. edulis* y *B. integrifolia* pueden germinar y sobrevivir a condiciones adversas como en el tratamiento sometido a luz y sin abono (Tenorio-Galindo et al. 2008; Huerta y Rodríguez 2011). Sin embargo, considero que la disponibilidad de agua es un factor importante a la hora de la germinación, aspecto que comparto con la investigación de Pérez et al. (2005), quienes también observaron desecación en algunas semillas y sustratos.

En el caso de *A. acuminata* a pesar de tener similares características de germinación que *B. integrifolia* (Rodríguez, Peña y Plata 1984), no llegó a germinar, resultado que podría estar ligado al tipo de sustrato utilizado, método de colecta y método de siembra. Ospina et al. (2005) sugieren que para *A. acuminata* se debe colectar el fruto en época seca de árboles parentales lo suficientemente maduros de manera que contengan semillas de un tamaño adecuado y con suficiente poder germinativo; adicionalmente, el sustrato debe tener ciertos parámetros en cuanto a su composición.

Finalmente, es de gran importancia generar un vínculo entre la reserva, investigadores y comuneros de la mancomunidad del Chocó Andino ya que se podría generar conocimiento importante sobre la biología reproductiva y desarrollo de especies potenciales para restauración. Estos vínculos beneficiarían a todos los actores debido a las características ecológicas de las especies para restaurar ecosistemas alterados, y otros servicios que estas ofrecen como madera para construcción y muebles, combustible (leña), alimento, salud, cercas vivas, abono verde, ornamental y demás bondades.

## Conclusiones

Se considera a *E. edulis* como una especie potencial para ser utilizada en planes de restauración, puesto que presenta porcentajes de germinación relativa, supervivencia, tiempo de germinación y velocidad de germinación altos, lo cual es importante, pues un bosque regenerado podría tener mayor resiliencia frente a los impactos negativos asociados al cambio climático, además *E. edulis* muestra gran capacidad de resistencia frente a condiciones adversas como el grave problema de deforestación que sufren los bosques montanos del noroccidente de Pichincha. De igual manera, es una especie que tiene varias bondades para el ser humano y los animales, se la emplea como madera, abono, forraje, cercas vivas, ornamental, medicina para eliminar lombrices intestinales y afecciones nerviosas. Asimismo las semillas de *E. edulis* tienen un elevado valor nutricional debido a su contenido en proteínas, vitaminas y minerales, razón por la cual es considerado un excelente alimento para humanos y animales.

Es importante destacar que posiblemente las características ecológicas están jugando un papel considerable en la germinación, no obstante se piensa que no todas son determinantes. Estudios futuros deberían considerar analizar el papel que desempeñan las características ecológicas sobre la germinación de las semillas e identificar cuales son estas características.

Debido a que *E. edulis*, a pesar de tener un grupo funcional secundario, fue la especie que mejor desarrollo en germinación como en supervivencia, superando incluso a especies pioneras como *B. integrifolia* y *S. ovalifolium*. Es posible que las semillas de las especies de *B. integrifolia* y *S. ovalifolium* requieran de cuidados más específicos durante la germinación, específicamente en lo que se refiere a la provisión de agua, puesto que durante las observaciones se evidenció una importante desecación tanto en el sustrato como en las semillas. Aspecto que pudo ser fundamental para la germinación de dichas semillas, pese a esto se obtuvieron datos de germinación aunque no en su totalidad. De igual manera el experimento en estas especies ayudó a comprender una vez más que ciertas características ecológicas no son influyentes, puesto que al ser especies pioneras no se desarrollaron de mejor manera como lo ocurrido con *E. edulis*.

Finalmente, el aporte que da esta investigación es la generación de conocimiento valioso sobre las tasas de germinación y supervivencia de *E. edulis*, *B. integrifolia* y *S. ovalifolium* en áreas degradadas de los bosques montanos de noroccidente de Pichincha.

Estos datos eran desconocidos para las especies, las cuales no tuvieron intervención de tratamientos pregerminativos.



## Obras citadas

- Anderson, E.P., Marengo, J., Villalba, R., Halloy, S., Young, B., Cordero, D., Gast, F., Jaimes, E., Ruiz, D. 2011. "Consequences of climate change for ecosystems and ecosystem services in the tropical Andes". *Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE)*.
- Armenteras, D., Rodríguez, N., Retana, J. y Morales, M. 2011. "Understanding deforestation in montane and lowland forests of the Colombian Andes". *Regional Environmental Change* 11 (3) 693-705. Springer Science and Business Media LLC doi:10.1007/s10113-010-0200-y.
- Bates, B. C., Z. W. Kundzewicz, S. Wu, and J. Palutikof (Eds.) 2008. "Climate Change and Water: Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change". *IPCC Secr.* Geneva 210.
- Begon, M., C. Townsend & J. Harper. 2006. "Ecology: From Individuals to Ecosystems". *Wiley-Blackwell*.
- Blakesley, D., Elliot, S., Kuarak, C., Navakitbumrung, P., Zangkum, S. & Anunsarnsunthorn, V. 2002. "Propagating framework tree species to restore seasonally dry tropical forest: implications of seasonal seed dispersal and dormancy". *Forest Ecology and Management* 164 (1-3) 31-38 doi:10.1016/s0378-1127(01)00609-0.
- Block, W., Franklin, A., Ward, J., Ganey, J. and White, G. 2001. "Design and Implementation of Monitoring Studies to Evaluate the Success of Ecological Restoration on Wildlife". *Restoration Ecology* 9 (3) 293-303.
- Bruijnzeel, L., Mulligan, M. and Scatena, F. 2011. "Hydrometeorology of tropical montane cloud forests: emerging patterns". *Hydrological Processes* 25 (3) 465-98.
- Bradley, R. S. 2006. "Climate Change: Threats to Water Supplies in the Tropical Andes". *Science* 312 (5781) 1755-6 doi:10.1126/science.1128087.

- Bubb, P., May, I., Miles, L., and Sayer, J. 2004. "Cloud forest Agenda". *UNEP-WCMC*. Cambridge, UK.
- Bush M. B., Silman, M.R., McMichael, C. and Saatchi, S. (2009). "Fire, climate change and biodiversity in Amazonia: a Late-Holocene perspective". *Phil. Trans. R. Soc* 363: 1795-1802
- Burneo, Santiago. "Megadiversidad (Dossier)". 2009. *En: Letras verdes*. FLACSO Ecuador 6-7. ISSN: 1390-4280
- Buytaert, W. & De Bièvre, B. 2012. "Water for cities: The impact of climate change and demographic growth in the tropical Andes". *Water Resources Research* 48 (8) doi:10.1029/2011wr011755.
- Chazdon, R. L., S. G. Letcher, M. v. Breuge, M. Martínez-Ramos, F. Bongers & B. Finegan. 2007. "Tasas de cambio en las comunidades arbóreas de los bosques neotropicales secundarios después de grandes perturbaciones". *Transacciones filosóficas de la Royal Society B: Biological Sciences* 362 (1478) 273-289 doi: 10.1098 / rstb.2006.1990.
- Chazdon R. L. 2008. "Chance and Determinism in Tropical Forest Succession". 384–408 en W.P. Carson & S.A. Schnitzer (eds.) *Tropical Forest Community Ecology*. United Kingdom: Blackwell Publishing.
- Chazdon R. L. et al. 2016. "Carbon sequestration potential of second-growth forest regeneration in the Latin American tropics" *Science*. 10 doi: 10.1126/sciadv.1501639.
- Cramer, W., Bondeau, A., Schaphoff, S., Lucht, W., Smith, B. & Stich, S. 2004. "Tropical forests and the global carbon cycle: impacts of atmospheric carbon dioxide, climate change and rate of deforestation". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 359 (1443) 331-43 doi:10.1098/rstb.2003.1428.
- Cuesta F., M. Peralvo & N. Valarezo. 2009. "Los bosques montanos de los Andes Tropicales". Quito, Lima, La Paz: Programa Regional Ecobona-Intercooperation, Agencia Suiza para la cooperación y el desarrollo (COSUDE).

- Cuesta, F., Bustamante, M., Becerra, M.T., Postigo, J. 2012. “Panorama Andino de cambio climático: Vulnerabilidad y Adaptación en los Andes Tropicales”. CONDESAN, SGCAN, Lima.
- Duarte, N.; Cuesta, F.; Arcos, I. 2018 Selección y establecimiento de estrategias y prácticas de restauración. En: Proaño, R.; Duarte, N.; Cuesta, F. (Eds.). 2018. Guía para la restauración de bosques montanos tropicales. CONDESAN. Quito-Ecuador.
- EC. Censo Nacional de Empleo Desempleo y Subempleo (ENEMDU). Pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas Instituto Nacional de Estadística y Censo. 2010.
- EC. Ministerio del Ambiente. 2016. Primer Informe Bienal de Actualización del Ecuador. Quito. 202.
- EC. Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2013. Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.
- Finegan B. 1984. “Forest succession”. *Nature* 312: 109–14.
- . 1996 “Pattern and process neotropical secondary the first 100 years of succession”. *Trends in Ecology & Evolution* 11 (3) 119–24.
- Fundación Jatun Sacha. 2013 “Levantamiento de información estratégica para la sostenibilidad financiera del nodo noroccidente, bioregión chocó ecuatoriano”. *Plan de Manejo Ambiental*. Ministerio de Ambiente.
- García-Moreno, J., Arctander, P. y Fjeldså, J. 1999. “Strong Diversification at the Treeline among Metallura Hummingbirds”. *The Auk* 116: 702-711.
- Gordon, A.C. 1971. “The germination resistance test a new test for measuring germination quality of cereals”. *Canadian Journal of Plant Science* 51: 181 - 83.
- Gradstein, S.R., J. Homeier & D. Gansert. 2008. “The tropical mountain forest: patterns and process in a biodiversity hot-spot”. *Universitätsverlag Göttingen*. Göttingen.
- Haddad, Nick M. et al. 2015. “Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth’s ecosystems”. *Science Advances* 1 (2) doi:10.1126/sciadv.1500052.

- Hubbell, S. P. et al. 2008. "How many tree species are there in the Amazon and how many of them will go extinct?" *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105: 11498-504. doi:10.1073/pnas.0801915105.
- Huerta-Paniagua, Rubén & Rodríguez-Trejo, Dante Arturo. 2011. "Efecto del tamaño de semilla y la temperatura en la germinación *Quercus rugosa* Née". *Chapingo* 17 (2) 179-87. doi:10.5154/r.rchscfa.2010.08.053.
- Jarvis A., M. Mulligan. 2011. "The climate of cloud forests". *Hydrological Processes* 25: 327–343.
- Jørgensen P. M., C. Ulloa Ulloa, B. León, S. León-Yáñez, S. G. Beck, M. Nee, J. L. Zarucchi, M. Celis, R. Bernal & R. Gradstein. 2011. "Regional Patterns of Vascular Plant Diversity and Endemism". 192–203 [https://www.academia.edu/11570739/Regional\\_Patterns\\_of\\_Vascular\\_Plant\\_Diversity\\_and\\_Endemism](https://www.academia.edu/11570739/Regional_Patterns_of_Vascular_Plant_Diversity_and_Endemism). en S. K. Herzog R. Mart% C3% ADnez P. M. J% C 3%B8rgensen and H. Tiessen eds. . [Impactos del cambio clim% C3% A1tico en la biodiversidad de los Andes Tropicales una evaluaci% C3% B3n del conocimiento cient% C3% ADfico actual](#).
- Jurgensen, M.F., Harrey, A.E., Graham, R.T., Page Dum Roese, D.S., Tann, J.R., Larsen, M.J., Jain, T.B. 1996. "Impacts of timber harvesting on soil organic matter, nitrogen productivity and health of Inland Northwest forests". *Forest Science* 43: 234-240.
- Josse, C., Cuesta, F., Navarro, G., Barrena, V., Cabrera, E., Chacón-Moreno, E., Ferreira, W. Peralvo, M., Saito, J. y Tovar, A. (2009). "Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela". Secretaria General de la Comunidad Andina, Programa Regional ECOBONA-Intercooperation, CONDESAN-Proyecto Páramo Andino, Programa BioAndes, EcoCiencia, NatureServe, IAvH.
- Laurance, William F. 2004. "Forest-climate interactions in fragmented tropical landscapes". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 359 (1443) 345-52 doi:10.1098/rstb.2003.1430.
- Kennedy, A.C., Papendick, R.I. 1995. "Microbial characteristics of soil quality". *Journal of Soil and Water Conservation* 243-48.

- Körner C. 2012. "Alpine treelines: functional ecology of the global high elevation tree limits. Basel". *Springer Science and Business Media*.
- Mahecha, G. et al. 2004. "Vegetación del Territorio CAR: 450 Especies de sus Llanuras y Montañas". *Panamaericana Formas e Impresos, S.A.*
- Malhi, Y., J. T. Roberts, R. A. Betts, T. J. Killeen, W. Li, and C. A. Nobre. "Climate Change, Deforestation, and the fate of The Amazon". 2008. *Science* 319, 5860: 169-72. doi:10.1126/science.1146961.
- Mantilla Angel Jesús. 2008. "Desarrollo y germinación de las semillas". *Universidad Santiago de Compostela*. <https://www.researchgate.net/publication/271512205>.
- Maguire J.D. 1962. "Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor". *Crop Science*. 2: 176-177
- Martin, D., & Chambers, J. 2002. "Restoration of riparian meadows degraded by livestock grazing: above and belowground responses". *Plant Ecology* 163: 77–91.
- Homeier, J., S.-W. Breckle, S. Günter, R. T. Rollenbeck & C. Leuschner. 2010. "Tree Diversity, Forest Structure and Productivity along Altitudinal and Topographical Gradients in a Species-Rich Ecuadorian Montane Rain Forest". *Biotropica* 42 (2) 140-48 doi:10.1111/j.1744-7429.2009.00547.x.
- MacArthur, R.H. y Wilson, E. O. 1967. "The theory of island biogeography". *Princeton University Press*, Princeton (New Jersey) USA.
- MECN. 2009. "Ecosistemas del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)". *Publicación Miscelánea*, 6. Serie de Publicaciones del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN) - Fondo Ambiental del MDMQ. 1 – 51.
- Meli, P. 2003. "Restauración ecológica de bosques tropicales. Veinte años de investigación académica". *Interciencia* 28 (10) 581-89.
- Mittermeier, R. A., P. Robles-Gil y C. G.Mittermeier. 1997. "Megadiversity. Earth's biologically wealthiest nations". Washington, EE.UU. Conservation International y Cemex S.A.

- Molina, Mario; Sarukhán, José & Carabias, Julia. 2017. “El cambio climático”. Distrito Federal: FCE - Fondo de Cultura Económica.
- Morales-Mite MA. 2013. “Herpetofauna en áreas prioritarias para la conservación”. El sistema de reservas Jocotoco y Ecominga, Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales Quito.
- Moran, E. F., E. S. Brondizio, J. M. Tucker, M. C. da Silva-Forsberg, S. McCracken & I. Falesi. 2000. “Effects of soil fertility and land-use on forest succession in Amazônia”. *Forest Ecology and Management* 139 (1-3) 93-108 doi:10.1016/s0378-1127(99)00337-0.
- Moser G., C. Leuschner, D. Hertel, S. Graefe, N. Soethe, & S. Iost. 2011. “Elevation effects on the carbon budget of tropical mountain forests (S Ecuador): the role of the belowground compartment”. *Global Change Biology* 17 (6) 2211-26 doi:10.1111/j.1365-2486.2010.02367.x.
- Mogrovejo, K. R., Márquez G. V. 2017. “La restauración de bosques andinos y sus vínculos con el agua”. Orientaciones para una comunidad campesina de Apuríma. Programa de Bosques Andinos. 23.
- Mulligan, M. 2010. “Modeling the tropics-wide extent and distribution of cloud forest and cloud forest loss, with implications for conservation priority”. En L. Bruijnzeel, F. Scatena, & L. Hamilton (Eds.), *Tropical Montane Cloud Forests: Science for Conservation and Management* (International Hydrology Series). 14-38. Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511778384.004
- Ospina, C., M., Henández R., J., Gómez, D., E., Godoy J., A., Aristizábal F., A., Patiño J., N., Medina J., A. 2005. Guías silviculturales para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina de Colombia
- Paladines A. 2005. “Los recursos no renovables del Ecuador: base para la planificación y ordenamiento”. *Editorial Universitaria*, Quito.
- Pammenter, N. W. & Berjak, Patricia. 2000. “Some thoughts on the evolution and ecology of recalcitrant seeds”. *Plant Species Biology* 15 (2): 153-156. Wiley. doi:10.1046/j.1442-1984.2000.00035.x.

- Pan, Y., R. A. Birdsey, J. Fang, R. Houghton, P. E. Kauppi, W. A. Kurz, and O. L. Phillips et al. 2011. "A Large And Persistent Carbon Sink In The World's Forests". *Science* 333 (6045): 988-93. doi:10.1126/science.1201609.
- Pennington, R.T., Lavin, M., Särkinen, T., Lewis, G.P., Klitgaard, B.B., Hughes, C.E. 2010. "Contrasting plant diversification histories within the Andean biodiversity hotspot". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107 (31): 13783-87 doi:10.1073/pnas.1001317107.
- Pinto Esteban. "Ensayos de Germinación y Trasplantes experimentales en doce especies nativas del pie de monte Amazónico". Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica de Ecuador, Quito, 2010.
- Pinto E., Pérez A.J., Ulloa Ulloa C., Cuesta F. *Árboles representativos de los bosques montanos del noroccidente de Pichincha, Ecuador*. CONDESAN, Quito, Ecuador, 2018.
- Pita Villamil, José manuel & Pérez García, Félix. 1998. "Germinación de semillas". *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Madrid.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial parroquia Nanegalito 2015-2019. [http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/1768121170001\\_PDOT%20APROBADO%20GAD%20NANEGALITO%202015-2019\\_30-10-2015\\_23-59-09.pdf](http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1768121170001_PDOT%20APROBADO%20GAD%20NANEGALITO%202015-2019_30-10-2015_23-59-09.pdf)
- Poorter L. 2016. "Biomass resilience of Neotropical secondary forests". *Nature*, 530(7589). 211-14.
- Proaño, R.; Duarte, N. 2018. "Planificación para la implementación de prácticas de restauración a escala local". En: Proaño, R.; Duarte, N.; Cuesta, F.; Maldonado, G. (Eds.). 2018. *Guía para la restauración de bosques montanos tropicales*. CONDESAN. Quito-Ecuador.
- Ramírez, M., Hallely Suárez, Marines Regino, Brigida Caraballo y D. E. García. 2012. "Respuesta a tratamientos pregerminativos y caracterización morfológica de plántulas de *Leucaena leucocephala*, *Pithecellobium dulce* y *Ziziphus mauritiana*". *Pastos y Forrajes* 35, 1, 29-42.

- Rodríguez, J., Peña J., Plata E. Flora de Los Andes “Cien especies del Altiplano Cundi-Boyacense”. Colombia, 1984.
- Ruano, M. Pinto, E. Terán, A. “Evaluación de tasas de germinación y supervivencia de cuatro especies vegetales nativas altoandinas en vivero y en un área degradada en la provincia del Carchi”. Tesis de grado, *Universidad Técnica del Norte*, Carchi, Ecuador, 2018.
- Shukla, J., Nobre, C. & Sellers, P. 1990. “Amazon Deforestation and Climate Change”. *Science* 247: 1322-25.
- Sierra, R. (ed.). 1999. “Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental”. *Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia*. Quito, Ecuador.
- Still, C. J., P. N. Foster, and S. H. Schneider. 1999. “Simulating the effects of climate change on tropical montane cloud forests”. *Nature*. 398: 608-10.
- Tenorio-Galindo, D., A. Rodríguez-Trejo, y G. López-Ríos. 2008. “Efecto del tamaño y color de la semilla en la germinación de *Cecropia obtusifolia* Bertol (Cecropiaceae)”. *Agrociencia* 42: 585-93.
- Terán-Valdez A.; Duarte, N.; Pérez, A.; Cuesta, F.; Pinto, E. 2018. “Selección de especies potenciales para la restauración”. En: Proaño, R.; Duarte, N.; Cuesta, F.; Maldonado, G. (Eds.). 2018. Guía para la restauración de bosques montanos tropicales. CONDESAN. Quito-Ecuador.
- Tirira, Diego. *Guía de campo de los mamíferos del Ecuador*. Ediciones Murciélagos Blanco. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 6. Quito, 576, 2007.
- Valencia, R., C. Cerón, W. Palacios y R. Sierra. 1999. “Las Formaciones Naturales de la Sierra del Ecuador”. En: Sierra, R. (Ed.). Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador. 79-108.



- Valencia, R.N. Pitman, S. León-Yáñez & P.M. Jorgensen. 2000. "Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador 2000". *Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador*, Quito. 489.
- Viteri X. 1997. "Impacto de diferentes formas de manejo sobre la productividad de frutos del porotón (Fabaceae: *Erythrina edulis*) en el Bosque Protegido Sierrazul, zona de amortiguamiento de la reserva ecológica Cayambe-Coca, Napo, Ecuador". *EcoCiencia*. Quito. 347-60.
- Young, Kenneth R., Carmen Ulloa Ulloa, James L. Luteyn, and Sandra Knapp. 2002. "Plant Evolution and Endemism in Andean South America: An Introduction". *The Botanical Review* 68, 1: 4-21.



## Anexos

**Anexo 1: Características ecológicas de las especies estudiadas**

Nombre científico	Nombre común	Distribución	Ecología					Usos				
			Grupo funcional	Atracción dispersores y polinizadores	Facilitadores	Fijación de nitrógeno	Madera	Medicina	Alimento	Leña		
<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	1500 - 4000	Pionera		X	X		X				X
<i>Bocconia integrifolia</i>	Pucunero	500 - 3500	Pionera	X	X				X			
<i>Critoniopsis occidentalis</i>	Juan negro	1000 - 2500	Pionera		X			X				X
<i>Erythrina edulis</i>	Poroto	1000 - 3000	Secundaria temprana	X			X	X	X	X		
<i>Solanum ovalifolium</i>	Tomatillo	500 - 3000	Pionera	X	X			X	X	X		X

**Anexo 2: Variables calculadas de las especies germinadas**

Germinación relativa, Supervivencia, Tiempo de germinación y Velocidad de germinación.

Especie	Tratamiento	Media de Germinación Relativa	Supervivencia	Tiempo de Germinación	Velocidad de Germinación
<i>Bocconia integrifolia</i>	con luz/sin abono	22,22	81,82	75	0,29
<i>Bocconia integrifolia</i>	con luz/con abono	3,33	0	60	0,06
<i>Bocconia integrifolia</i>	sin luz/sin abono	12,22	70	87,27	0,13
<i>Bocconia integrifolia</i>	sin luz/con abono	24,24	47,37	85,91	0,26
<i>Erythrina edulis</i>	con luz/sin abono	57,77	100	62,88	0,99
<i>Erythrina edulis</i>	con luz/con abono	72,22	73,08	65,08	1,19
<i>Erythrina edulis</i>	sin luz/sin abono	65,55	93,33	74,75	0,83
<i>Erythrina edulis</i>	sin luz/con abono	57,77	78,57	76,15	0,71
<i>Solanum ovalifolium</i>	con luz/sin abono	3,33	0	90	0,06
<i>Solanum ovalifolium</i>	con luz/con abono	5,55	25	84	0,03
<i>Solanum ovalifolium</i>	sin luz/sin abono	11,11	0	87	0,12
<i>Solanum ovalifolium</i>	sin luz/con abono	5,55	0	78	0,07

**Anexo 3: Volumen de las especies germinadas**

Sc	Especie	Tratamiento	Volumen (diámetro/altura)
1	<i>Bocconia integrifolia</i>	Con luz/sin abono	89,48
2	<i>Bocconia integrifolia</i>	Con luz/sin abono	403,63
3	<i>Bocconia integrifolia</i>	Con luz/sin abono	181,35
7	<i>Bocconia integrifolia</i>	Con luz/sin abono	205,17
8	<i>Bocconia integrifolia</i>	Con luz/sin abono	136,04
11	<i>Bocconia integrifolia</i>	Con luz/sin abono	86,23
12	<i>Bocconia integrifolia</i>	Con luz/sin abono	76,32
13	<i>Bocconia integrifolia</i>	Con luz/sin abono	125,16
18	<i>Bocconia integrifolia</i>	Con luz/sin abono	42,31
19	<i>Bocconia integrifolia</i>	Con luz/sin abono	98,14
29	<i>Bocconia integrifolia</i>	Con luz/sin abono	248,67
1	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/sin abono	46,86
2	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/sin abono	149,5
8	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/sin abono	43,92
11	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/sin abono	128,23
12	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/sin abono	92,11
14	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/sin abono	166,17
17	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/sin abono	291,86
20	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/sin abono	91,88
25	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/sin abono	206,88
26	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/sin abono	72,7
3	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/con abono	84,63
5	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/con abono	161,57
7	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/con abono	38,93
8	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/con abono	38,84

10	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/con abono	101,21
12	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/con abono	214,27
13	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/con abono	36,05
16	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/con abono	31,92
17	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/con abono	57,93
18	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/con abono	29,71
20	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/con abono	36,48
22	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/con abono	31,84
23	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/con abono	390,96
24	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/con abono	71,21
26	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/con abono	65,64
27	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/con abono	283,82
28	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/con abono	147,87
29	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/con abono	117,98
30	<i>Bocconia integrifolia</i>	Sin luz/con abono	100,73
2	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	5179,47
3	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	3942
5	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	1049,23
6	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	8785,54
8	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	3464,25
9	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	6366,72
11	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	2400,64
12	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	1687,8
13	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	8150,84
14	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	11696,16
15	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	2659,94
16	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	2207,98
17	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	5032,74
18	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	2862,14
19	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	3527,38
20	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	3868,14
21	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	2917,09
22	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	4537,36
23	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	4199,11
24	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	1794,44
25	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	5052,99
26	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	751,96
27	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	5119,01
28	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	3904,22

29	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	670,7
30	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/con abono	7020,31
3	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/sin abono	1336,23
4	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/sin abono	2522,71
6	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/sin abono	4407,72
7	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/sin abono	2111,44
8	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/sin abono	5279,57
10	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/sin abono	6005,84
11	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/sin abono	3917,52
12	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/sin abono	3416,06
14	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/sin abono	2754,04
16	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/sin abono	5517,31
17	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/sin abono	2666,46
18	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/sin abono	2878,59
19	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/sin abono	3707,27
20	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/sin abono	4068,25
22	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/sin abono	4374,26
24	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/sin abono	4796,97
25	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/sin abono	5692,25
28	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/sin abono	4064,62
30	<i>Erythrina edulis</i>	Con luz/sin abono	3718,85
1	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	4813,29
2	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	7083,48
3	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	5871,48
4	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	2383,89
5	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	4565,11
6	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	3363,39
7	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	3511,01
8	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	1442,58
9	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	2685,31
10	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	3048,08
11	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	1184,59
12	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	1704,16
13	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	5191,41
14	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	2851,54
15	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	5511,58
16	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	4287,7
17	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	4750,3
18	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	2378,61

19	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	6951,2
20	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	4744,12
21	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	4078,68
22	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	2114,32
23	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	2939,04
24	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	4041,83
25	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	5040,94
26	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	7153,31
27	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	4077,71
28	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	3294,08
29	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	2702,7
30	<i>Erythrina edulis</i>	Sin abono/sin luz	2255,6
1	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	1643,05
2	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	3446,88
3	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	2383,89
4	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	2963,4
5	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	4773,71
7	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	5948,66
8	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	6352,01
9	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	2450,11
10	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	2785,01
12	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	2900,54
13	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	2282,1
14	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	1540,09
15	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	3290,52
16	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	4317,27
17	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	1537,51
18	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	4086,03
19	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	3019,12
20	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	4589,29
21	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	4635,35
22	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	3385,32
23	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	3684,7
24	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	2516,05
25	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	2911,08
26	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	1850,55
27	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	2660,21
28	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	4471,37
29	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	5460,43

30	<i>Erythrina edulis</i>	Con abono/sin luz	2206,72
2	<i>Solanum ovalifolium</i>	Con luz/con abono	80,07
6	<i>Solanum ovalifolium</i>	Con luz/con abono	25,84
7	<i>Solanum ovalifolium</i>	Con luz/con abono	26,85
8	<i>Solanum ovalifolium</i>	Con luz/con abono	14,54
11	<i>Solanum ovalifolium</i>	Con luz/sin abono	2,83
15	<i>Solanum ovalifolium</i>	Con luz/sin abono	2,94
16	<i>Solanum ovalifolium</i>	Con luz/sin abono	4,27
5	<i>Solanum ovalifolium</i>	Sin luz/sin abono	17,53
9	<i>Solanum ovalifolium</i>	Sin luz/sin abono	9,01
11	<i>Solanum ovalifolium</i>	Sin luz/sin abono	8,58
13	<i>Solanum ovalifolium</i>	Sin luz/sin abono	10,6
14	<i>Solanum ovalifolium</i>	Sin luz/sin abono	11,02
21	<i>Solanum ovalifolium</i>	Sin luz/sin abono	12,82
22	<i>Solanum ovalifolium</i>	Sin luz/sin abono	27,22
23	<i>Solanum ovalifolium</i>	Sin luz/sin abono	9,19
27	<i>Solanum ovalifolium</i>	Sin luz/sin abono	29,36



**Anexo 4: Marcado de árboles parentales para identificación**

**Anexo 5: Frutos y semillas de las cinco especies a estudiar**



*Alnus acuminata*



*Critoniopsis occidentalis*



*Bocconia integrifolia*



*Erythrina edulis*



*Solanum ovalifolium*

**Anexo 6: Vivero y área abierta con fundas sembradas, bajo los tratamientos T1 (con luz/sin abono), T2 (con luz/con abono), T3 (sin luz/sin abono) y T4 (sin luz/con abono)**



**Anexo 7: Control y limpieza de la maleza**





**Anexo 8: Etapas de desarrollo de una de las semillas estudiadas (*Bocconia integrifolia*)**



**Anexo 9: Desarrollo y registro de datos de la plántula de *Erythrina edulis***





**Anexo 10: Desarrollo y registro de datos de la plántula de *Bocconia integrifolia***



**Anexo 11: Desarrollo y registro de datos de la plántula de *Solanum ovalifolium***

