



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
*La Universidad Católica de Loja*

**AREA BIOLÓGICA**

TITULACIÓN DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

**“Escenarios de cambio climático, capacidad germinativa de cuatro especies forestales en una gradiente altitudinal simulando un incremento de temperatura en el Corredor de Conectividad Podocarpus - Yacuambi”**

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

**AUTOR:** Luzuriaga Carpio, Ronny Xavier

**DIRECTOR:** Reyes Bueno, Fabián Rene, PhD.

LOJA-ECUADOR

2014

## **APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN**

Ingeniero. PhD

Fabián Rene Reyes Bueno

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACION**

De mi consideración:

Que el presente trabajo denominado “Escenarios de cambio climático, capacidad germinativa de cuatro especies forestales en una gradiente altitudinal simulando un incremento de temperatura en el Corredor de Conectividad Podocarpus - Yacuambi”, realizado por el profesional en formación: Luzuriaga Carpio Ronny Xavier, cumple con los requisitos establecidos en las normas generales para la Graduación en la Universidad Técnica Particular de Loja, tanto en el aspecto de forma como de contenido, por lo cual me permito autorizar su presentación para los fines pertinentes

Loja, Julio de 2014

f).....

Fabián Rene Reyes Bueno. PhD

Cédula:

**Director del trabajo de fin de titulación**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

"Yo, Ronny Xavier Luzuriaga Carpio declaro ser autor(a) del presente trabajo de fin de titulación: "Escenarios de cambio climático, capacidad germinativa de cuatro especies forestales en una gradiente altitudinal simulando un incremento de temperatura en el Corredor de Conectividad Podocarpus – Yacuambi" de la Titulación de Ingeniero en Gestión Ambiental siendo Fabián Rene Reyes Bueno director del presente trabajo: y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posible reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad"

f. ....

Autor: Luzuriaga Carpio Ronny Xavier

Cédula: 1104782881

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado a mis padres José Luis Luzuriaga y Gloria Carpio y hermanos: Diana, José, Jhomara, Linda y Lesly Luzuriaga quienes aunaron esfuerzos y me mostraron el camino para poder concluir de manera exitosa esta etapa de vida. A ustedes familia quienes arrimaron su hombro en los momentos difíciles y me condujeron y acompañaron en todo este pequeño recorrido llamado Universidad.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi agradecimiento y cariño a mi familia por su apoyo, a mis padres y hermanos, pedestales, en la construcción de ese futuro y anhelo que empezó hace cinco años y que concluye hoy.

Especial agradecimiento a Johanna Briceño, cómplice de los innumerables trabajos, de las largas noches, y de este sueño que gracias a Dios podemos concluir juntos.

A Ximena Palomeque creadora de este proyecto, mis agradecimientos por la paciencia y dirección en todo este proceso.

A la Cooperación Técnica Alemana. GIZ por el financiamiento. Y el apoyo brindado a través de Luis Arévalo, Santiago Silva, Marcos Romero y Andrés Verdezoto.

A Fabián Reyes quien supo guiar de forma adecuada y brindó soporte para la culminación de este trabajo.

Mis sinceros agradecimientos a: Sthepanie Bayancela, Yessenia Luzuriaga, Juan Pablo Ruiz, Pablo Ramírez, José Miguel Romero, Ramiro Morocho, Juan Manuel García, José Hoyos, Ana Milena Alonso, quienes pusieron su granito de arena en la realización de este trabajo.

## INDICE

CARATULA .....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
INDICE .....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE TABLAS .....	ix
INDICE DE RECUADROS.....	ix
RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPITULO I.....	5
1.1. Marco teórico.....	6
1.1.1. Germinación de semillas y cambio climático .....	6
1.1.2. Especies Forestales y Cambio Climático .....	6
1.1.3. Distribución de especies frente al cambio climático .....	7
1.1.4. Adaptación de especies al cambio climático .....	8
1.1.5. Resiliencia de especies al cambio climático.....	9
1.1.6. Vulnerabilidad de especies al cambio climático .....	10
1.1.7. Reforestación como estrategia de mitigación al cambio climático .....	11
1.1.8. Deforestación y fragmentación.....	12
1.1.9. Rol del Corredor de Conectividad Podocarpus Yacuambi.....	12
1.1.10. Calidad de semillas.....	13
CAPITULO II.....	16
2.1. Materiales y métodos.....	17
2.1.1. Ubicación del área de estudio .....	17
2.1.2. Selección de las especies y colección de semillas.....	18
2.1.3. Caracterización física de las semillas en base a las normas ISTA .....	19
2.1.4. Disposición de semilleros en una gradiente altitudinal .....	22
CAPITULO III.....	24
3.1. Resultados .....	25
3.1.1. Calidad de semillas en base a los normas ISTA .....	25

3.1.2. Efecto de la altitud y la procedencia sobre la capacidad germinativa de las cuatro especies forestales .....	28
3.2. Discusión.....	36
3.2.1. Calidad de semillas de las cuatro especies forestales.....	36
3.2.2. Efecto de la temperatura sobre la germinación de las cuatro especies forestales.....	37
CAPITULO IV .....	40
CONCLUSIONES .....	41
RECOMENDACIONES.....	42
BIBLIOGRAFÍA.....	43
ANEXOS.....	50
Semillas vacías de <i>Morella pubescens</i> de las procedencias de San Francisco he Imbana .....	50

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de las áreas de estudio dentro del Corredor Podocarpus-Yacuambi .....	17
Figura 2. Ubicación geográfica de plantas madre .....	19
Figura 3. Disposición de semillas en el campo.....	22
Figura 4. Porcentaje de germinación de <i>M. pubescens</i> en los diferentes pisos altitudinales por procedencia. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 5. Porcentaje de germinación por procedencias de <i>M. pubescens</i> en sus tres pisos altitudinales .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 6. Porcentaje de germinación de <i>H. americanus</i> en los diferentes pisos altitudinales por procedencia .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 7. Porcentaje de germinación por procedencias de <i>H. americanus</i> en sus tres pisos altitudinales .....	32
Figura 8. Porcentaje de germinación de <i>T. chrysantha</i> en los diferentes pisos altitudinales por procedencia .....	33
Figura 9. Porcentaje de germinación por procedencias de <i>T. chrysantha</i> y en sus tres pisos altitudinales .....	34
Figura 10. Porcentaje de germinación de la procedencia "El Tambo" de <i>N. membranacea</i> .....	35

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fechas de colección y procedencia de semillas .....	19
Tabla 2. Tratamientos pre-germinativos en laboratorio .....	21
Tabla 3. Parámetros de calidad de semillas de las cuatro especies forestales, colectadas dentro del corredor de conectividad Podocarpus Yacuambi.....	25
Tabla 4. Promedios de temperatura de los meses de Agosto 2013 - Febrero 2014, obtenido a través de los data loggers .....	28
Tabla 5. En esta tabla se observan los resultados de la identificación de variables que influyeron de forma significativa en la germinación de las especie <sup>o</sup> s en los sitios de estudio, específicamente el valor p, resultados que en la siguiente sección se describen .....	31

## INDICE DE RECUADROS

Recuadro 1: Aspectos que favorecen la adaptación y resiliencia de ecosistemas boscosos al cambio climático .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
--	--------------------------------------

## RESUMEN

Las proyecciones de cambio climático podrían afectar la distribución de las especies vegetales, cuya supervivencia dependerá de la capacidad de adaptación a estos cambios. El presente estudio fue realizado con el objetivo de determinar la calidad de la semillas y evaluar el porcentaje de germinación de: *Tabebuia chrysantha*, *Nectandra lembranácea*, *Morella pubescens* y *Heliocarpus americanus* en diferentes condiciones de temperatura y humedad dentro del Corredor de Conectividad Podocarpus – Yacuambi al sur-oriente del Ecuador. Para ello se recolectó y se midió los parámetros de calidad de semillas para posteriormente establecer parcelas experimentales en tres gradientes altitudinales, monitoreando tanto la germinación como las condiciones de temperatura y humedad. Los resultados obtenidos muestran que las semillas de las cuatro especies son de buena calidad aunque de baja germinación y gracias a su bajo contenido de humedad pueden ser almacenadas en largos periodos de tiempo. Por otro lado los resultados del ensayo de germinación muestran que todas las especies responden de forma diferente ante distintas condiciones de temperatura y humedad, evidenciando distintos grados de resiliencia de las especies ante escenarios climáticos diferentes.

**Palabras clave:** Cambio climático, capacidad de adaptación, calidad de semillas, resiliencia.

## ABSTRACT

Climate changes projections may affect the distribution of plant species whose survival depends on the ability to adapt to those changes. This study was conducted in order to determine the quality of *Tabebuia chrysantha*, *Nectandra membranacea*, *Morella pubescens* and *Heliocarpus americanus* seeds and evaluate the percentage of germination in different temperature conditions and humidity in the Podocarpus – Yacuambi Connectivity Corridor at south- eastern of Ecuador. For this quality parameters of seeds were collected and measured to further establish experimental parcels in three altitudinal gradients, monitoring both germination as temperature and humidity conditions. The results obtained show that the seeds of those four species have good quality but low germination and thanks to its low moisture content can be stored for long periods of time. On the other hand the germination test results show that all species respond differently to different temperature and humidity conditions, showing different degrees of resilience of species to different climate scenarios.

Keywords: Climate change, adaptive capacity, seed quality, resilience.

## INTRODUCCIÓN

El aumento de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI) está generando un calentamiento global acelerado provocando impactos directos e indirectos sobre una amplia variedad de organismos (Convención de las Naciones Unidas, 2001). Vitousek, (1994) menciona que la pérdida de la diversidad biológica es producida por la alteración de clima. De acuerdo al IV Informe del Panel Internacional de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), aproximadamente el 20 – 30% de las especies de plantas y animales posiblemente se encontrarán en un aumento de peligro de extinción si la temperatura global media se excede en 1.5 – 2.5°C (IPCC, 2007)

Durante la última década varios estudios han demostrado que el calentamiento global y sus correspondientes anomalías climáticas, como por ejemplo: cambios en los regímenes de precipitación, afectan directa e indirectamente a individuos, poblaciones y comunidades, así como a los ecosistemas en su composición y función (Parmesan, 2006; IPCC, 2007). Estas anomalías climáticas pueden generar pérdida de hábitat, de componentes del ecosistema y de interacciones intra – e interespecífica, así como un aumento en la distribución de especies invasoras, modificaciones en los patrones de migración de los organismos y distribución de las poblaciones entre otros (Crick, 2004; Lemoine et al, 2007) generando cambios a diferentes escalas temporales y espaciales (Bravo et al., 2011)

A nivel de las poblaciones, las respuestas varían dependiendo de las especies y su capacidad de respuesta ante el cambio climático, es decir, hay especies que tienen gran amplitud de su nicho (generalistas) que se pueden ver beneficiadas por las modificaciones en el clima, por lo que podrían responder aumentando su población e incluso aumentando su área de distribución geográfica. Sin embargo, existen especies con una reducida amplitud de su nicho (especialistas) que potencialmente se verán afectadas más drásticamente por los cambios debido a su dependencia de un hábitat especializado para su reproducción, reducida tolerancia a umbrales ambientales estrechos y limitada capacidad de dispersión y colonización de nuevas zonas. (Vié et al., 2009).

En el caso de las especies vegetales Gómez-Díaz et al., (2007) mencionan que las condiciones climáticas influyen en los periodos de floración, letargo y germinación, entre otras fases fenológicas limitadas por las condiciones atmosféricas. En la germinación, pequeños cambios en la estacionalidad pueden modificar la respuesta

de las especies produciendo una menor germinación en condiciones más secas o una mayor germinación y mayor establecimiento como consecuencia de una mayor precipitación y temperatura.

Para anticiparse a estas amenazas y priorizar acciones de conservación, en los últimos años se han desarrollado varias herramientas como la restauración ecológica. En donde estudiar el comportamiento germinativo de las especies es de suma importancia teniendo en cuenta que una de las herramientas de la restauración es la utilización de especies a partir de semillas (Baskin & Baskin, 2001), siendo necesario el conocimiento del nicho de germinación de las diferentes especies que componen determinada comunidad y que podrían ser utilizadas en la restauración de poblaciones de plantas y hábitats amenazados (Wunderle, 1997)

Con los antecedentes de los cambios inherentes en las especies forestales por efectos de cambio climático, sumados a un uso insostenible del uso del suelo por la deforestación y fragmentación, es urgente iniciar investigaciones que apunten por un lado a entender los cambios que sufrirán las especies por un incremento de temperatura, y por otro para iniciar procesos de recuperación de tierras o bosques degradados- a través de reforestación con especies nativas. El propósito de este estudio es determinar los efectos de la temperatura y humedad sobre los procesos germinativos de especies cuatro forestales dentro del Corredor de Conectividad Podocarpus Yacuambi” mediante la evaluación de la capacidad de germinación de las especies, en diferentes condiciones de temperatura y humedad. Así como también establecer los parámetros estándar de semillas (pureza, capacidad germinativa, contenido de humedad, peso de semilla) de acuerdo a International Seed Testing Association (ISTA, 2007).

## **CAPITULO I**

## **1.1. Marco teórico**

### **1.1.1. Germinación de semillas y cambio climático**

La germinación es la primera etapa o etapa de transición del desarrollo de la planta; que corresponde al paso de las semillas a plántulas. En los ecosistemas naturales, la germinación de las semillas puede estar limitada por varios factores intrínsecos como la latencia de las semillas o extrínsecos como: la depredación, la infestación de las semillas por agentes patógenos o el cambio climático (Tibirk en Ourèye, 2012).

Todas las especies en la naturaleza tienen su propio comportamiento en la germinación, lo que podría llamarse su nicho de germinación el cual incluye, entre otras cosas, las condiciones requeridas para romper la latencia y para promover la germinación de semillas. En el nicho de la regeneración de plantas, la temperatura y el suministro de agua son factores críticos para la latencia de las semillas (iniciación, descanso) y la germinación. En donde la alteración de la temperatura y el suministro de agua debido al cambio climático global podría impedir, retrasar o mejorar la regeneración de las semillas (Walck et al., 2011)

Se prevé que los cambios en el clima afecten etapas vulnerables de la vida, tales como el establecimiento de la germinación en los ecosistemas dominados por especies de larga vida (por ejemplo, los árboles longevos) como es el caso de los bosques tropicales, los que frecuentemente tardarán mucho en responder al cambio y en recuperarse tras el estrés asociado con el clima. (IPCC, 2007). Esto hace necesario comprender la relación entre la germinación y el cambio climático para desarrollar y mejorar modelos de especies vegetales que respondan a factores climáticos y así mejorar el empleo de semillas para su germinación, restauración de sitios y conservación de bancos de semillas (Martyn et al., 2011).

### **1.1.2. Especies Forestales y Cambio Climático**

Las especies forestales y generalmente los bosques contribuyen potencialmente al cambio climático global gracias a su influencia sobre el ciclo global del carbono UN ÁREA (Brown, 1997). Los bosques contienen un 80 % de todo el carbono almacenado en toda la vegetación terrestre, y cerca del 40 % del carbono que reside en el suelo. Durante la transición de un tipo de bosque a otro, pueden emitirse grandes cantidades de carbono en la atmósfera si la mortalidad libera el carbono más fácilmente de lo que puede absorberse mediante la regeneración y el crecimiento (PNUMA. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2004)

Los bosques tienen también capacidad para influir en el cambio climático de otras formas, particularmente cuando son perturbados por el hombre. Por ejemplo, la transformación de los bosques en otros tipos de cubierta del terreno puede afectar al clima debido a los cambios del albedo o reflectividad del terreno. Además, la destrucción de la biomasa forestal por el fuego libera gases de efecto invernadero además del CO<sub>2</sub>, que son productos secundarios de combustión incompleta, como el metano (CH<sub>4</sub>), el monóxido de carbono (CO), el óxido nitroso (NO<sub>2</sub>), y Nox entre otros (Brown, 1997).

Además los bosques también afectan directamente el clima a escala local, regional y continental, al influir en la temperatura del suelo, la evapotranspiración, la formación de nubes y las precipitaciones (PNUMA. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2004).

Se prevé que el cambio climático afecte la distribución de los tipos de bosque y las especies de árboles, la productividad de los bosques, las condiciones de los terrenos y del suelo, la estructura de los rodales, y también que provoque cambios en los regímenes de alteración natural como la incidencia, la severidad y el impacto de los incendios, la invasión de especies no autóctonas, los insectos, las enfermedades, las inundaciones y sequías, las temperaturas extremas, los deslizamientos de tierra y las tormentas (Asociación de Cooperación en Materia de Bosques, 2011).

En principio se considera que el cambio climático actúe de forma diferente en las distintas especies las cuales responderán de tres formas distintas: i) tolerar las alteraciones climáticas (adaptación), ii) desaparecer y, iii) cambiar su distribución geográfica (Jimenez, 2009; Aguirre & Chamba, 2010)

### **1.1.3. Distribución de especies frente al cambio climático**

El rápido cambio climático que se han registrado durante los últimos 30 años a nivel mundial ha provocado numerosas transformaciones en la distribución y abundancia de las especies, causando ya alteraciones en gran variedad de ecosistemas (Chapin, et al., 2000; Delgado & Suárez-Duque, 2009).

Este cambio puede generar en algunos casos pérdida del hábitat, disminución de los componentes del ecosistema y de interacciones intra e interespecíficas que se desarrollan en él, así como aumento en la distribución de especies invasoras, modificaciones en los patrones de la migración de los organismos, en el tamaño y distribución de las poblaciones (Crick, 2004; Bravo, et al., 2011). Es decir genera

cambios dentro de la diversidad biológica tanto en su composición, estructura y función a diferentes escalas temporales y espaciales.

En el caso de la distribución de especies a lo largo de gradientes altitudinales se esperan movimientos hacia las partes altas en búsqueda de temperaturas más frías (Parmesan, 2005; Jimenez, 2009). Según esto, las especies de las zonas altas que tienen dificultad de cruzar paisajes fragmentados son las que probablemente no tendrán opción para reubicarse, con la consecuente posibilidad de extinción.

En los modelos propuestos de escenarios de cambio global para el Ecuador se estima que el cambio climático podría causar importantes modificaciones a los actuales ecosistemas (Cuesta-Camacho, et al., 2006; Delgado, 2008) Por ejemplo las especies vegetales van aumentar o disminuir su área de distribución potencial en distinta proporción, provocando diferentes respuestas como: desplazamientos, adaptación y/o extinción (Delgado, 2008; Jimenez, 2009).

#### **1.1.4. Adaptación de especies al cambio climático**

Aunque en el pasado los ecosistemas se han ido adaptando a condiciones cambiantes, los cambios actuales se dan en un índice nunca visto históricamente (CDB. Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2007). El cambio climático al que nos enfrentamos en la actualidad constituye una de las principales amenazas para el futuro de la biodiversidad además se ha convertido en una de las perturbaciones más sutiles que no obstante afecta profundamente a la adaptación de las poblaciones arbóreas (Garrido, 2010)

Los cambios en el clima tienen impactos directos e indirectos complejos sobre las especies y comunidades. A medida que cambian las condiciones ambientales, las especies se ven obligadas a adaptarse, bien a las nuevas condiciones o trasladarse a zonas donde las condiciones adecuadas se encuentran todavía presentes para evitar la extinción (Parmesan, 2006; Kujala, 2012).

Algunas especies han mostrado una considerable plasticidad adaptativa (Réale, et al., 2003) lo que les permite adaptarse a las nuevas condiciones, cambiando su comportamiento (Tebbich, et al., 2001), fenología (es decir, el tiempo de eventos anuales, como la migración de las aves o la floración de las plantas) (Menzel & Dose, 2005) o ciertos caracteres bioquímicos y morfológicos (Kujala, 2012)

Por otra parte, aunque los estudios de respuestas adaptativas se están acumulando, se especula que la velocidad del cambio climático podría ser rápida para los procesos evolutivos que tenga lugar (Burger & Lynch, 1995)

Lo que hace suponer que sin la adaptación, el avance del cambio climático combinado con factores como la deforestación, la degradación de los bosques, la fragmentación de los hábitats, el mal manejo de los bosques y episodios meteorológicos extremos amenazan al 20-30% del total de plantas vasculares y de animales superiores. La pérdida de biodiversidad forestal a esta escala pondría en grave peligro la capacidad de recuperación del ecosistema forestal y erosionaría la provisión de servicios ecosistémicos forestales (Asociación de Cooperación en Materia de Bosques, 2011).

### **1.1.5. Resiliencia de especies al cambio climático**

El impacto del cambio climático se puede analizar desde distintos aspectos, en principio con el impacto que tiene en los ecosistemas, el grado de exposición que estos tienen a las perturbaciones y la sensibilidad que estos pueden mostrar como producto de los cambios que experimenten (Romero, 2005; Jimenez, 2009)

Por su parte la resiliencia de los ecosistemas se puede analizar específicamente frente a los posibles efectos del cambio climático en cuanto a la magnitud de su impacto y al rango de variación al cual es expuesto, a su sensibilidad y capacidad de adaptación (Romero, 2005; Jimenez, 2009).

Desde un enfoque de ecología la resiliencia describe la velocidad con la que un ecosistema posterior a una perturbación natural o de origen antropogénico, puede retornar a su condición previa (Begon, Harper & Townsend, 2006). En un sentido más amplio la resiliencia es la magnitud con la que una alteración puede ser tolerada por un sistema social y/o ecológico antes de que se mueva a una región nueva o a una condición controlada por otros procesos distintos a los que lo hacían originalmente (Carpenter et al., 2001; Jimenez, 2009).

Biringer (2003), propone una serie de aspectos que pueden fortalecer la capacidad de adaptación y resiliencia de los ecosistemas boscosos tropicales y de la biodiversidad en general al cambio climático. Estos aspectos constituyen un esquema básico de recomendaciones para la conservación, entre los que destaca la introducción de especies más vulnerables en nuevas áreas para asegurar sus posibilidades de sobrevivencia con el cambio de clima. Y que se describen a continuación:

- Reducción de las amenazas, con tal de promover la salud de los ecosistemas en general y dar mayor seguridad a la estructura, composición y función del bosque que le ayude a incrementar su resiliencia.
- Evitar la fragmentación y promover conectividad ecológica, ya que son los efectos de borde los que amenazan y desestabilizan el microclima y hábitat interior de los bosques, con la consecuente pérdida de biodiversidad que viene con la invasión de especies exóticas, plagas y enfermedades, sumando a la menor movilidad que presentan las especies nativas.
- Maximizar el tamaño de las áreas bajo manejo.
- Proveer áreas de amortiguamiento y flexibilizar los usos de la tierra
- Mantener la representatividad de tipos de bosque a los largo de gradientes ambientales.
- Proteger bosques maduros
- Proteger grupos funcionales y especies clave.
- Manejar plagas de manera activa
- Prevenir la conversión a plantaciones.
- Mantener la diversidad genética y promover la salud de los ecosistemas a través de la restauración ecológica.
- Proteger especies más altamente amenazadas *ex situ*

#### **1.1.6. Vulnerabilidad de especies al cambio climático**

La vulnerabilidad de una especie ante el calentamiento global hace referencia a su capacidad para responder y adaptarse a las nuevas condiciones climáticas, de manera que aquellas especies que tengan una capacidad de respuesta limitada, serán las más vulnerables (Mckinney, 1997; Arribas et al., 2012). En este sentido, la vulnerabilidad de una especie ante el cambio climático dependerá fundamentalmente de dos factores: i) su capacidad para mantener poblaciones en su área de distribución actual a pesar del cambio en las condiciones ambientales (persistencia), y ii) el potencial para colonizar zonas actualmente deshabitadas pero que serán climáticamente favorables en el futuro (migración) (Williams et al., 2008; Arribas et al., 2012)

Las especies con mayor capacidad de persistencia serán aquellas que tengan amplios rangos de tolerancia climática y alta plasticidad para adecuar sus preferencias a las nuevas condiciones climáticas localidades habitadas. Así, sin necesidad de modificar su rango de distribución, las especies pueden lidiar con el cambio en las condiciones climáticas de sus localidades si estas nuevas condiciones climáticas de sus

localidades si estas nuevas condiciones se encuentran dentro de su rango de tolerancia (Arribas et al., 2012).

Por otro lado, la modificación del área de distribución (migración) puede considerarse el mecanismo de respuesta más inmediato; es decir, si el cambio en las condiciones climáticas no favorece el mantenimiento de una especie en un determinado lugar, esta intentará migrar a lugares con condiciones más adecuadas (Warren, et al., 2001; Parmesan, 2006) En este caso el éxito de una especie conllevará una modificación en la forma y/o tamaño de su área de distribución actual que dependerá de i) la cantidad y conectividad de las regiones que en el futuro tendrán condiciones climáticas adecuadas ii) la capacidad de la especie para desplazarse y colonizar estas nuevas áreas habitables (Thomas, et al., 2011)

#### **1.1.7. Reforestación como estrategia de mitigación al cambio climático**

Para reducir las emisiones mundiales de GEI e implementar medidas para adaptarse a los cambios del clima, los países pueden ejecutar dos tipos de acciones: de mitigación y de adaptación. La mitigación apunta a tanto a reducir las emisiones netas de GEI de los países –por ejemplo mediante la disminución del uso de combustibles fósiles o de las emisiones provenientes de distintos usos del suelo-, como a incrementar la captura (o absorción y almacenamiento) de carbono por parte de los ecosistemas como podría ser vía la conservación o la reforestación (IPCC, 2002).

Lenton & Vaughan (2009), sostienen que el emprendimiento de actividades de reforestación a gran escala y los esfuerzos de captación de carbono en las reservas terrestres de biomasa son enfoques que producirían resultados rápidos y ofrecerían buenas oportunidades para la gestión adaptativa, ventaja fundamental en condiciones cambiantes.

Cuando la forestación o la reforestación se realiza para restaurar tierras degradadas, es también probable que estas acciones tengan otros beneficios ambientales, tales como la reducción de la erosión, el control de la salinización y la protección de las cuencas hidrológicas (Lenton & Vaughan, 2009).

Dentro de este contexto, el Ecuador ha desarrollado una Estrategia Nacional de Cambio Climático, donde tiene como uno de sus objetivos “Conservar y manejar sustentablemente el patrimonio natural y sus ecosistemas terrestres y marinos para contribuir con su capacidad de respuesta frente a los impactos del cambio climático” a

través de la recuperación de la cubierta vegetal mediante programas de reforestación con especies nativas (MAE, 2012).

Desde la década de los años 1980, 160 000 ha de plantaciones forestales se han establecido en Ecuador, con un promedio tasa de establecimiento de 3.500 ha por año (FAO, 2005). En este contexto y en vista que las tasas de reforestación en el Ecuador y principalmente en la región Amazónica son muy bajas, la reforestación con especies nativas de árboles se considera una de las más prometedoras opciones hacia enfoques integrados del uso del suelo y el desarrollo sostenible y como estrategia de mitigación al cambio climático.

#### **1.1.8. Deforestación y fragmentación**

Ecuador es considerado como uno de los países más megadiversos del mundo (Mettermejer, 1997) sin embargo sus ecosistemas terrestres naturales están amenazados por la fragmentación de áreas naturales, con una tasa de deforestación (0,6%) en América del Sur (FAO, 2006; MAE, 2011). Entre 1990 y 2005, la extensión de los bosques y otras tierras boscosas el país disminuyó de 15 a 12,3 millones de hectáreas (FAO, 2006). Sin embargo la tasa de deforestación de acuerdo a Sierra (2013), en el periodo 2000-2008, ha disminuido entre en 5 (Santa Elena, Pastaza) y el 80% (Sucumbíos y Orellana), aunque existen ciertas provincias amazónicas como Morona Santiago y Bolívar, donde la deforestación continuo en incremento. La razón principal de la deforestación en Ecuador es la explotación de los bosques y su posterior conversión en tierras agrícolas, especialmente en pastizales para la ganadería (Wunder, 2000). Este cambio de uso de suelo tiene consecuencias como la fragmentación de hábitats, que en un contexto de cambio climático sería una barrera para la migración de especies.

#### **1.1.9. Rol del Corredor de Conectividad Podocarpus Yacuambi**

El fuerte deterioro de los ecosistemas, que se ha intensificado en los últimos años, incide negativamente en el desarrollo sostenible de cualquier espacio geográfico (Miller et al., 2001). Dicho deterioro está asociado a diversas combinaciones de factores y procesos degenerativos (cambio climático), la mayoría de los cuales son de tipo antrópico, cambiantes en su intensidad, efectos y grado de complejidad, lo que ha motivado el desarrollo de estrategias de uso, manejo de los recursos naturales. En este contexto, una de las formas de combatir la fragmentación y la incertidumbre del cambio climático es la creación de corredores biológicos, los mismos que facilitan el mantenimiento de la diversidad biológica y los procesos ecológicos, facilitando la

migración, y la dispersión de especies de flora y fauna silvestres (Gurrutxaga & Lozano, 2008).

En la provincia de Zamora Chinchipe, se ha conformado el corredor de conectividad Podocarpus – Yacuambi, el mismo que está ubicado en los cantones de Zamora y Yacuambi, cuyo objetivo es conectar varias áreas protegidas como: el Parque Nacional Podocarpus, la Reserva Municipal Yacuambi y varios bosques protectores como El Bosque Protector Corazón de Oro, con la finalidad de permitir el movimiento de especies y por tanto apoyar a la conservación. Entre las principales amenazas de los hábitats de este corredor encontramos: uso no sostenible de suelo, fragmentación, tala selectiva y ganadería extensiva (Giz. Cooperación Técnica Alemana , 2012).

#### **1.1.10. Calidad de semillas**

Conocer la calidad de la semilla, es fundamental para conseguir un buen resultado en el establecimiento de plantas, o el almacenamiento de las mismas. Existen muchas buenas razones para interesarse en la calidad de la semilla forestal, debido a que la mayoría de las especies forestales son propagadas por medio de semillas. Las ventajas de las semillas de mejor calidad son:

- Mejor condición para el almacenamiento
- Desperdicio mínimo de semilla
- Plantas uniformes en el vivero
- Mayor acierto en la producción de plantas
- Posibilidades de desarrollar producción avanzada de plantas
- Técnicas y métodos de plantación.

El desperdicio mínimo de semilla puede ser de particular importancia en silvicultura, debido a que la semilla de procedencias preferidas puede a menudo ser escasa. Además, los árboles pueden tener la floración a intervalos irregulares, causando inconvenientes adicionales en la provisión de semilla (Poulsen, 2000)

Uno de los principales objetivos del análisis de semillas es proporcionar una estimación precisa de la capacidad de un determinado lote de semillas para producir plantas sanas, vigorosas y adecuadas para la plantación en el campo, de esta manera, al hablar de calidad de la semilla se hace referencia más a su vigor fisiológico que a su calidad genética (Willan, 1991)

Generalmente para determinar la calidad de las semillas los principales aspectos a tomar en cuenta según las Normas ISTA son: Contenido de humedad, pureza, peso y germinación.

#### **1.1.10.1. Contenido de humedad**

El contenido de humedad de las semillas (CHS) es la cantidad de agua que hay en una semilla. El agua está presente tanto en forma libre como contaminada con los compuestos químicos de las células, como carbohidratos y las proteínas.

El contenido de humedad es el factor más importante para determinar la velocidad a la cual las semillas se deterioran, y tiene un impacto considerable en la longevidad de las semillas en almacenamiento en un banco de germoplasma. Incluso pequeños cambios tienen un gran efecto en la vida en almacenamiento. Es importante determinar el contenido de humedad antes de almacenar las semillas para predecir con exactitud el potencial de vida en almacenamiento que tendrá cada accesión (Rao et al., 2006).

#### **1.1.10.2. Análisis de Pureza**

Este es el primer ensayo que debe realizarse, pues los ensayos ulteriores se efectúan sobre el componente de semilla pura. Su finalidad es determinar la composición, en peso, de la muestra que es objeto del ensayo, pues ésta puede contener impurezas como semillas de otras especies, estructuras seminales separadas, partículas de hoja y otros materiales (Willan, 1991).

Al hablar de semilla pura, se hace referencia a la semilla de la especie en estudio, incluyendo además de semillas maduras y sin daños, semillas de tamaño inferior al normal, consumidas, inmaduras y germinadas, siempre que puedan identificarse claramente como pertenecientes a la especie de que se trate (Willan, 1991).

#### **1.1.10.3. Peso de la semilla**

El peso de la semilla se expresa normalmente como el peso de 1000 semillas puras por gramo o kilogramo, según se requiera, lo cual se determina contando 1000 semillas y pesándolas, o utilizando ocho réplicas de 100 semillas cada una, con las que se puede calcular la desviación típica y el coeficiente de variación, así como la media. Si el coeficiente de variación es inferior a cuatro, entonces se acepta la media, caso contrario se prescriben otras ocho réplicas (Willan, 1991).

El número de semillas puras por unidad de peso, no es por sí solo un buen indicador del potencial de producción de plantas, debiendo complementarse con ensayos de germinación (Willan, 1991).

#### **1.1.10.4. Germinación**

Una prueba de germinación se realiza para determinar qué proporción de las semillas de una accesión germinará en condiciones favorables y producirá plántulas normales (plántulas con estructuras esenciales raíces, brotes y suficiente reserva de alimento—capaces de desarrollarse en plantas reproductivamente maduras (Rao, et al., 2006).

La germinación incorpora aquellos eventos que se inician con la absorción de agua por la semilla seca y terminan con la elongación del eje embrionario. El proceso concluye cuando la radícula penetra y atraviesa las estructuras que rodean al embrión, lo que frecuentemente se conoce como “germinación viable”

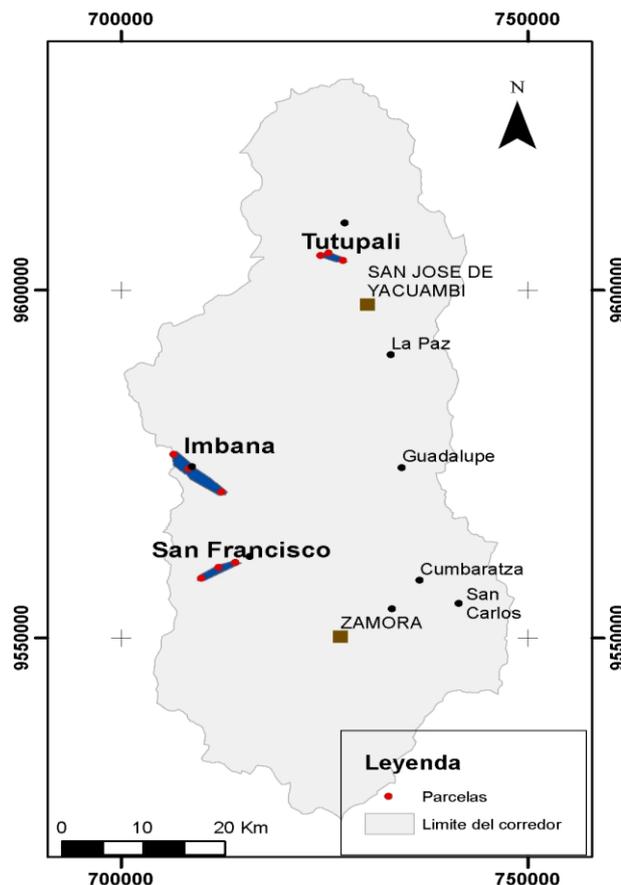
En 1957 Evenari dividió el proceso de germinación en tres fases. En la primera fase ocurre la imbibición, que consiste en la absorción del agua necesaria para la rehidratación de proteínas y organelas celulares, así como para el transporte y para que ocurran las reacciones hidrolíticas. En la segunda fase se produce la activación del metabolismo (o germinación sesustricto), donde ocurre la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas. También se incrementan las actividades enzimáticas así como la degradación inicial de las reservas. Finalmente en la tercera fase, tiene lugar la emergencia de la radícula (crecimiento visible), concluyendo el proceso germinativo, ya que el crecimiento subsecuente se considera un proceso separado (Herrera et al., 2006).

## **CAPITULO II**

## 2.1. Materiales y métodos

### 2.1.1. Ubicación del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada dentro del Corredor de Conectividad Podocarpus – Yacuambi (CCPY). Este corredor se encuentra ubicado en los cantones de Zamora y Yacuambi (Figura 1), las parroquias que forman parte del corredor son: Imbana, Sabanilla, Timbara, San Carlos, La Paz, Guadalupe 28 de Mayo y Tutupali, El CCPY cuenta con un área de 315.345 ha aproximadamente, y se encuentra localizada entre los 880 y los 3600 msnm. La temperatura promedio es de 14.87°C a lo largo de todo el año. Existen siete tipos de bioclimas: Húmedo sub temperado, húmedo sub tropical, húmedo y temperado, muy húmedo sub temperado, muy húmedo temperado, sub húmedo sub tropical y húmedo temperado (MAE, 2012; Giz, 2012).

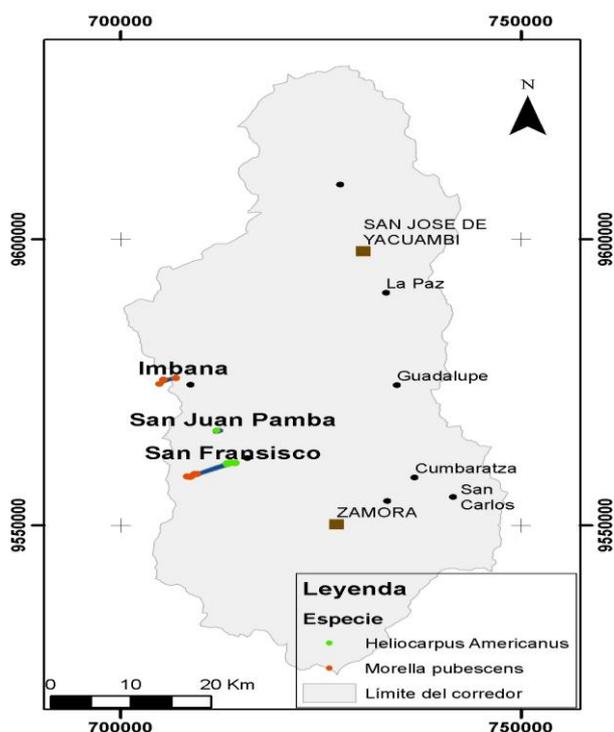


**Figura 1.** Ubicación de las áreas de estudio dentro del Corredor Podocarpus-Yacuambi

Fuente: Fabián Reyes, 2013

### 2.1.2. Selección de las especies y colección de semillas

Se seleccionó cuatro especies forestales en función de la disponibilidad de semillas en el momento y uso para la población local en el corredor CCPY, y son: *Morella pubescens* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Wilbur, *Heliocarpus americanus* L., *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson y *Nectandra membranacea* (Sw) Griseb. Adicionalmente, se identificaron dos proveniencias o bosques naturales por cada especie; San Juan del Oro – San Francisco para *H. americanus*, El Tambo – San Francisco para *N. membranacea* y San Francisco e Imbana para *T. chrysantha* y *M. pubescens* (Figura 2) dentro del corredor, posteriormente se identificó árboles madre por cada especie de buenas características como: fuste recto, sin ramificaciones en la base del árbol, buena calidad (Ej. Sin enfermedades); al menos 8 individuos distribuidos en el área por especie fueron seleccionados con la finalidad de coleccionar una amplia diversidad genética. Basados en estudios previos sobre la fenología de especies forestales realizados en la Estación Científica San Francisco (Jara & Romero, 2005; Alvarado & Encalada, 2010; Guerreo & Luzón, 2012), se pudo conocer la fecha aproximada de colección de semillas. En la Tabla 1, se especifica la fecha de colección de semillas y su procedencia. Las semillas fueron coleccionadas una vez que los frutos alcanzaron su estado de madurez, dichos frutos fueron llevados al laboratorio para la extracción de semillas, manteniendo por separada cada procedencia.



**Figura 2.** Ubicación geográfica de plantas madre

Fuente: Fabián Reyes, 2013

Para la recolección de los frutos se utilizó una podadora aérea y en el caso de árboles muy grandes como *Tabebuia chrysantha* se usó un equipo de escalar. Los frutos que se recolectaron fueron guardados en bolsas individuales previamente etiquetadas para cada árbol, para posteriormente ser transportadas a los laboratorios de la UTPL, en donde se llevaron a cabo los análisis de semillas.

**Tabla 1.** Fechas de colección y procedencia de semillas

Especie	Periodo de fructificación	Procedencia
<i>Morella pubescens</i>	Febrero – Marzo 2013	San Francisco – Imbana
<i>Heliocarpus americanus</i>	Julio 2013	San Juan – San Francisco
<i>Tabebuia chrysantha</i>	Agosto 2013	San Francisco – Imbana
<i>Nectandra membranacea</i>	Noviembre 2013	San Francisco

Fuente: El Autor

### 2.1.3. Caracterización física de las semillas en base a las normas ISTA

Las semillas recolectadas fueron llevadas al laboratorio para su respectivo análisis de pureza, peso, contenido de humedad y germinación, bajo la metodología International Seed Testing Association (ISTA, 2007).

Los análisis de laboratorio se realizaron teniendo en cuenta un lote determinado de semillas por procedencia, este lote estuvo conformado por un número igual de semillas de cada árbol con la finalidad de tener un lote homogéneo de semillas.

La extracción de la semilla para la realización de los análisis, se la realizó de manera manual para las cuatro especies. En el caso de *Morella pubescens* se utilizó un tamiz el mismo que sirvió para la eliminación de la cera que recubre la testa de la semilla.

#### **2.1.3.1. Análisis de pureza**

Una vez extraídas las semillas del fruto, se establecieron dos muestras de similar peso, las mismas que fueron separadas en semilla pura e impurezas, para luego pesar la semilla pura y aplicar la siguiente fórmula (ISTA, 2007).

$$\% \text{ de pureza} = \frac{\text{Peso de la semilla pura}}{\text{Peso total de la muestra original}} \times 100$$

#### **2.1.3.2. Contenido de humedad**

Para determinar el contenido de humedad de semillas, se tomó dos réplicas de igual peso, las cuales se colocaron en una estufa por un periodo de 17 horas a 103°C, una vez transcurrido este tiempo se sacó las semillas de la estufa y se las dejó enfriar por un periodo de 30 minutos, luego se las volvió a pesar para posteriormente aplicar la siguiente fórmula establecida en las normas ISTA (2007)

$$CH(\%) = \frac{\text{Peso original} - \text{peso tras secado en la estufa}}{\text{Peso original}} \times 100$$

#### **2.1.3.2. Determinación del potencial germinativo bajo condiciones de laboratorio**

Las condiciones de temperatura a las que fueron sometidas las semillas fueron de 20°C, con una humedad relativa de 50%, con 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad. Para los ensayos de germinación en el caso de *Morella pubescens* y *Heliocarpus americanus* se tomaron 400 semillas por cada procedencia las mismas que fueron separadas en réplicas de 100 semillas cada una. Para *Nectandra membranacea* debido a que no fue posible encontrar otra población en estado reproductivo se tomaron 4 réplicas de 25 semillas cada una debido a la disposición de las semillas y para *Tabebuia chrysantha* se utilizaron 8 réplicas de 25 semillas por cada procedencia.

Las semillas se colocaron en cajas petri previamente esterilizadas o desinfectadas; como sustrato se utilizó papel absorbente esterilizado. Además previo a la siembra las semillas fueron sometidas al siguiente proceso de desinfección y sometidas a imbibición.

**Procedimiento de desinfección:**

***Morella pubescens* y *Nectandra membranacea***

- Lavado en agua destilada (hervida) estéril
- Inmersión en alcohol al 100% durante 3 min
- Lavado con agua destilada y jabón líquido
- Enjuague con agua destilada

***Heliocarpus americanus* y *Tabebuia chrysantha***

- Lavado con agua destilada (hervida)
- Inmersión en alcohol al 100% durante 2 minutos para *H. americanus* y 1 minuto para *T. chrysantha*
- Lavado con agua destilada y jabón
- Enjuague con agua destilada

Durante todo el proceso de germinación en laboratorio se aplicó agua destilada para mantener la humedad. En la Tabla 2 se muestran los tratamientos pre-germinativos de cada una de las especies.

**Tabla 2.** Tratamientos pre-germinativos en laboratorio

<b>Especie</b>	<b>Tratamiento pre-germinativo</b>
<b><i>Morella pubescens</i></b>	Inmersión en agua caliente durante 5 min (3repeticiones) Lavado en agua fría por un min (3 repeticiones) (shock térmico) Imbibición continua en agua por 48 horas
<b><i>Heliocarpus americanus</i></b>	Imbibición continua en agua por 24 horas
<b><i>Tabebuia chrysantha</i></b>	Imbibición continua en agua por 24 horas
<b><i>Nectandra membranacea</i></b>	Imbibición continua en agua por 72 horas

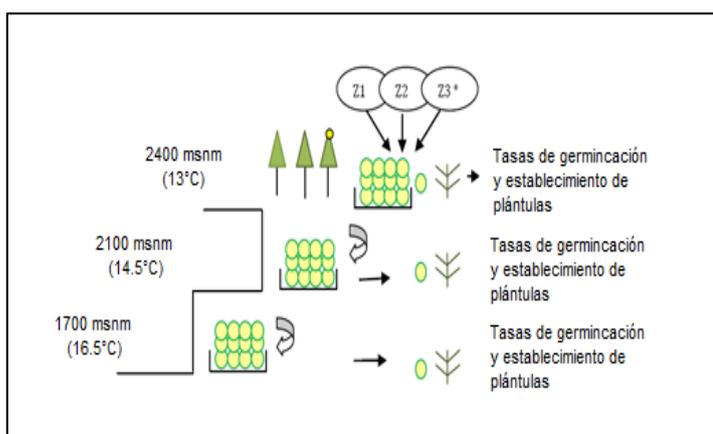
Fuente: El Autor

En el caso de la especie *N. membranacea* es importante mencionar que previa la realización del ensayo de germinación, se realizó un tratamiento pre-germinativo o escarificante, mecánico de la semilla, el cual consistió en el corte de la testa dura que recubre el embrión, con la finalidad de que el embrión pudiera absorber humedad y se pudiera desarrollar.

#### 2.1.4. Potencial germinativo en un gradiente altitudinal, disposición de semilleros

Las semillas fueron sembradas en semilleros que se colocaron en una gradiente altitudinal a 1700, 2100 y 2400 msnm (Figura 3), simulando un incremento de temperatura. Los sitios en los que se establecieron las parcelas fueron y que tuvieron esa gradiente altitudinal: 1) Imbana alto, Imbana y El Tibio 2) El Tiro, San Francisco y El tambo 3) Tutupali Alto, Tutupali medio y Tutupali bajo. En cada sitio se instaló un data logger para registrar humedad y temperatura a un intervalo de una hora desde el momento de la implantación de las parcelas.

En cada sitio se utilizó cuatro réplicas de 25 semillas por cada especie, y por cada procedencia (4 réplicas x 2 procedencias x 4 especies x 25 semillas) contando con un total de 216 réplicas. Para la especie de *N. membranacea* solo se utilizó 4 réplicas de 25 semillas de una sola procedencia, debido a que no se encontró otra procedencia en estado de fructificación, y en el caso *M. pubescens* se utilizaron réplicas de dos réplicas de 25 semillas por cada procedencia.



**Figura 3.** Disposición de semillas en el campo, en las tres gradientes altitudinales establecidas: San Francisco, Imbana y Tutupali

Fuente: El Autor

El monitoreo se realizó desde junio 2013 hasta abril del 2014. El análisis de resultados se basó en el porcentaje final de germinación, considerando sus respectivas procedencias. El análisis estadístico se lo realizó con la ayuda del programa Infostat y consistió en un Análisis de varianza ANOVA, siendo las procedencias y la altitud los factores de diseño, mientras que la variable respuesta fue el porcentaje total de semillas germinadas. Cumpliendo con los requisitos de normalidad y homogeneidad de varianza,

Previa la realización de análisis estadístico se comprobó que los datos cumplan con los supuestos de: Homogeneidad de varianzas y normalidad de Shapiro wilke. En el caso de las especies *M. pubescens*, *T. chrysantha* y *N. membranacea*, una vez corrido el modelo, se extrajeron las co-variables que no fueron significativas (Temperatura o Humedad relativa) para ajustar las medias. Para la especie *M. pubescens* se realizó una corrección de varianzas utilizando una función de varianza VarIdent, que considera las varianzas diferentes para cada uno de los grupos (proveniencia\*altitud). Los valores estimados se encuentran en parámetros de la función de varianza (ver: [http://download.springer.com/static/pdf/434/chp%253A10.1007%252F978-1-4614-3900-4\\_8.pdf?auth66=1409868744\\_5fc1e1eb34418ba9bf1d861efb8afe7d&ext=.pdf](http://download.springer.com/static/pdf/434/chp%253A10.1007%252F978-1-4614-3900-4_8.pdf?auth66=1409868744_5fc1e1eb34418ba9bf1d861efb8afe7d&ext=.pdf) )

### **CAPITULO III**

### 3.1. Resultados

#### 3.1.1. Calidad de semillas en base a los normas ISTA

##### 3.1.1.1. Determinación de los parámetros de calidad de semillas de *Morella pubescens*

Los resultados muestran que el peso promedio de las semillas es superior para la procedencia de San Francisco (1,60g) a diferencia del peso obtenido para la procedencia de Imbana (1,01g). Las dos procedencias presentan un alto porcentaje de pureza (San Francisco 81,44%, Imbana 91,71%) (Tabla 3). Entre las impurezas para la procedencia de San Francisco se encontró: gránulos de cera, restos de hojas y restos de materia orgánica provenientes de los arboles madre.

Las semillas provenientes de San Francisco presentaron un contenido de humedad del 13,27%. Sin embargo existen diferencias con el contenido de humedad encontrado en Imbana, el mismo que fue de 7,23%.

La germinación para esta especie se dio a partir del día 19, y culminó en el día 26 de iniciado el ensayo. Los resultados obtenidos muestran que el porcentaje de germinación para la procedencia de Imbana fue bajo (0,75%), y en el caso de la procedencia de San Francisco el porcentaje de germinación fue nulo (0,00%), debido principalmente a la gran cantidad de semillas vacías (sin embrión) (53%) que presentaron las procedencias (Anexo 1). Y por otra parte a la testa dura que recubre la semilla, la misma que no le permite el contacto con el agua, para emerger el embrión.

**Tabla 3.** Parámetros de calidad de semillas de las cuatro especies forestales, colectadas dentro del corredor de conectividad Podocarpus Yacuambi

Especie	Procedencia	Peso (g) 100 semillas	Pureza %	C. Humedad %	Germinación (%)
<i>Morella pubescens</i>	San Francisco	1,60	81,44	13,27	0,00
<i>Morella pubescens</i>	Imbana	1,01	91,71	7,23	0,75
<i>Heliocarpus americanus</i>	San Juan	0,135	94,82	10,81	10,67
<i>Heliocarpus americanus</i>	San Francisco	0,126	79,99	16,47	8,00
<i>Tabebuia chrysantha</i>	Imbana	2,10	87,79	5,58	44,00
<i>Tabebuia chrysantha</i>	San Francisco	1,50	67,00	7,66	3,00
<i>Nectandra membranacea</i>	El Tambo	8,88	100	4,00	20,00

Fuente: El Autor

### **3.1.1.2. Determinación de los parámetros de calidad de semillas de *Heliocarpus americanus***

Como se puede observar en la Tabla 3 el peso de las semillas es similar tanto para la procedencia de San Francisco 0,135 g por cada 100 semillas, como para la procedencia de San Juan 0,126 g.

El porcentaje de pureza en esta especie es alto, tanto para la procedencia de San Juan (94,82%) como para la procedencia de San Francisco (79,99%), probablemente debido al método utilizado para la extracción de la semilla, la manipulación de la semillas en el laboratorio, el estado sanitario de los individuos seleccionados y la época de colección de las semillas.

El contenido de humedad fue de 10,81% para las semillas provenientes de San Juan, y de 16,47% para las de San Francisco.

Con respecto al contenido de humedad, se encontraron diferencias entre ambas procedencias. La procedencia que presenta menor contenido de humedad es la de San Juan (10,81%), mientras que la procedencia de San Francisco mostró un contenido de humedad superior (16,47%).

La germinación en laboratorio de esta especie tuvo comienzo en el día nueve después de instalado el ensayo para la procedencia de San Francisco y culminó el día 37. Para la procedencia de San Juan por su parte la germinación comenzó desde el día 5 después de instalado el ensayo y culminó en el día 15. Los resultados obtenidos de los ensayos de germinación fueron bajos (18% en San Juan y 18,5% en San Francisco).

### **3.1.1.3. Determinación de los parámetros de calidad de las semillas de *Tabebuia chrysantha*.**

El peso de las semillas para esta especie, varió dependiendo de la procedencia de la semilla. La procedencia que presentó mayor peso por cada 100 semillas, fue la de Imbana (2,10g), mientras que la procedencia de San Francisco presentó un peso promedio por cada 100 semillas de 1,50g lo que podría deberse a la calidad de la semilla, ya que se pudo observar alta contaminación por agentes patógenos en el caso de las semillas provenientes de San Francisco.

Igualmente la pureza que presentaron las semillas de esta especie varió según la procedencia. Los resultados muestran un alto porcentaje de pureza para el lote de semillas provenientes de Imbana (87,79%). Por su parte la procedencia de San

Francisco presentó un alto contenido de impurezas (33%), lo cual podría deberse, a que las semillas provenientes de San Francisco presentaron contaminación por agentes patógenos.

Con respecto al contenido de humedad, en la procedencia de Imbana éste es levemente inferior (5,58%) al de la procedencia de San Francisco (7,66%), pudiéndose clasificar de acuerdo a estas características en semillas ortodoxas, las mismas que se ha comprobado que en condiciones de temperatura de 18°C podrían mantener su viabilidad almacenadas en vidrio hermético por el periodo de un año (Trujillo, 2000).

Las semillas de *T. chrysantha* empezaron a germinar a los 8 días de iniciado el ensayo, alcanzando el pico de germinación más alto para ambas procedencias en la primera semana. La germinación en el caso de la procedencia de Imbana culminó a los 21 días, con un promedio de germinación del 44%, mientras que para la procedencia de San Francisco la germinación culminó el día 8 después de iniciado el ensayo con un promedio muy bajo de germinación (3%). Cabe recalcar que al momento de la cosecha de los frutos se encontraban afectadas por plagas y enfermedades, lo que pudo afectar de forma considerable la capacidad de germinación de las semillas.

#### **3.1.1.4. Determinación de los parámetros de calidad de semilla de *Nectandra membranacea***

Como se explicó anteriormente, el único sitio en el cual se encontró material para realizar las pruebas de germinación de la especie de *Nectandra membranacea*, fue El Tambo.

El peso del lote de 100 semillas de *N. membranacea* fue de 8,88g. Este peso es más de cuatro veces el de las otras semillas en estudio, debido al tamaño y a la forma de la semilla la cual posee una testa fuerte que recubre al embrión. Una vez aplicado el método de escarificación que consistió en inmersión del fruto en agua caliente durante 24 horas y posterior restregado sobre una superficie rugosa, se extrajo la semilla, obteniendo un porcentaje de pureza del 100%. Por otra parte el porcentaje promedio del contenido de humedad de la semilla fue del 4% por tratarse de una semilla de cubierta dura.

La germinación de las semillas de esta especie empezó en el día 26 después de iniciado el ensayo, y culminó el día 48. Los resultados del ensayo de germinación para esta especie muestran una baja capacidad germinativa de la especie con tan solo un 20% de germinación promedio.

### 3.1.2. Efecto de la altitud y la procedencia sobre la capacidad germinativa de las cuatro especies forestales

Los datos de temperatura recolectados por los data loggers, son presentados en la Tabla 4. Se puede observar que existe una diferencia en la temperatura promedio, de cada piso altitudinal de 2°C. Aunque las variaciones van desde los 12°C a los 17°C en los diferentes pisos y en los diferentes sitios de estudio (Anexo 2). Por otro lado la humedad relativa (HR) promedio por cada piso altitudinal es similar entre los pisos altitudinales de 1700 msnm y 2100 msnm (89% y 89% respectivamente) con un leve incremento a los 2400msnm (94%). Aunque al igual que en la temperatura en la humedad existen valores mínimos de 79% y máximos de 100% en los diferentes sitios y pisos altitudinales (Anexo 2). Como se puede observar en la tabla siguiente la temperatura varía en algunos casos dependiendo de la especie, esto se debe principalmente a los periodos que duraron los ensayos de germinación, ya que los periodos de siembra y monitoreo no fueron los mismos para todas las especies.

**Tabla 4.** Promedios de temperatura de los meses de Agosto 2013 - Febrero 2014, obtenido a través de los data loggers

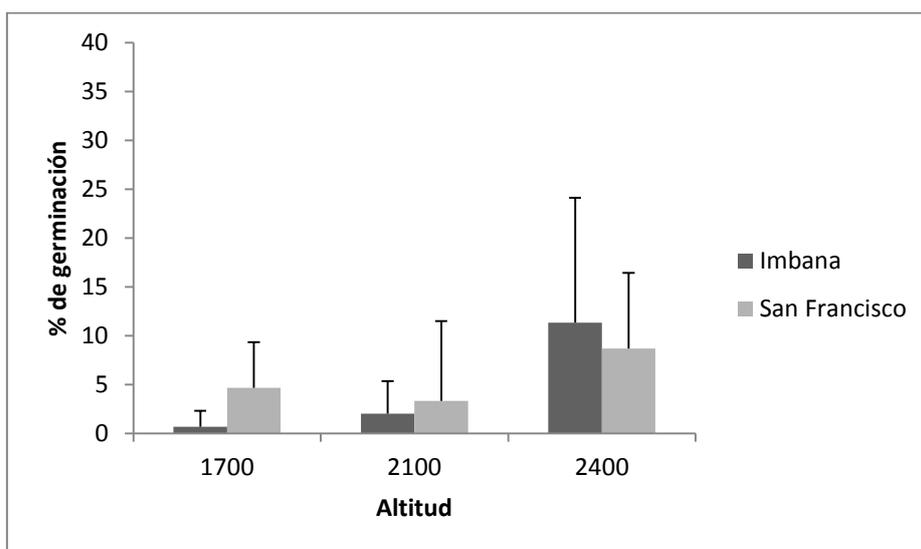
Especie	Periodo	Piso altitudinal	Temperatura ° C	HR	% de germinación
M. pubescens	Feb-Oct 2013	1700	16	86	2,67
M. pubescens	Feb-Oct 2013	2100	15	88	2,66
M. pubescens	Feb-Oct 2013	2400	13	95	10
H. americanus	Sept-Nov 2013	1700	17	85	9,35
H. americanus	Sept-Nov 2013	2100	15	89	11,16
H. americanus	Sept-Nov 2013	2400	13	94	7,5
N. membranacea	Oct-Nov 2013	1700	17	86	25
N. membranacea	Oct-Nov 2013	2100	16	85	21
N. membranacea	Oct-Nov 2013	2400	14	91	23,2
T. chrysantha	Feb-Mar 2014	1700	17	93	9
T. chrysantha	Feb-Mar 2014	2100	16	94	13,67
T. chrysantha	Feb-Mar 2014	2400	14	97	5,67

Fuente: El Autor

#### 1.2.1. *Morella pubescens*

Como se puede observar en la Figura 4 el mayor porcentaje de germinación para esta especie fue registrado en el piso altitudinal de los 2400 msnm, en donde la temperatura promedio alcanza los 13°C y la humedad relativa es del 95%. En los pisos altitudinales inferiores se observó una reducción del porcentaje de germinación la

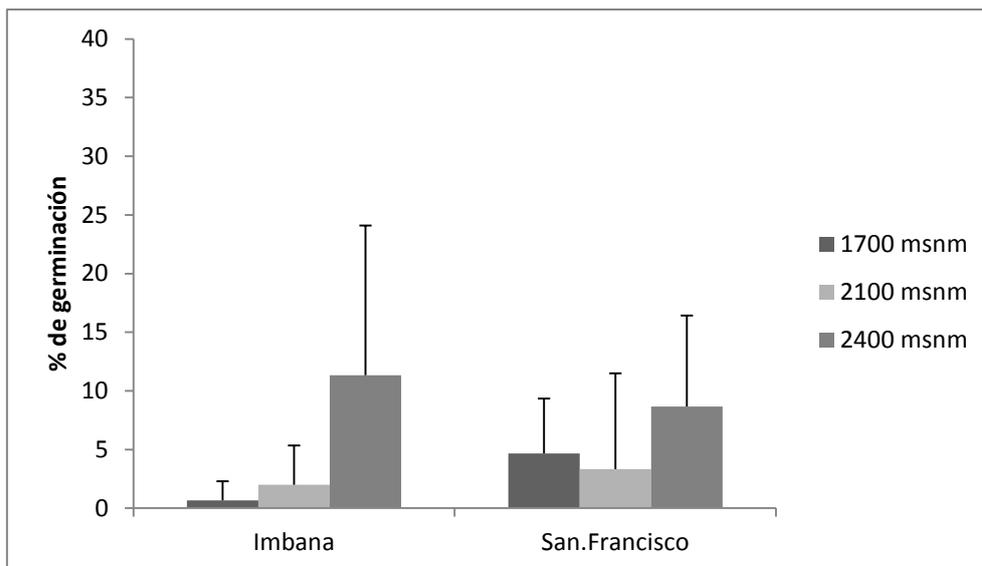
misma que alcanzó solo un 2,66% promedio de ambas procedencias a los 2100 msnm, y de 2,67% a los 1700 msnm, en donde se registró la temperatura promedio más altas (16°C) y la humedad relativa promedio más baja 86%. Como se observa en la figura siguiente existe una marcada diferencia del porcentaje de germinación entre el piso altitudinal de 2400 msnm y los pisos siguientes, evidenciando cierta preferencia de la especie por germinar en lugares húmedos (HR>95%) y con temperaturas bajas (12-14°C).



**Figura 4.** Porcentaje de germinación de *M. pubescens* en los diferentes pisos altitudinales por procedencia.

Fuente: El Autor

Para el factor procedencia como se observa en la Figura 5, la germinación de las semillas fue similar tanto para la procedencia de San Francisco como la de Imbana, siendo esta ultima la que alcanzó un mayor porcentaje de germinación a los 2400 msnm (11,33%). En los pisos altitudinales de 2100 msnm y 1700 msnm al contrario que en los 2400 msnm la procedencia de San Francisco alcanzó porcentajes de germinación superiores (3,33% y 4,67% respectivamente) a diferencia de la procedencia de Imbana en donde la germinación solo alcanzó un 3,33% a los 2100 msnm y un 0,67% a los 1700 msnm.



**Figura 5.** Porcentaje de germinación por procedencias de *M. pubescens* en sus tres pisos altitudinales

Fuente: El Autor

Los análisis estadísticos confirmaron que la altitud, la procedencia, y la humedad relativa influyen de manera significativa en la germinación de *M. pubescens* (con un valor p de 0,0024, 0,0371 y 0,0045 respectivamente. Ver Tabla 5). Sin embargo no se logró evidenciar que la temperatura influya sobre la germinación. Mediante el test de Fisher ( $p=0,05$ ) se pudo determinar que existen diferencias significativas entre los porcentajes de germinación de cada piso altitudinal. Como se observa en la Figura 4, la especie mostró mayor porcentaje de germinación (10%) a los 2400 msnm en donde se pueden encontrar temperaturas que van desde los 12 a los 14°C (Anexo 2) y en donde también los porcentajes de HR son superiores en relación con los demás pisos altitudinales. La combinación entre la procedencia y la altitud tampoco tuvo un efecto significativo sobre el porcentaje de germinación ( $p= 0,6505$ )

El análisis de varianza realizado a la especie *M. pubescens*, con un intervalo de confianza del 95% arrojó los siguientes resultados (Tabla 5).

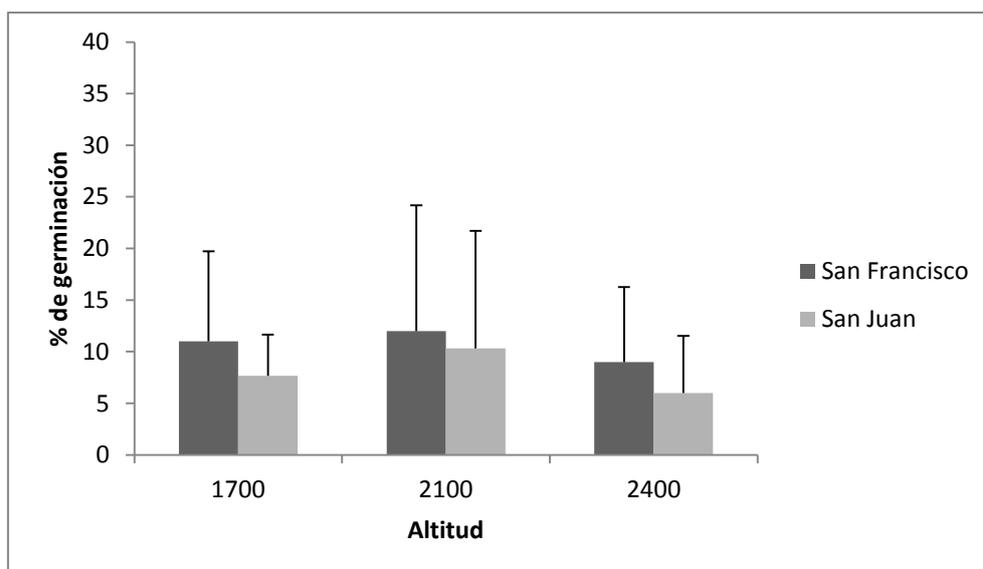
**Tabla 5.** Variables que influyeron significativamente en la germinación de especies en los sitios de estudio

Fuente	Valor p			
	<i>M. pubescens</i>	<i>H. americanus</i>	<i>T. chrysantha</i>	<i>N. membranacea</i>
Intercep	<0,0008	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Procedencia	<b>0,0024</b>	0,1449	<b>0,0065</b>	-
Altitud	<b>0,0371</b>	0,2608	0,6188	0,4247
Temperatura	-	<b>0,0002</b>	-	<b>0,0488</b>
HR	<b>0,0045</b>	<b>0,0286</b>	<b>0,0001</b>	-
Procedencia:Altitud	0,6426	0,9238	0,2617	-

Fuente: El Autor

### 3.1.2.2. *Heliocarpus americanus*

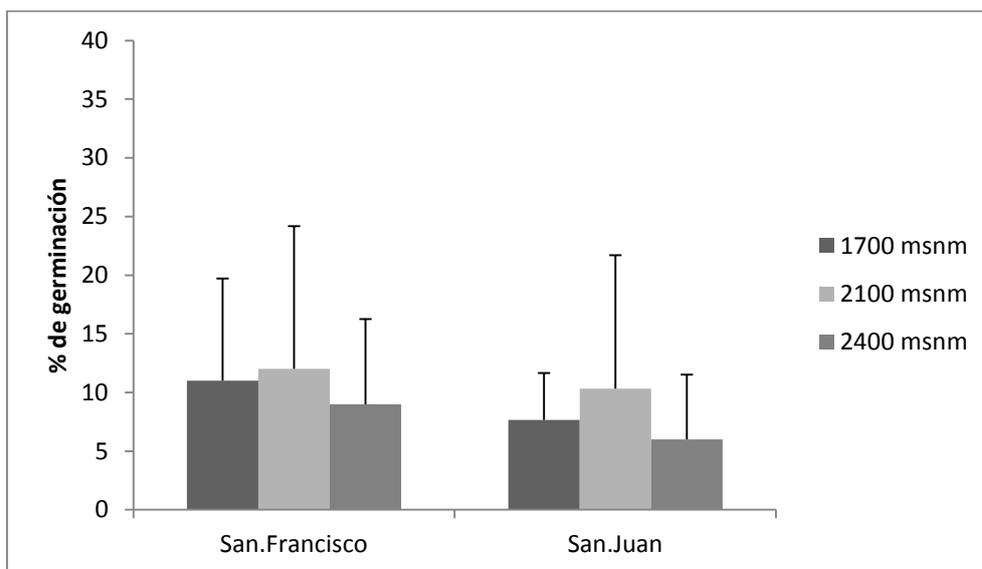
El porcentaje de germinación para esta especie como se puede observar en la Figura 6 ocurrió de forma similar en los diferentes pisos altitudinales, siendo un poco superior (16,16%) a los 2100 msnm, en donde se registró una temperatura promedio de 15°C y una HR del 89%. A los 1700 en donde la temperatura promedio aumenta en 2°C y la HR disminuye al 85% la germinación disminuyó a 8,83%. El piso altitudinal de los 2400 msnm, que presenta las temperaturas más bajas (13°C) y una HR superior al 90% (Ver Tabla 4) fue donde se registró el porcentaje de germinación más bajo 7,5%.



**Figura 6.** Porcentaje de germinación de *H. americanus* en los diferentes pisos altitudinales por procedencia

Fuente: El Autor

En la Figura 7 se observa que la procedencia de San Francisco tuvo mejores resultados germinativos en todos los pisos altitudinales a diferencia de la procedencia de San Juan. El mayor porcentaje de germinación se lo observó a los 2100 msnm para las dos procedencias, el mismo que disminuyó a los 2400 msnm y 1700 msnm, siendo este último en donde se registraron los porcentajes de germinación más bajos tanto para la procedencia de San Juan (6%) como para la procedencia de San Francisco.



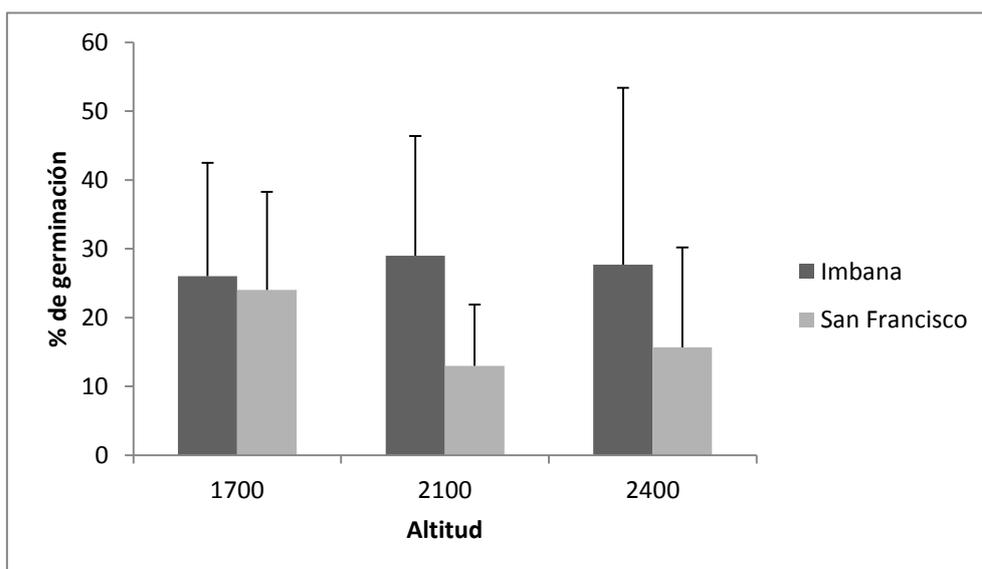
**Figura 7.** Porcentaje de germinación por procedencias de *H. americanus* en sus tres pisos altitudinales

Fuente: El Autor

Mediante la realización del análisis de varianza (Tabla 5) se pudo determinar que no existe un efecto de la altitud ( $p=0,2608$ ) sobre el porcentaje de germinación. Por otro lado la humedad relativa ( $p=0,001$ ) y la temperatura ( $p=0,0002$ ) mostraron diferencias altamente significativas. Además se determinó que no existe un efecto de la procedencia ( $p=0,1449$ ) sobre el porcentaje de germinación siendo esto posiblemente válido para asegurar que las semillas de la procedencia de San Juan y las de San Francisco poseen buen control genético dentro del proceso germinativo lo que podría ayudarle a esta especie en mantener su nicho de germinación o colonizar nuevas zonas.

### 3.1.2.3. *Tabebuia chrysantha*

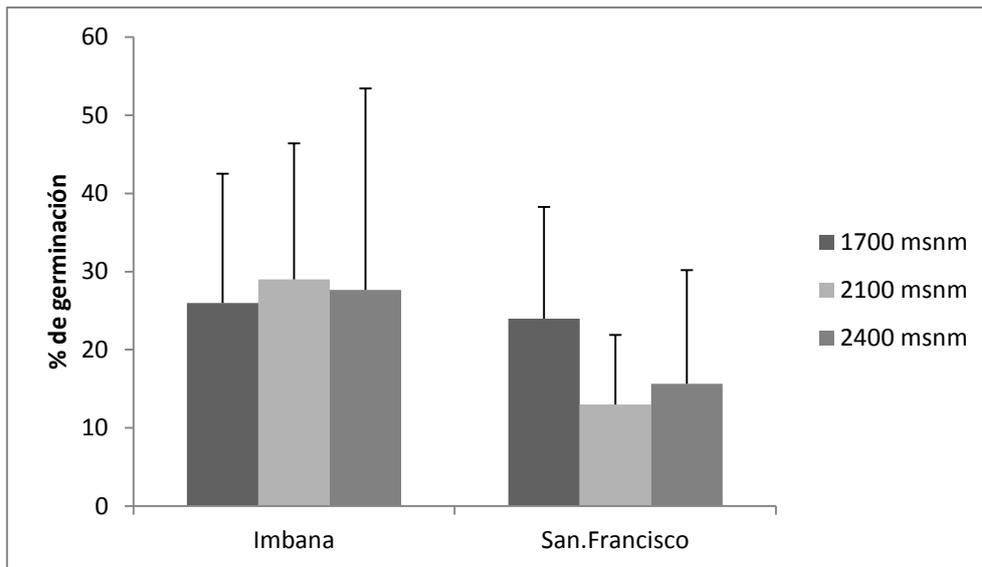
A los 1700 msnm con una temperatura entre 17 y 18°C y HR promedio de 88% esta especie presentó el mayor promedio de germinación (25,00%) mientras que en los otros dos pisos altitudinales 2100 y 2400 msnm con temperaturas inferiores a el piso de los 1700 msnm (Tabla 4) se registraron promedios similares de germinación (21,00% y 21,67%, como se observa en la Figura 8)



**Figura 8.** Porcentaje de germinación de *T. chrysantha* en los diferentes pisos altitudinales por procedencia

Fuente: El Autor

Como se observa en la Figura 9 las semillas procedentes de Francisco tienen mejores resultados germinativos a 1700msnm (porcentaje) que en las otras altitudes en las que se establecieron parcelas (13,0% y 14,7% a altitudes de 2100 msnm y 2400 msnm respectivamente). Mientras que la procedencia de Imbana respondió mejor a las 2100 msnm obteniendo un porcentaje de germinación de 29%, seguido por la respuesta obtenida a los 2400 (27,67%) y 1700 (15,67%) msnm aunque como lo revelaron los análisis estadísticos ( $p=2617$ ) no existe una relación significativa combinando estos factores (altitud-procedencia).



**Figura 9.** Porcentaje de germinación por precedencias de *T. chrysantha* y en sus tres pisos altitudinales

Fuente: El Autor

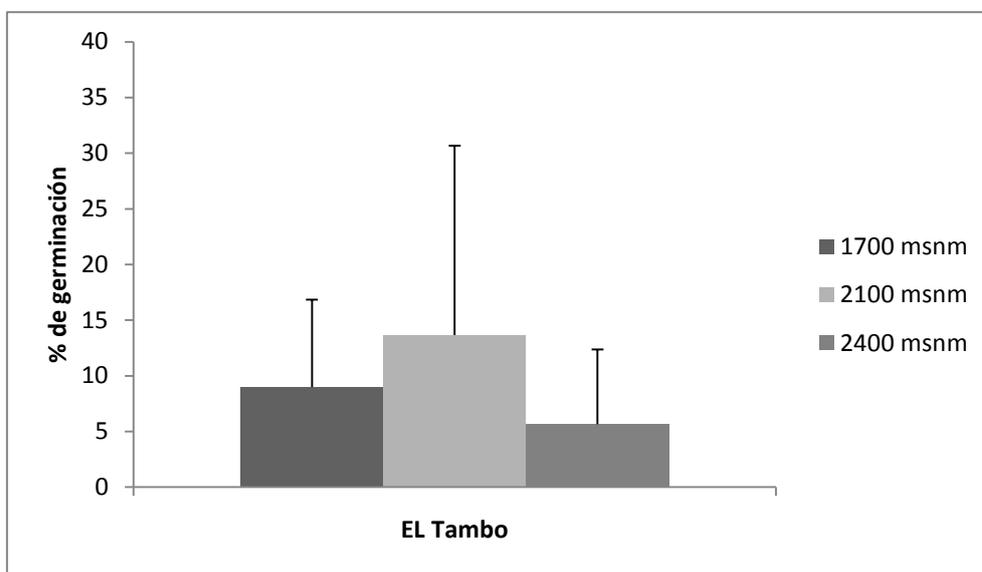
La procedencia influye significativamente sobre el porcentaje de germinación ( $p=0,0065$ ). Estas diferencias como lo menciona Espinoza (2008) se debe probablemente al estado fitosanitario del rodal donde fueron colectadas las semillas, lo que concuerda con Alvarado & Encalada (2010) quienes mencionan que los bajos porcentajes de germinación de semillas de San Francisco se deben a la gran cantidad de frutos afectados por plagas y enfermedades lo cual no les permite alcanzar la madurez fisiológica a las semillas. Y por otra parte debido a la existencia de diferencias genéticas entre fuentes semilleras (Barner et al., 1988).

Para la especie *T. chrysantha* no se encontraron diferencias significativas para el factor altitud ( $p=0,6188$ ). Sin embargo como se observa en la Tabla 5, existen diferencias significativas para el factor procedencia ( $p = 0,0065$ ) y para la Humedad relativa, HR ( $p=0,0001$ ), evidenciando una preferencia de la especie por germinar en un ambiente húmedo (HR=94%) con una temperaturas no superiores a los 16°C.

#### **3.1.2.4. *Nectandra membranacea***

Como se mencionó anteriormente, no se pudo contar con otra procedencia en estado reproductivo de esta especie. Por lo que el análisis estadístico fue modelado en base a la altitud, temperatura y HR.

Como se muestra en la Figura 10 la especie de *N. membranacea* respondió mejor a los 2100 msnm, en donde el promedio de temperatura osciló entre 16°C y 17°C, registrando un porcentaje de germinación del 13,67%. La germinación a 1700 msnm fue del 9% con temperaturas entre 17°C y 18°C y humedad relativa entre 83% y 89%. Por otro lado, el piso altitudinal 2400 msnm, el estudio se desarrolló bajo una temperatura de entre 14°C a 15°C, y HR de 85 a 94%, pero con un 5% de germinación (Tabla 4 y Anexo 2). Estadísticamente la temperatura tuvo un efecto significativo sobre la germinación de ésta especie ( $p=0,048$ ) evidenciando una preferencia de la especie a estrechas condiciones de temperatura y humedad para su regeneración.



**Figura 10.** Porcentaje de germinación de la procedencia "El Tambo" de *N. membranacea*

Fuente: El Autor

## 3.2. Discusión

### 3.2.1. Calidad de semillas de las cuatro especies forestales

La cantidad y la calidad de las semillas varían de acuerdo al lugar en el que fueron conectadas y a las características fenotípicas de cada individuo, además la variación ocurre también en su gran mayoría por la diversidad genética existente entre poblaciones (Hocker, 1984). En este estudio los parámetros de peso, contenido de humedad, pureza y germinación, muestran que la calidad de las semillas varía de una procedencia a otra y entre las diferentes especies. Durante los últimos años varios estudios han demostrado que la calidad y manejo de la semilla influye considerablemente en la germinación. Xu et al., (2014) demuestran que las especies con semillas más pesadas pueden alcanzar porcentajes de germinación más elevados a diferencia de especies con semillas más livianas. Igualmente Montes, et al, (1995) sostienen que especies con semillas más grandes alcanzan porcentajes de germinación más altos que especies de la semilla pequeña, y aunque en nuestro estudio el tamaño de la semilla no fue tomado en cuenta se puede observar que *T. chrysantha* y *N. membranacea* que tienen semillas más grandes a diferencia de *M. pubescens* y *H. americanus*, alcanzaron porcentajes de germinación más elevados.

Como lo mencionan Montes et al., (1995) y López-Castañeda, et al, (1996) esta diferencia en la germinación debido al peso y tamaño de la semilla se debe principalmente a la cantidad de reservas, tamaño del embrión, cantidad de proteínas y eficiencia en los sistemas enzimáticos que le confieren a las semillas grandes un mayor porcentaje de germinación. Sin embargo Pearson et al., (2002) sostienen que las semillas más grandes no podrían germinar rápido debido a su opacidad habitual de capas gruesas y duras de semillas dando a las semillas pequeñas ventaja competitiva sobre semillas más grandes por tener surgimiento más rápido.

Por otro lado, en nuestro estudio los resultados obtenidos del análisis de contenido de humedad de las semillas, permiten clasificar a las semillas como semillas ortodoxas, ya que el contenido de humedad de las especies va desde el 4% (*N. membranacea*) hasta el 16% (*H. americanus*). Estos bajos contenidos de humedad les permitiría a las semillas mantener su viabilidad en el campo por periodos de tiempo prolongados (FAO, 2007). Como los menciona la norma ISTA (2007) el contenido de humedad de las semillas y la pureza de las mismas son parámetros importantes, ya que permiten por un lado determinar el tiempo de almacenamiento de las semillas y por otro permiten identificar fuentes semilleras de buena calidad. Sin embargo como lo

menciona Gálvez (2003) la viabilidad en el tiempo no solo estaría ligada a su bajo contenido de humedad sino también al estado inicial de las semillas, las condiciones iniciales del lote, siendo importante conocer la pureza del lote.

En este estudio la mayoría de las especies alcanzaron porcentajes de pureza superiores al 80%, excepto *T. chrysantha* de la procedencia de San Francisco, que alcanzó solo el 67% debido a la elevada contaminación por agentes patógenos lo que no le permitió a la especie tener mayor éxito en la germinación, y en el caso de usar estas semillas en producción de plantas para proyectos de reforestación no obtendría resultados positivos o deseados, como se evidencia además en la fase de germinación en campo (Figura 9). Es por eso que la calidad genética referida a las características de forma, sanidad, y otros rasgos de los árboles de donde se colecta la semilla es la propiedad más importante ya que define en gran medida la calidad de la plantas (Trujillo, 1995). Igualmente como lo mencionan García de la Cruz et al., (2011), una selección errónea de la fuente semillera o el uso de material biológico de mala calidad puede generar mayores pérdidas en la plantación que cualquier otro factor que se valore; por lo que las ventajas y rendimientos que se obtengan de un predio donde se plante con semilla de origen conocido, serán mayores que en los que se emplean semillas de las que se desconocen sus características y procedencia.

### **3.2.2. Efecto de la temperatura sobre la germinación de las cuatro especies forestales**

Como lo menciona De la Cruz, (2013) la germinación de las semillas, es un proceso que depende de una combinación de variables ambientales y biológicas, donde la temperatura y la humedad, son factores que condicionan la germinación de las semillas (Copeland & McDonald, 1995). Nuestros resultados muestran que la temperatura y/o la humedad tienen un efecto significativo sobre el porcentaje de germinación. Sin embargo aunque estas variables ambientales no actúan de forma similar para las especies, tienen un marcado efecto sobre el porcentaje de germinación de todas las especies.

Baskin & Baskin (2001) y Varela & Arana (2011) mencionan que la humedad y la temperatura son factores importantes que ayudan y pueden poner en marcha cambios bioquímicos que interrumpen la latencia, inician el metabolismo y crecimiento del embrión haciendo que se produzca la germinación. Igualmente Wilman et al., (2014) demuestran que algunas especies requieren largos periodos de humedad para alcanzar éxito en la germinación, como puede ser el caso de *M. pubescens* en la cual

se pudo observar que existe una clara preferencia de la especie por temperaturas más bajas las cuales están estrechamente relacionadas con altos contenidos de humedad.

Por otra parte los resultados de nuestro estudio revelan también que el piso altitudinal actúa significativamente en la germinación *M. pubescens* a diferencia de *H. americanus*, *T. chrysantha* y *N. membranacea*, que ha sido justificada por Meyer et al., (1995) como una variación sustancial en la plasticidad genética y fenotípica para la latencia de las semillas y germinación, en la mayoría de las especies vegetales dentro de cada gradiente altitudinal. Estas diferencias en la respuesta de las especies a las condiciones ambientales de cada piso altitudinal se dan debido a que, todas las especies responden de forma diferente a los cambios que se pueden dar en las condiciones climáticas (Vié et al., 2009)

En nuestro estudio la respuesta en la germinación de, *T. chrysantha* y *N. membranacea* ocurre de forma similar en todos los pisos a diferentes condiciones de temperatura y humedad. Por lo tanto nosotros consideramos que existe cierto grado de resiliencia de estas especies ante escenarios de cambio climático. Sin embargo, se puede observar cierto grado de preferencia de *M. pubescens* y *H. americanus* por germinar en ambientes más húmedos y con temperaturas bajas propias de su rango de distribución como lo demuestra lo demás Jorgensen & León-Yáñez (1999), lo que supondría que estas especies se verían afectadas más drásticamente por los cambios debido a su dependencia de un hábitat especializado para su reproducción, reducida tolerancia a umbrales ambientales muy estrechos y limitada capacidad de dispersión y colonización de nuevas zonas. (Vié et al., 2009).

Estas diferencias entre las respuestas de todas las especies ante distintos escenarios climáticos, se deben a que las variaciones de los promedios de temperatura fueron muy cortos ( $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) o por otra parte a los estrictos requerimientos de las especies para germinar, requerimientos que están ligados por un lado a que los requisitos de establecimiento (germinación) de las especies están asociados a sus orígenes ancestrales (Kruger et al., 1997) y por otra parte, como lo mencionan Lechmere-Oertel et al., (2005) los nichos de regeneración de determinadas especies se ven reducidos a micrositios con determinadas condiciones de temperatura, humedad y luz (que en nuestro estudio no fue tomada en cuenta) dentro de una misma formación vegetal.

La procedencia es otro de los factores que inciden en el porcentaje de germinación de las especies, al menos es lo que se pudo evidenciar en *M. pubescens* y *T. chrysantha*, en donde se observa que el porcentaje de germinación depende (de manera

significativa) de la calidad de semilla encontrada en cada uno de los sitios de recolección. En el caso de *T. chrysantha* se pudo observar que las semillas provenientes de San Francisco mostraron un bajo porcentaje de germinación, debido a que las semillas mostraron una gran contaminación por agentes patógenos. En *M. pubescens* por su parte se pudo encontrar una gran cantidad de semillas no viables (sin embrión) en ambas procedencias, lo que no le permitió a esta especie tener mejor éxito germinativo.

## **CAPITULO IV**

## CONCLUSIONES

- Las semillas de todas las especies forestales estudiadas, se clasifican como ortodoxas, debido a su bajo contenido de humedad, lo que les permitiría ser almacenadas por periodos de tiempo prolongados.
- La calidad de las semillas no varía significativamente de una procedencia a otra en las especies de *Heliocarpus americanus* y *Morella pubescens*. Sin embargo para la especie *Tabebuia chrysantha* las semillas provenientes de Imbana presentan una calidad de semilla superior a las de San Francisco.
- La germinación de las especies en laboratorio fue similar para ambas procedencias de las especies *Heliocarpus americanus* y *Morella pubescens*, mientras que *Tabebuia chrysantha* mostró diferencias entre procedencias.
- Existe gran cantidad de semillas no viables de *M. pubescens* y *T. chrysantha* provenientes de Imbana y San Francisco.
- *Tabebuia chrysantha*, *Heliocarpus americanus* *Nectandra membranacea* y *Morella pubescens*, tuvieron mayor éxito germinativo dentro de sus rangos de distribución natural.
- *Tabebuia chrysantha* alcanzó el mejor éxito germinativo de todas las especies forestales, en todas las condiciones de temperatura sometida, lo que le permitiría a la especie ampliar su nicho de germinación y adaptarse a nuevas condiciones climáticas.
- La germinación de *Heliocarpus americanus* y *Morella pubescens* por su parte se vió restringida a condiciones de temperatura específicas, evidenciando una clara preferencia de la especie por condiciones de temperatura específicas, lo que la hace vulnerable ante escenarios de cambio climático.
- La germinación de todas las especies con excepción de *Nectandra membranacea* está claramente influenciada por la Humedad Relativa que aunque no tiene el mismo efecto en todas las especies, es un factor significativo dentro de la germinación de estas especies.
- La temperatura media de los pisos altitudinales es un factor significativo sobre el porcentaje de germinación para *Heliocarpus americanus* y *Nectandra membranacea*.

## RECOMENDACIONES

- Para tener resultados más confiables acerca del impacto que tiene la temperatura, sobre el proceso germinativo de las especies, es necesario establecer un número mayor de réplicas, con una cantidad mayor de semillas, que permitan y puedan dar resultados más confiables.
- Si se desea iniciar con proyectos de reforestación con estas especies, es necesario tener una gran cantidad de semillas, debido a que todas las especies tienen bajos porcentajes de germinación, ya sea por las características físicas de las semillas, como *N. membranacea* y *M. pubescens* y por otro lado por la sensibilidad de las semillas por agentes patógenos como en el caso *T. chrysantha*.
- Igualmente es importante establecer ensayos de adaptación de las especies a diferentes temperaturas, ya que la germinación es solo el primer paso, en el desarrollo de las plantas, consecuentemente, si bien el cambio en los patrones climáticos como la temperatura puede afectar a en la germinación de las especies, es posible que los efectos de estos cambios se observen mejor, sobre la adaptación-crecimiento de las plantas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Asociación para la Cooperación en Materia de Bosques, ACP. (15 de Enero de 2011). ACP. Recuperado el 2 de Febrero de 2013, de <http://www.cpfweb.org/32906-0e991170a52b1393b9933a0d00cd5a720.pdf>
- Convención Climático sobre Cambio. (2004). *Climate Change*. Suiza.
- Aguirre, C., & Chamba, C. (2010). Patrones de comportamiento de 10 especies vegetales del páramo del Parque nacional Podocarpus ante Escenarios de Cambio Climático. *Tesis de Grado previa a la Obtención del Título de: Ingeniero Forestal*.
- Alvarado, C., & Encalada, D. (2010). Estudio fenológico, análisis y almacenamiento de semillas, de seis especies forestales nativas en bosque tropical montano, potenciales para la reforestación en la Estación Científica San Francisco. *Tesis Previa a la Obtención del Título de Ingeniero/a Forestal*.
- Arribas, P., Abellán, P., Velasco, J., Bilton, D., Lobo, J., Millán, A., et al. (2012). La vulnerabilidad de las especies frente al cambio climático, un reto urgente para la conservación de la biodiversidad. *Ecosistemas*.
- Asociación de Cooperación en Materia de Bosques. (2011). *El Manejo Forestal Sustentable. MFS, y la adaptación al cambio climático*.
- Barner, H., Olesen, K., & Wellendorf, H. (1988). *Clasificación de fuentes semilleras*. Nota de Clase No. B.1, Costa Rica.
- Baskin, C., & Baskin, J. (2001). Seed: Ecology, biodiversity and evaluation of dormancy and germination. *Academic Press, San Diego. California*.
- Begon, M., Harper, & Townsend, C. (2006). Ecology. From Ecosystems. *4th edition. Oxford, UK. Blackwell Publishing, 729*.
- Bendix, J., Rollenbeck, R., Richter, M., Fabian, P., & Emck, P. (2008). Gradients in a Tropical Mountain Ecosystem of Ecuador. In: Beck, E., Bendix, J., Kottke, I., Makeschin, F., Mosandl, R. (Eds) *Ecological Studies*, 63-73.
- Biringer, J. (2003). Forest Ecosystems Threatened by Climate Change: Promoting Long-term Forest Resilience. In Hansen, LJ; Biringer, JL; Hoffman, JR. eds *Buying Time: A user's Manual for Building Resistance and Resilience to Climate Change in Natural Systems WWF*, 43-67.
- Bravo, J., Sánchez, S., & Gelviz-Galvez, S. (2011). *Estudio de la distribución de las especies frente al cambio climático*. Hidalgo. Pachuca: Cuadernos de Biodiversidad. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Brown, S. (1997). *Los bosques y cambio climático y la función de los bosques sumideros de carbono*. US Agencia de Protección Ambiental, Salud Nacional y Ambiental. Efectos de las investigaciones en Laboratorio, EUA.

- Burger, R., & Lynch, M. (1995). Evolution and extinction in a changing environment - a quantitative-genetic analysis. *Evolution*, 151-163.
- Cabrera, M., & Ordóñez, H. (2004). Fenología, almacenamiento de semillas y propagación a nivel de vivero de diez especies forestales nativas del sur del Ecuador. *Tesis de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja*.
- Carpenter, S., Walker, B., Anderies, J., & Abel, N. (19 de Marzo de 2001). Recuperado el 28 de Enero de 2008, de <http://www.resalliance.org/576.php>
- CDB. Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2007). *Cambio Climático y Diversidad Biológica*.
- Chapin, F., Zavalet, E., Eviner, V., Naylor, R., Vitousek, P., Reynolds, H., y otros. (2000). Consequences of changing biodiversity. *Nature*, 234-242.
- Convención de las Naciones Unidas. (2001). *Comunicación Nacional. Republica del Ecuador*. Quito.
- Copeland, L. O., & McDonald, M. B. (1995). Principles of Seed Science and Technology. *Champan y Hall*.
- Crick, H. Q. (2004). The impact of climate change on birds. *Ibis*, 146: 48-56.
- Cuesta-Camacho, F., Ganzenmuller, A., Perevalo, A., Sáenz, M., Novoa, M., & Riogro, G. (2006). Predicting species niche distribution shifts and biodiversity change within climate change scenarios. A regional assessment for bird and plant species in the Northern tropical Andes. *National Institute for Public Health and the environment (RIVM-NEAA) Ecociencia/MNP\_Andes*, 1-36.
- De la Cruz, F. (2013). Distribución espacial de la regeneración natural de especies arbóreas dentro del gradiente altitudinal Caribe-Villa Mills, Costa Rica y su relación con variables bioclimáticas. *Tesis para optar por el grado de Magister Scientiae en Manejo y Conservación de Bosques Naturales y Biodiversidad. CATIE*.
- Delgado, T. (2008). Evolución de la diversidad vegetal en Ecuador ante escenario de cambio global. *Memoria de Tesis doctoral Madrid: Departamento de Publicaciones. Universidad Complutense de Madrid*.
- Delgado, T., & Suárez-Duque, D. (2009). Efectos del cambio climático en la diversidad vegetal del Corredor de Conservación Comunitaria Reserva ecológica el Ángel-Bosque Protector Golodrinas en el norte del Ecuador.
- Espinoza, V. M. (2008). Analisis de calidad y comportamiento de semillas de Lupina (*Cyisus monspensulanus*). *Tesis presentada como requisito parcial para obtener el Título de Ingeniero Forestal. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo*.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2006). Global Forest Resources Assessment 2005 Progres towards

sustainable forest management. *Food and Agricultural Organization of United Nations, Rome.*

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2007). Conservación y manejo de los recursos genéticos forestales: En plantaciones y bancos de Germoplasman (ex situ).

Gálvez, C. (2003). *Junta de Anda Lucia* . Recuperado el 09 de 07 de 2014, de [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/80-402\\_MATERIAL\\_VEGETAL\\_DE\\_REPRODUCCION\\_\\_MANEJO\\_CONSERVACION\\_Y\\_TRATAMIENTO/80-402/5\\_ALMACENAMIENTO\\_Y\\_CONSERVACION\\_DE\\_SEMILLAS.PDF](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/80-402_MATERIAL_VEGETAL_DE_REPRODUCCION__MANEJO_CONSERVACION_Y_TRATAMIENTO/80-402/5_ALMACENAMIENTO_Y_CONSERVACION_DE_SEMILLAS.PDF)

García de la Cruz, Y., Ramos, J. M., & Becerra, J. (2011). Semillas forestales nativas para la restauración ecológica. *Biodiversitas*, 12-15.

Garrido, S. (2010). *Impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y seguridad alimentaria en el Salvador*. Cuaderno de Trabajo, Unidad Ecológica Salvadoreña-UNES, San Salvador.

Giz. Cooperación Técnica Alemana . (2012). *Caracterización Biofísica y Socioeconómica del Micro Corredor Podocarpus - Yacuambi*. Informe Técnico, Zamora. Ecuador.

Gómez-Díaz, J., Montero-Rivas, A., Tinoco-Rueda, J., & López-García, J. (2007). Comportamiento de la vegetación bajo escenarios de cambio climático en la Reserva de Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. *Zonas Áridas*.

Gomulkiewicz, R., & Holt, R. (1995). When does Evolution by Natural Selection Prevent extinction? *Evolution*, 201-207.

Grabher, G., Gottfried, M., & Pauli, H. (2001). Long-term monitoring of mountain peaks in the Alps. . In: C. A. Burga & A. Kratochwil (eds.). *Biomonitoring: General and applied aspects on regional and global scales. Tasks for Vegetation Science*, Kluwer.

Guerreo, J., & Luzón, S. (2012). Evaluación de los principales productos forestales no maderables de origen vegetal de la cuenca del Río San Francisco. Cantón Zamora: Provincia de Zamora Chinchipe. Tesis como requisito previo a la obtención del Título de Ingeniero/a Forestal. Universidad Nacional de Loja.

Gurrutxaga, M., & Lozano, P. J. (2008). Evidencias sobre la eficacia de los corredores ecológicos: ¿Solucionan la problemática de fragmentación de hábitats?

Herrera, J., Alizaga, R., Guevara, E., & Jiménez, V. (2006). *Germinación y Crecimiento de la planta* . San José : Editorial de la Universidad de Costa Rica.

Hocker, J. (1984). *Introducción a la biología forestal*. México: AGT Editor, S.A.

IPCC. (2002). Cambio Climático y Biodiversidad. *Documento Técnico V del IPCC*.

- IPCC. (2007). *Informe de síntesis: Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio climático.*
- ISTA. (2007). International Seed Testing Association.
- Jara, A., & Romero, J. (2005). Aspectos fenológicos y calidad de semillas de cuatro especies forestales nativas de bosque tropical de montaña, para restauración de hábitats.
- Jimenez, M. (2009). Resiliencia de los ecosistemas naturales de Costa Rica al cambio climático. *CATIE.*
- Jorgensen, P. M., & León-Yáñez, S. (1999). Catalogo de plantas vasculares de Ecuador . *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard*, 1-1182.
- Kruger, L. M., Midgely, J. J., & Cowling, R. M. (1997). Resprouts vs reseeders in South African forest trees; a model based on forest canopy height. *Functional Ecology*, 101-105.
- Kujala, H. (2012). Climate change, species range shifts and uncertainty - a new of conservation planning . *Department of Biosciences. Faculty of Biological and Environmental Sciences. University of Helsinki.*
- Lechmere-Oertel, R., Kerley, G. I., & Cowling, R. M. (2005). Patterns and implications of transformation in semi-arid succulent thicket, South Africa. *Journal of Arid Environments*, 459-474.
- Lemoine, N., Bauer, B., Peintinger, M., & Bohning-Gaese, K. (2007). Effects of Climate and Land-Use change on Species Abundance in a Central European Bird Community. *Conserv. Biol*, 21: 495-503.
- Lenton, T., & Vaughan. (2009). Radiative forcing potential of climate geoeengineering. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 1-50.
- López-Castañeda, C., Richards, R. A., Farquhar, G. D., & Williamson, R. E. (1996). Seed and Seedling characteristics contributing to variation in early vigor among Temperate Cereals. *Crop Sci.*
- MAE. (2011). Estimación de la Tasa de Deforestación del Ecuador Continental.
- MAE. (2012). Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador.
- Martyn, A. J., Sommerville, K. D., & Offord, C. A. (2011). Effects of stratification and temperature on germination of high-altitude species from Kosciuszko National Park. *Final Report to the Australian Flora Foundation.*
- Mckinney, M. (1997). Extinction vulnerability and selectivity: combining ecological and paleontological views. *Annual Review of Ecology and Systematics* , 495-516.
- Menzel, A., & Dose, V. (2005). Analysis of long-term time series of the beginning of flowering by Bayesian function estimation. *Tetnologische Zeitschrift*, 429-434.

- Mettemeyer, R. (1997). Megadiversity: Earth's Biologically Wealthiest Nations. *Cemex*.
- Meyer, S. E., Kitchen, S. G., & Carlson, S. L. (1995). Seed germination timing patterns in Inter-mountain Penstemon (Scrophulariaceae). *American Journal of Botany*, 177-389.
- Miller, K., Chang, E., & Johnson, N. (2001). En busca de un enfoque común para el Corredor Biológico Mesoamericano. *Washington, US, World Resources Institute*, 49.
- Mondoni, A., Rossi, G., Orsenigo, S., & Probert, R. J. (2012). Climate warming could shift the timing of seed germination in alpine plants. *Annals of Botany*, 1-10.
- Montes, N., González, V., & Mendoza, L. (1995). Calidad de semilla de sorgo sometido a defoliación y déficit hídrico. *Agronomía Mesoamericana*, 140-147.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2007). *Conservación y manejo de recursos genéticos forestales. Vol. 3: en plantaciones y bancos de germoplasma (ex situ)*. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Roma: Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos.
- Ourèye, M. (2012). Germination Capacity of Annonaceae Seeds (*Annona muricata* L., *A. squamosa* L. and *A. Senegalensis* Pers.) Cultivated Under Axenic Conditions. *International Journal of Science and Advanced Technology*.
- Parmesan, C. (2005). Biotic response: Range and Abundance Changes. In *Lovejoy, TE; Hannah, L. eds. Climate Change and Biodiversity. Michigan, USA, Yale University Press*, 41-55.
- Parmesan, C. (2006). Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 637-669.
- Pearson, T. R., Burslem, D. F., Mullins, C. E., & Dalling, J. W. (2002). Germination Ecology of neotropical pioneers; Interacting effects of environmental conditions and seed size. *Ecology*, 2798-2807.
- PNUMA. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2004). *Cambio Climático*. Suiza.
- Rao, K. N., Hanson, J., Dulloo, E. M., Ghosh, K., Nowell, D., & Lirende, M. (2006). Manual para el manejo de semillas en Bancos de Germoplasma. *Manual para bancos de germoplasma. Biodiversity International*.
- Réale, D., McAdam, A., Boutin, S., & Berteaux, D. (2003). Genetic and plastic responses of a northern mammal to climate change. *Proceeding of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences*, 591-596.
- Romero, J. (2005). Adaptation to climate change. Finding from IPCC TAR. In Robledo, C; Kanninen, M; Pedrini, L. eds. *Tropical Forest Adaptation to Change. In*.

- Sierra, R. (2013). Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010. Y un acercamiento a los próximos 10 años. *Conservación Internacional Ecuador y Forest Trends*.
- Tebbich, S., Taborsky, M., Fessl, B., & Blomqvist, D. (2001). Do woodpecker finches acquire tool-use by social learning? *Proceeding of the Royal Society of London Series B: Biological Science* , 2189-2193.
- Thomas, C., Hill, J., Anderson, B., Bailey, S., & Bradbury, R. (2011). A framework for assessing threats and benefits to species responding to climate change. *Methods in Ecology and Evolution* , 125-142.
- Trujillo, E. (1995). Manejo de Semillas Forestales. *Guía Técnica para el Extensionista Forestal*. CATIE.
- Trujillo, E. (2000). *El semillero*. Recuperado el 10 de 07 de 2014, de <http://www.elsemillero.net/pdf/Semillas/Almacenamiento%20de%20Semillas%20Forestales%20ET.pdf>
- Varela, S., & Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. *Serie técnica: "Sistemas Forestales Integrados", INTA EEA Bariloche*.
- Vié, J., Hilton-Taylor, C., & Stuart, N. (2009). Wildlife in a Changing World - An Analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species. *Gland, Switzerland: IUCN*.
- Vitousek, P. (1994). Beyond Global Warming: Ecology and global change. *Ecology*, 1861-1876.
- Walck, J. L., Hidayatu, S., Dixon, K. W., Thompsons, K., & Poschlod, P. (2011). Climate change and plant regeneration from seed. *Global Change Biology*, 2145-2161.
- Warren, M., Hill, J., Thomas, J., Asher, J., Fox, R., Huntley, B., y otros. (2001). Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change. *Nature*, 65-69.
- Willan, R. (1991). Guía para la Manipulación de semillas forestales, con especial referencia a los trópicos. *Compilada para el Centro de semillas forestales de DANIDA. Estudio FAO*.
- Williams, S., Shoo, L., Isaac, J., Hoffmann, A., & Langham, G. (2008). Towards an integrated framework for assessing the vulnerability of species to climate change. *Plos Biology*, 2621-2626.
- Wilman, V., Campbell, E. E., Potts, A. J., & Cowling, R. M. (2014). A mismatch between germination requirements and environmental conditions: Noche conservatism in xeric subtropical thicket canopy species. *South African Journal of Botany*.
- Wunder, S. (2000). The economics of deforestation: the example of Ecuador. *Marti's press. New York*.

- Wunderle, J. M. (1997). The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management*, 223-235.
- Xu, J., Li, W., Zhang, C., Liu, W., & Du, G. (2014). Variation in seed germination of 134 Common Species on the Eastern Tibetan Plateau: Phylogenetic, Life History and Environmental Correlates. *PLoS ONE*.

## ANEXOS

**Anexo 1.** Semillas vacías de *Morella pubescens* de las procedencias de San Francisco he Imbana

Réplica	Especie	Proveniencia	Número de semillas por réplica	Semilla completa	Semillas vacías
R1	Morella p.	SF	25	0	12
R2	Morella p.	SF	25	0	12
R3	Morella p.	SF	25	0	14
R4	Morella p.	SF	25	1	18
R1	Morella p.	IM	25	1	10
R2	Morella p.	IM	25	0	15
R3	Morella p.	IM	25	0	14
R4	Morella p.	IM	25	1	13

**Anexo 2.** Promedios de temperatura y humedad de los meses de Agosto 2013 - Febrero 2014, obtenido a través de los data loggers

Especie	Sitio_siembra	Altitud	Temperatura	HR
<i>M. pubescens</i>	Imbana	1700	16	85
<i>M. pubescens</i>	Imbana	2100	15	83
<i>M. pubescens</i>	Imbana	2400	13	88
<i>M. pubescens</i>	San.Francisco	1700	16	85
<i>M. pubescens</i>	San.Francisco	2100	14	94
<i>M. pubescens</i>	San.Francisco	2400	12	99
<i>M. pubescens</i>	Tutupali	1700	17	89
<i>M. pubescens</i>	Tutupali	2100	16	87
<i>M. pubescens</i>	Tutupali	2400	14	97
<i>H. americanus</i>	Imbana	1700	18	84
<i>H. americanus</i>	Imbana	2100	17	81
<i>H. americanus</i>	Imbana	2400	15	85
<i>H. americanus</i>	San.Francisco	1700	17	85
<i>H. americanus</i>	San.Francisco	2100	14	94
<i>H. americanus</i>	San.Francisco	2400	12	99
<i>H. americanus</i>	Tutupali	1700	17	86
<i>H. americanus</i>	Tutupali	2100	15	92
<i>H. americanus</i>	Tutupali	2400	13	97
<i>T. chrysantha</i>	Imbana	1700	17	89
<i>T. chrysantha</i>	Imbana	2100	16	88
<i>T. chrysantha</i>	Imbana	2400	14	93
<i>T. chrysantha</i>	San.Francisco	1700	17	94
<i>T. chrysantha</i>	San.Francisco	2100	15	97
<i>T. chrysantha</i>	San.Francisco	2400	13	99

<i>T. chrysantha</i>	Tutupali	1700	18	96
<i>T. chrysantha</i>	Tutupali	2100	16	97
<i>T. chrysantha</i>	Tutupali	2400	16	100
<i>Nectandra.membranacea</i>	Imbana	2400	15	85
<i>Nectandra.membranacea</i>	San.Francisco	2400	14	94
<i>Nectandra.membranacea</i>	Tutupali	2400	14	94
<i>Nectandra.membranacea</i>	Imbana	2100	17	79
<i>Nectandra.membranacea</i>	San.Francisco	2100	16	90
<i>Nectandra.membranacea</i>	Tutupali	2100	16	87
<i>Nectandra.membranacea</i>	Imbana	1700	18	83
<i>Nectandra.membranacea</i>	San.Francisco	1700	17	86
<i>Nectandra.membranacea</i>	Tutupali	1700	17	89

**Anexo 3. Test de Fisher. Medias ajustadas y errores estándar para el factor precedencia de la especie *Morella pubescens*.**

Procedencia	Medias	E.E.	
San.Francisco	5,53	1,36	A
Imbana	3,54	1,15	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**Anexo 4. Test de Fisher. Medias ajustadas y errores estándar para el factor altitud de la especie *Morella pubescens*.**

Altitud	Medias	E.E.	
2400	11,5	2,1	A
2100	1,58	1,75	B
1700	0,52	1,24	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**Anexo 5. Test de Fisher. Medias ajustadas y errores estándar para el factor precedencia de la especie *Heliocharpus americanus*.**

Procedencia	Medias	E.E.	
San.Francisco	10,67	1,28	A
San.Juan	8	1,28	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**Anexo 6. Test de Fisher. Medias ajustadas y errores estándar para el factor altitud de la especie *Heliocharpus americanus*.**

Altitud	Medias	E.E.	
2100	10,82	1,57	A
1700	9,88	4,02	A

2400	7,3	3,89	A
------	-----	------	---

*Medias con una letra común no son significativamente*

**Anexo 7. Test de Fisher. Medias ajustadas y errores estándar para el factor precedencia de la especie *Tabebuia chrysantha*.**

Procedencia	Medias	E.E.	
Imbana	27,56	2,52	A
San.Francisco	17,56	2,52	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**Anexo 8. Test de Fisher. Medias ajustadas y errores estándar para el factor altitud de la especie *Tabebuia chrysantha*.**

Altitud	Medias	E.E.
2400	27,29	3,35
1700	21,09	3,21
2100	19,29	3,11

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**Anexo 9. Test de Fisher. Medias ajustadas y errores estándar para el factor altitud de la especie *Nectandra membranacea*.**

Altitud	Medias	E.E.
2400	14,87	4,99
2100	7,45	2,48
1700	1,64	4,2

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*