



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
INDOAMÉRICA**

**DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL CON MENCIÓN  
EN PLANIFICACIÓN AMBIENTAL**

**TEMA:**

---

**IMPLICACIONES DEL MANEJO Y DOMESTICACIÓN  
AGROFORESTAL EN LA VARIABILIDAD GENÉTICA DE ÁRBOLES  
TROPICALES.**

---

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de Magister en Gestión Ambiental con Mención en Planificación Ambiental.

**Autor:**

Villagómez Arellano Diego

**Tutor:**

PhD. Endara María José

QUITO – ECUADOR

2022

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA  
DEL TRABAJO DE TÍTULACIÓN**

Yo, Luis Diego Villagómez Arellano, declaro ser autor del Trabajo de Investigación con el nombre “IMPLICACIONES DEL MANEJO Y DOMESTICACIÓN AGROFORESTAL EN LA VARIABILIDAD GENÉTICA DE ÁRBOLES TROPICALES”, como requisito para optar al grado de Magister en Gestión Ambiental con Mención en Planificación Ambiental y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 11 días del mes de abril de 2022, firmo conforme:

Autor: Luis Diego Villagómez Arellano

Firma: .....

Número de Cédula: 0603092859

Dirección: Chimborazo, Riobamba Guayas y Napo

Correo Electrónico: [dvillagomez37@gmail.com](mailto:dvillagomez37@gmail.com)

Teléfono: 0995560091

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “IMPLICACIONES DEL MANEJO Y DOMESTICACIÓN AGROFORESTAL EN LA VARIABILIDAD GENÉTICA DE ÁRBOLES TROPICALES” presentado por Luis Diego Villagómez Arellano, para optar por el Título de Magister en Gestión Ambiental con Mención en Planificación Ambiental.

### **CERTIFICO**

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

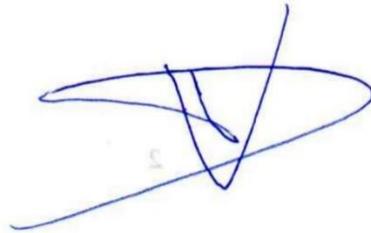
Quito, 11 abril de 2022

-----  
PhD. María José Endara Burbano.

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Magister en Gestión Ambiental con mención en Planificación Ambiental, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, 11 de abril de 2022



.....  
Luis Diego Villagómez Arellano

0603092859

## **APROBACIÓN TRIBUNAL**

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: **IMPLICACIONES DEL MANEJO Y DOMESTICACIÓN AGROFORESTAL EN LA VARIABILIDAD GENÉTICA DE ÁRBOLES TROPICALES**, previo a la obtención del Título de Magister en Gestión Ambiental con Mención en Planificación Ambiental, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Quito 11 de abril de 2022

-----  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

PhD. Nora Oleas Gallo

-----  
**VOCAL**

PhD. Laura Salazar Cotugno

-----  
**TUTOR**

PhD. María José Endara

## **DEDICATORIA**

Dedico a la memoria de mi papá Luis Felipe (+) por su esfuerzo y vida. A mi mamá Beatriz, siempre fue mi inspiración de trabajo y fortaleza. Finalmente, a mi amado Ismael Benjamín por su apoyo, cariño y vida, es mi pilar para seguir creciendo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Karola Cuadrado, por su apoyo incondicional y a toda mi familia que aportaron al éxito de esta maestría. Mi reconocimiento a la Universidad Indoamérica, de igual manera la Investigadora y Docente de la Universidad de las Américas, la Tutora PhD. María José Endara Burbano, por la instrucción para realizar este Proyecto de Investigación.

PORTADA.....	1
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	8
ÍNDICE DE ANEXOS.....	9
RESUMEN EJECUTIVO.....	10
DESCRIPTORES: Variabilidad genética, Poblaciones, Árboles tropicales, Manejo forestal, Agroforestería, Manual de propágulos.....	11
ABSTRACT .....	12
KEY WORDS: Genetic variability, Populations, Tropical trees, Forest management, Agroforestry, Seed management manual. ....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
I.I Importancia de la conservación de los recursos genéticos en poblaciones de árboles. ....	13
OBJETIVOS .....	18
Objetivo general: .....	18
Objetivos específicos:.....	18
METODOLOGÍA .....	19
RESULTADOS:.....	19
DISCUSIÓN: .....	29
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	35
ANEXOS .....	37
BIBLIOGRAFÍA.....	61

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Encuestas (modelo de encuesta) .....	34
<b>Anexo 2.</b> Compendio de estudios revisados sobre variabilidad genética. ...	35
<b>Anexo 3.</b> Encuestas realizadas.....	40
<b>Anexo 4.</b> Glosario.....	45
<b>Anexo 5.</b> Fotos de campo.....	46

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**IMPLICACIONES DEL MANEJO Y DOMESTICACIÓN AGROFORESTAL  
EN LA VARIABILIDAD GENÉTICA DE ÁRBOLES TROPICALES**

**AUTOR:** Diego Villagómez Arellano  
**TUTORA:** PhD. María José Endara

**RESUMEN EJECUTIVO**

Los bosques tropicales son proveedores de servicios eco-sistémicos. Las actividades antropogénicas están deteriorando los bosques y su regeneración natural. Una alternativa sustentable constituye la agroforestería. Sin embargo, su mal manejo podría estar afectando al recurso forestal, principalmente al recurso genético. En este proyecto, se realizó una revisión bibliográfica del efecto del manejo de especies de árboles en sistemas agroforestales en su variabilidad genética. Enfocándose en los bosques pantropicales, la mayoría de estudios sugiere que en general, el uso de especies de árboles en sistemas agroforestales ha disminuido su diversidad genética. Este resultado se debe, principalmente, al mal manejo en la recolección de semillas y a la distancia de los sistemas agroforestales a zonas protegidas.

Adicionalmente, se investigó sobre el conocimiento de la importancia de la variabilidad genética en el manejo de especies de árboles y sobre el sistema de manejo en viveros públicos y privados de las provincias de Pastaza y Napo en la Amazonía Ecuatoriana. Las encuestas demuestran que en la mayoría de viveros privados se desconoce el concepto e importancia del recurso genético. Del mismo modo, se evidenció que el

manejo forestal en instituciones públicas en Ecuador se lo realiza de manera más técnica, bajo la supervisión de técnicos forestales que guían del proceso de producción de plantas forestales. Finalmente, en base a los resultados de esta investigación, se plantea un manual preliminar sobre el manejo de propágulos para el uso en sistemas agroforestales y la conservación del recurso genético.

**DESCRIPTORES:** Variabilidad genética, Poblaciones, Árboles tropicales, Manejo forestal, Agroforestería, Manual de propágulos.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL**  
**IMPLICATIONS OF AGROFORESTRY MANAGEMENT AND**  
**DOMESTICATION ON THE GENETIC VARIABILITY IN TROPICAL**  
**TREES.**

**AUTHOR:** Diego Villagómez Arellano

**TUTOR:** PhD. Maria José Endara

**ABSTRACT**

Tropical forests are providers of ecosystem services. Anthropogenic activities are deteriorating forests and their natural regeneration. A sustainable alternative is agroforestry. However, its poor management could be affecting the forest resource, mainly the genetic resource. In this project, a literature review of the effect of tree species management in agroforestry systems on their genetic variability was performed. Focusing on pantropical forests, most studies suggest that, in general the use of tree species in agroforestry systems has decreased their genetic diversity. This result is mainly due to poor management in seed collection and the geographic distance of agroforestry systems from protected areas.

In addition, understanding of the importance of genetic variability in the management of tree species as well as the management system in public and private nurseries in the provinces of Pastaza and Napo in the Ecuadorian Amazon were investigated. Surveys show that in most private nurseries the concept and importance of the genetic resource is unknown. On the other hand, forest management in public institutions is done more properly by the guidance of forest technicians who are in charge of the production process of forest plants in the nurseries. Finally, based on the results from this project, a preliminary manual for the management of seeds in agroforestry, with emphasis on the conservation of genetic resources, is proposed.

**KEY WORDS:** Genetic variability, Populations, Tropical trees, Forest management, Agroforestry, Seed management manual.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales son considerados ecosistemas valiosos debido a su gran biodiversidad. En las últimas décadas la conservación de estos bosques se ha visto amenazada principalmente por la deforestación y el mal manejo de sus recursos, incluyendo el recurso genético. El presente trabajo de investigación constituye un estudio de caso sobre las implicaciones que tiene el manejo de especies de árboles tropicales en la variabilidad genética en sistemas agroforestales.

Los bosques a nivel mundial son el recurso renovable que abastece a la humanidad de una extensa gama de bienes y servicios ambientales. Sin embargo, con las actividades antropogénicas se han ido reduciendo drásticamente los recursos forestales; fundamentalmente por el aumento de la explotación, deforestación o por exceder las fronteras agrícolas (FAO, 2020). En América Latina, la sostenibilidad a largo plazo de los bosques depende de una adecuada gestión de su conservación.

Una alternativa sostenible para el uso del bosque tropical constituye los sistemas agroforestales. Estos sistemas son una mezcla de plantas perennes leñosas y plantas de cultivo, que actúan como mecanismos de regulación de plagas, protección del suelo, fijación de nitrógeno, entre otros (Chaverri, 2019). Sin embargo, varios estudios han sugerido que el manejo y mantenimiento de los recursos genéticos en sistemas agroforestales podría ser deficiente (Chacón, 2021; Chaverri, 2019). Debido al limitado origen de las semillas y a las prácticas de propagación utilizadas, se estarían produciendo cuellos de botellas en las poblaciones de las especies de árboles manejadas en sistemas agroforestales (Hollingsworth et al., 2005). Por ejemplo, en un estudio realizado en la Amazonía peruana, Hollingsworth et

al. (2005) encontró menor variabilidad genética en cultivos de *Inga edulis* en comparación con poblaciones naturales. Otro ejemplo, en *Gliricidia sepium*, árbol nativo de América Central utilizado por su funcionalidad multipropósito (ambiental, económico y social), sus semillas han sido extraídas de pocos árboles maternos (Chacón 2021). Esto ocasionó que dos de las tres poblaciones estudiadas presentaran reducción en la calidad de los servicios ecológicos y productivos que la especie ofrecía al sistema agroforestal. Estos resultados sugieren que los sistemas agroforestales en Latinoamérica podrían estar siendo manejados de una manera que afecta a la conservación de los recursos genéticos de sus poblaciones de árboles.

### **Importancia de la conservación de los recursos genéticos en poblaciones de árboles.**

La sostenibilidad a largo plazo de los bosques en América Latina depende de una adecuada gestión de su conservación. Según la FAO, al menos el 20 por ciento de los bosques tropicales de Sur América no tienen planes de manejo relacionados a la conservación de sus recursos genéticos (Evaluación Forestal Anual de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura FAO, 2020). Esto dificulta la gestión, y protección de sus poblaciones forestales (Cordero, 2011).

Los sistemas agroforestales otorgan un valor agregado a la conservación de los recursos genéticos del bosque, al proveer a sus componentes de viabilidad a largo plazo (Hollingsworth et al., 2005). Sin embargo, este beneficio se da únicamente cuando el sistema es manejado adecuadamente. Una amplia variabilidad genética permite que las poblaciones de árboles puedan adaptarse oportunamente a cambios ambientales, tanto bióticos como abióticos. Por ejemplo, un alto nivel de diversidad genética otorga un mayor repertorio de defensas a especies de plantas contra plagas. La reducción en la variación genética en una

población agroforestal podría darse, por ejemplo, por muestreo selectivo de propágulos al ser obtenidos únicamente de material cultivado o en viveros. De esta manera, la selección adecuada de semillas ayuda a mantener los recursos genéticos de las poblaciones de árboles utilizadas en sistemas agroforestales (López et al., 2012).

En general, y particularmente en los Neotrópicos, muy poco se conoce del rol que la agroforestería juega en la conservación y manejo de recursos genéticos. Tampoco se ha sabido explotar de forma sustentable el increíble potencial que representan los bosques tropicales como fuentes forestales. Por ejemplo, a pesar de la alta biodiversidad que tiene el Ecuador, las plantaciones forestales se realizan con material genético importado (López et al. 2012). En su mayoría se desconoce la procedencia u origen de los propágulos, lo que sugiere que probablemente estos provienen de lugares con condiciones ambientales totalmente diferentes a la realidad ecológica del país. Además, el manejo adecuado de los recursos genéticos forestales es la base para la conservación, uso sostenible y políticas públicas que normen la reproducción y comercialización de especies nativas.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, en el año 2021 (FAO, 2021), propuso un plan con estrategias para motivar el cuidado genético de las poblaciones forestales, distribuidas en cuatro ejes: 1) mejora de la asequibilidad y acceso a la información sobre los Recursos Genéticos Forestales; 2) conservación de los Recursos Genéticos Forestales; 3) utilización sostenible, desarrollo y gestión de los Recursos Genéticos Forestales; y 4) políticas, instituciones y desarrollo de capacidad. En el Ecuador, la falta de estrategias vinculadas a estos ejes, dificulta la implementación de procesos de manejo que contribuyan a la comprensión de la importancia de la diversidad genética y de la biología de especies forestales (FAO, 2021).

En el presente estudio se realizó una revisión bibliográfica para determinar el efecto

que el manejo y la domesticación han tenido en la variabilidad genética de los árboles usados en sistemas agroforestales. Además, con el objetivo de visualizar el manejo que se da a las poblaciones agroforestales en el Ecuador con respecto a su variabilidad genética, se realizó una encuesta dirigida a viveros privados y públicos en las provincias de Napo y Pastaza.

Resultados de estos análisis sugieren que se debería implementar un manejo forestal más sostenible y aportar con sugerencias con el fin de minimizar el impacto negativo que están experimentando las poblaciones forestales. Por estas razones, en este estudio se propone además un manual preliminar sobre la colección de semillas y su importancia en la conservación del recurso genético. En conjunto, los resultados de este proyecto articulan elementos que contribuyen a un mejor entendimiento del éxito de programas y proyectos en sistemas agroforestales sostenibles en los bosques tropicales.

### **Planteamiento del problema**

Los componentes forestales de los sistemas tropicales agroforestales están presentando detrimento en su variabilidad genética (Chaverri, 2019). Existe un pobre entendimiento de qué tan generalizado es este patrón y cuáles son las causas. En consecuencia, es importante identificar los patrones y mecanismos responsables de la afectación al recurso genético en los sistemas agroforestales, así como ofrecer soluciones con el fin de aumentar la productividad, mantener fertilidad del suelo, conservar recursos hídricos y preservar la vegetación natural tanto en el sistema como en zonas aledañas a este.

## **Justificación**

La motivación del presente estudio es determinar la generalidad del efecto negativo que podría estar teniendo el manejo inadecuado de poblaciones de árboles agroforestales en su variabilidad genética y entender cuáles podrían ser las posibles causas. A pesar de la destacada importancia que tienen los sistemas agroforestales para la conservación del bosque, una revisión sistemática sobre la afectación que se está dando a su recurso genético todavía no se ha realizado. Esta falta de información representa un problema para el planteamiento de proyectos de conservación y desarrollo, así como para las ciencias relacionadas con el estudio de la agroforestería.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general:**

Mediante revisión bibliográfica, determinar cómo el uso de árboles tropicales en sistemas agroforestales ha producido cambios en su variabilidad genética.

### **Objetivos específicos:**

- Determinar el cambio en la variabilidad genética asociado al manejo de especies de árboles utilizadas en sistemas agroforestales, mediante una revisión bibliográfica a nivel de los Trópicos.
- Determinar el conocimiento y manejo de la variabilidad genética de poblaciones agroforestales en viveros forestales de los organismos gubernamentales y privados de las provincias de Napo y Pastaza.
- Proponer un manual didáctico preliminar enfocado en la recolección de propágulos con el fin de conservar el recurso genético en poblaciones agroforestales nativas en el Ecuador.

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

#### **Área de estudio**

El bosque tropical es un ecosistema que se encuentra en la región intertropical del planeta, entre los trópicos de Cáncer y Capricornio, sobre la línea del Ecuador. Se caracteriza por temperaturas mayores a los 27 °C, humedad variable y vegetación de hoja ancha. Debido a su ubicación geográfica, los bosques tropicales toman la luz del sol de forma perpendicular la mayor parte de del año, provocando la evaporación de las aguas cercanas, resultando en una gran concentración de humedad. Adicional a esto, las regiones tropicales por lo general suelen tener altas precipitaciones de más 2000 mm al año, añadiendo más humedad al ambiente. No obstante, algunos de estos bosques son más bien secos. Esto se debe a que los bosques tropicales se pueden clasificar de acuerdo con su precipitación anual (López et al, 2012).

**Objetivo 1: Revisión bibliográfica del cambio en la variabilidad genética asociado al manejo de especies de árboles utilizadas en sistemas agroforestales tropicales.**

#### **Búsqueda bibliográfica y organización de datos**

En este estudio se realizó una revisión bibliográfica para determinar cómo el uso de especies arbóreas en los Trópicos afecta a la variabilidad genética de poblaciones forestales. Específicamente, se usaron buscadores como Web of Knowledge, Google Scholar y Web of Science, donde se seleccionaron estudios relevantes utilizando los términos *genetics\**,

*plants\**, *domestication\**, *tropics\**, *agroforest\**, *variability\**. En esta revisión, se incluyeron únicamente estudios cuantitativos, es decir, estudios que cuantificaron cambios en la variabilidad genética en poblaciones agroforestales en los Trópicos. Únicamente se incluyeron estudios que comparaban poblaciones manejadas con poblaciones salvajes. Se revisaron estudios publicados entre los años 2000-2020.

La información recopilada fue organizada en una base de datos, (presentada en la tabla 1) que contiene los siguientes campos: el tema de estudio, autor principal, año de publicación, localidad (país), cambio en la variabilidad genética de poblaciones manejadas (Ej. incremento, decrecimiento o sin cambio en la variabilidad genética), nombre científico del taxón de estudio, familia taxonómica y el hábito del taxón.

**Tabla 1.** Parámetros incluidos en la sistematización de información bibliográfica recopilada entre los años 2000-2020.

Número	Parámetros	Ejemplos
1	N° de Estudio	1,2,3.....
2	Tema de Investigación	-
3	Autor Principal	-
5	Año de Publicación	2000-2020
6	Localidad (País )	Brasil
7	Cambio en la Variabilidad Genética de poblaciones manejadas o plantadas	Incremento /Erosión/ sin cambio.
8	Posibles causas del cambio en la variabilidad genética.	Fragmentación de bosque, sugiere disminución de flujo genético
9	Nombre científico del taxón de estudio	<i>Inga edulis</i>
10	Familia Taxonómica	Fabaceae
11	Hábito	Árbol / Arbusto

**Objetivo 2: Realización de encuestas para determinar el conocimiento y manejo de la variabilidad genética de poblaciones agroforestales en viveros forestales de los organismos gubernamentales y privados de las provincias de Napo y Pastaza.**

Con el fin de determinar el manejo y la importancia que se está dando a la conservación de recursos genéticos en especies de árboles utilizados para la agroforestería en el Ecuador, se realizó una encuesta a viveros en las provincias de Napo y Pastaza en la Amazonía Ecuatoriana. Mediante una búsqueda exhaustiva se encontraron un total de siete viveros tanto públicos como privados. En dichos viveros se realizaron encuestas a los técnicos encargados del manejo de especies de árboles. La encuesta incluyó preguntas sobre la ubicación, el manejo de especies forestales y conocimiento sobre la importancia del recurso genético. También se incluyeron preguntas sobre el origen de los propágulos (ej. provienen de bosque natural, chacra o no conoce). El ejemplo de la encuesta realizada se encuentra en el Anexo 1.

**Tabla 2.** Lista de parámetros utilizados en encuestas realizadas en los viveros de las Provincias de Napo y Pastaza.

<b>Número</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Ejemplos</b>
1	Ubicación	Pastaza/Napo.
2	Nombres comunes de plantas tropicales que produce en su vivero	Guaba, Balsa, Tamburo, Chuncho.
3	Conocimiento sobre la importancia del recurso genético	Si / No
4	Técnica para recolección de Semilla.	Identifica/ No identifica
5	Valor que da a la importancia del proceso de recolección de semilla (Provienen de bosque natural, chacra o no conoce)	Bosque /Chacra/ Indiferente

**Objetivo 3: Manual preliminar del manejo de semillas en relación a la conservación del recurso genético en especies leñosas nativas utilizadas en sistemas de agroforestería en el Ecuador.**

En base a las conclusiones obtenidas durante la revisión bibliográfica, así como las encuestas elaboradas, se propone un manual preliminar sobre el manejo de semillas. Este manual está enfocado en la conservación del recurso genético en especies leñosas nativas utilizadas en sistemas de agroforestería en el Ecuador. Así mismo, está dirigido a pequeños productores forestales ecuatorianos (ej. campesinos).

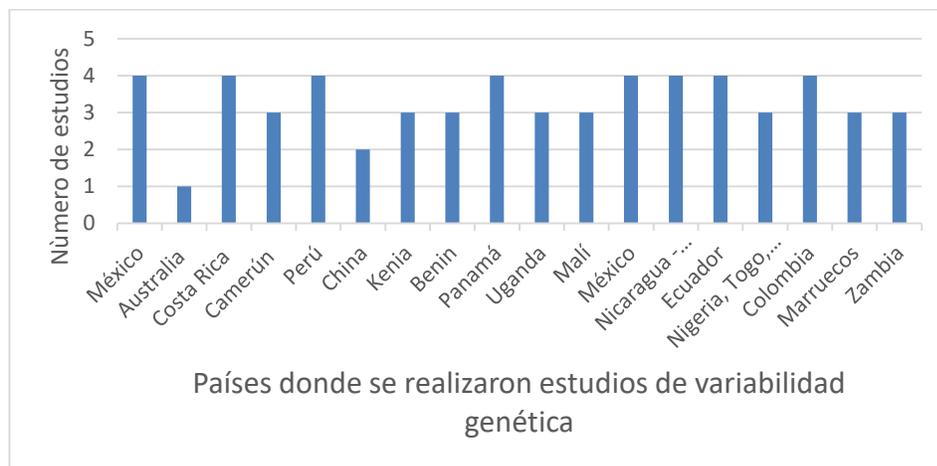
El manual preliminar cuenta con ilustraciones originales diseñadas a base de carboncillo. Las imágenes representan de forma sencilla el proceso de recolección de semillas. De igual manera, el lenguaje utilizado en el manual es simple, sin incluir palabras técnicas ya que busca llegar a personas sin ninguna educación formal o básica. Se incluyen temas considerados básicos y esenciales tales como: Material genético (ADN), importancia de la polinización, estrategias de colecta de propágulos y la importancia de la variabilidad genética en la producción de especies arbóreas nativas.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS

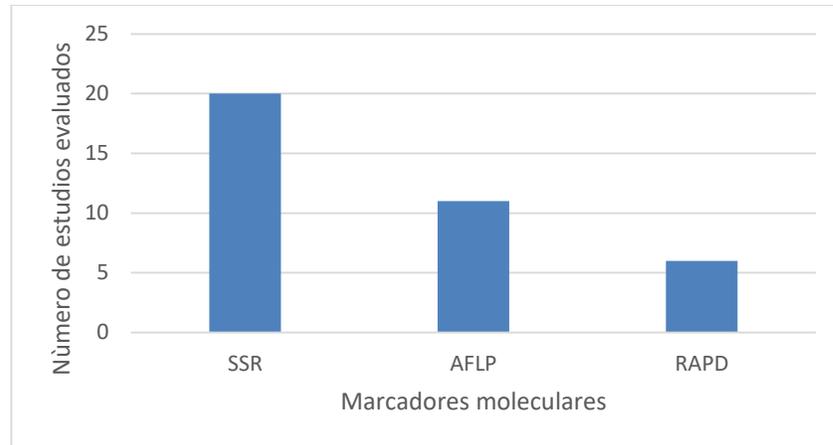
**Objetivo 1: Revisión bibliográfica del cambio en la variabilidad genética asociado al manejo de especies de árboles utilizadas en sistemas agroforestales tropicales.**

Como resultado de la búsqueda bibliográfica, se encontró un total de 52 artículos publicados entre los años 2000 y 2020. La mayoría de los estudios encontrados se realizaron en los Trópicos de América y África. Para el Ecuador, únicamente se encontró un estudio (Ponce, 2014), el cual investiga la diversidad genética de la guayaba, *Psidium guajava*, en seis localidades de la isla San Cristóbal, Ecuador (Figura 1.)



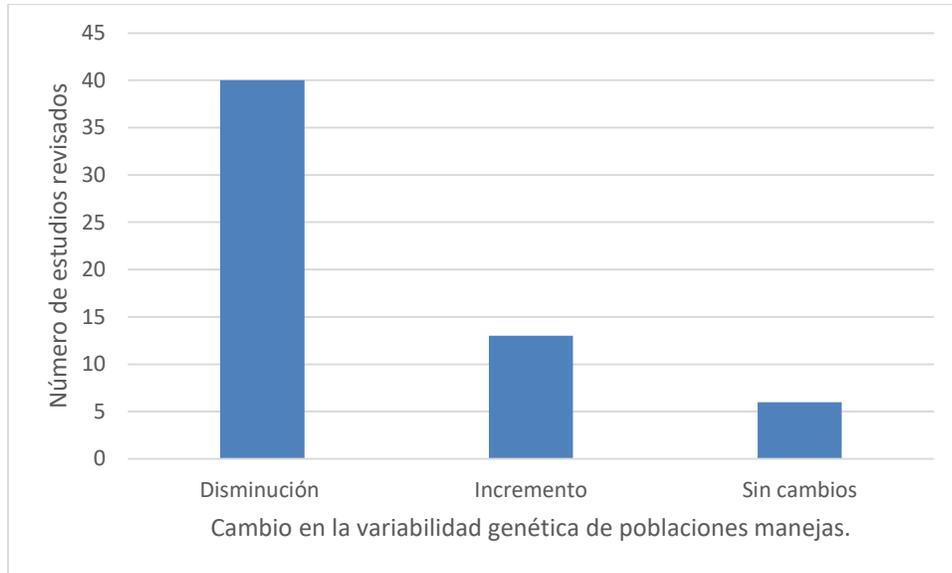
**Figura 1.** Número estudios realizados sobre la variabilidad genética con relación a su ubicación en diferentes países tropicales.

En general, las técnicas moleculares más utilizadas para determinar el efecto de la domesticación o manejo en la variabilidad genética de especies de árboles forestales fueron los marcadores moleculares RAPDs (fragmentos polimórficos amplificados al azar), AFLPS (polimorfismos para la longitud de fragmentos amplificados) y SSR (Secuencias Simples Repetidas), siendo los SSRs el método más utilizado. (Figura 2)



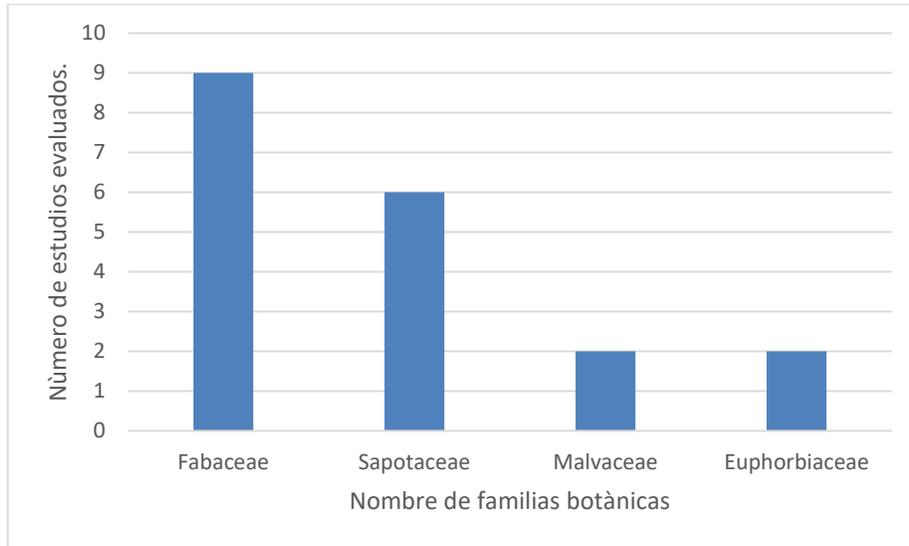
**Figura 2.** Número de estudios evaluados sobre la variabilidad genética con relación a las técnicas moleculares utilizadas.

En general, los estudios revisados sugieren que el manejo de especies forestales produce erosión en la variabilidad genética de las poblaciones manejadas en relación a sus poblaciones salvajes o naturales. Sin embargo, en algunos estudios se encontró el resultado opuesto y en unos pocos no se encontró ninguna diferencia en la variabilidad genética entre poblaciones domesticadas/manejadas y poblaciones naturales (Figura 3).



**Figura 3.** Número de estudios evaluados con relación al cambio de variabilidad genética en poblaciones manejadas o plantadas. Las barras representan el cambio (disminución o incremento) que el manejo ha tenido en la variabilidad genética.

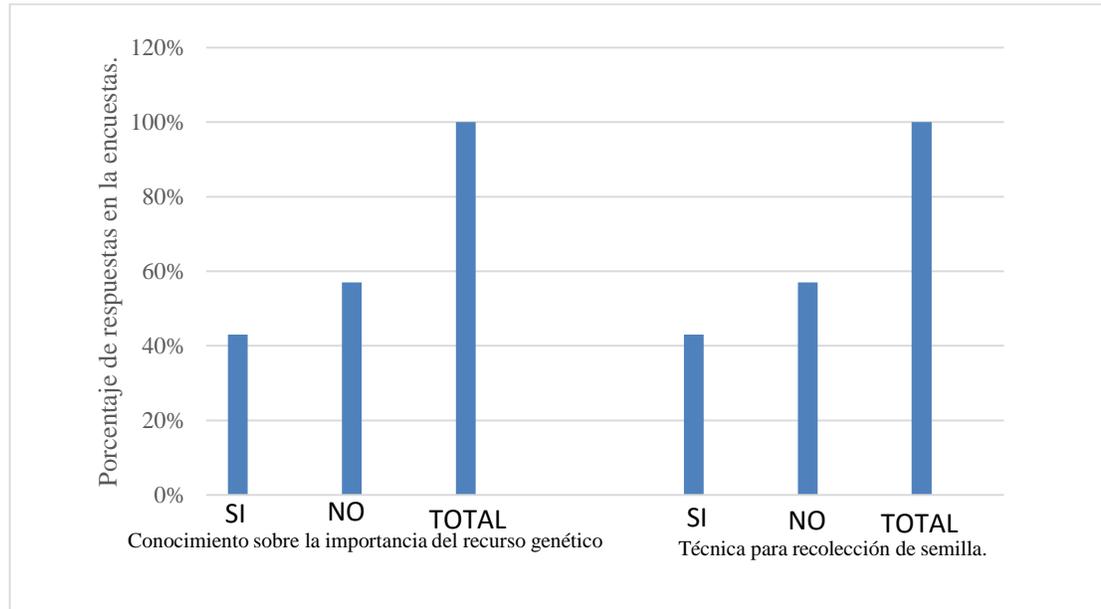
De las familias botánicas más estudiadas en los artículos revisados, la mayoría de especies pertenecen a la familia Fabaceae. El uso de leguminosas como árboles en los cultivos ha demostrado ser muy provechoso ya que provee de alimento de alta calidad para el ganado, enriquece el suelo para el cultivo, sirve como fuente de combustible y puede ser comercializado al servir como alimento para humanos (Ejemplo: *Inga*, Alegre et al., 2000). Asimismo, árboles de esta familia son utilizado inclusive como acompañantes en sistemas no agroforestales, tales como cultivos de maíz y arroz, debido a que se ha mejorado la producción de los mismos (Alegre et al, 2000) (Figura 4).



**Figura 4.** Número estudios revisados clasificados en base a las familias botánicas estudiadas.

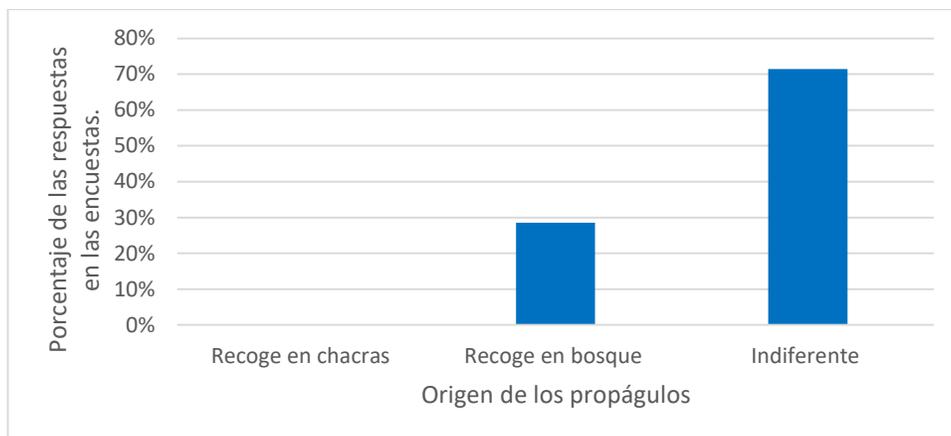
**Objetivo 2: Realización de encuestas para determinar el conocimiento y manejo de la variabilidad genética de poblaciones agroforestales en viveros forestales de los organismos gubernamentales y privados de las provincias de Napo y Pastaza.**

Las encuestas realizadas en los viveros encontrados en las provincias de Napo y Pastaza evidencian que la producción de plantas nativas está dominada por especies de árboles como el Cedro, Guayacán, Caimito, Chuncho, Balsa, Cítricos, Canelo, Laurel, Guaba y Palmas, principalmente.



**Figura 5.** Porcentaje de respuestas afirmativas vs negativas en relación al conocimiento sobre la importancia del recurso genético/ técnicas para la recolección de semilla.

Asimismo, en las encuestas realizadas en los viveros encontrados en las provincias de Napo y Pastaza se evidencia que en la actualidad existen pocos viveros forestales en funcionamiento. Esto se debe a que los gobiernos provinciales disminuyeron desde el 2015 los presupuestos para la compra de plantas forestales. Además, los resultados de las encuestas indican que los viveros privados no son productores sino estrictamente comerciantes. Es decir, las semillas no se colectan localmente. En cambio, los viveros del sector público entrevistados reconocen la importancia de la conservación de los recursos genéticos, especialmente con relación en la colecta de plantas nativas, ya que los propágulos son colectadas exclusivamente de poblaciones locales y o nativas (Figuras 5 y 6).



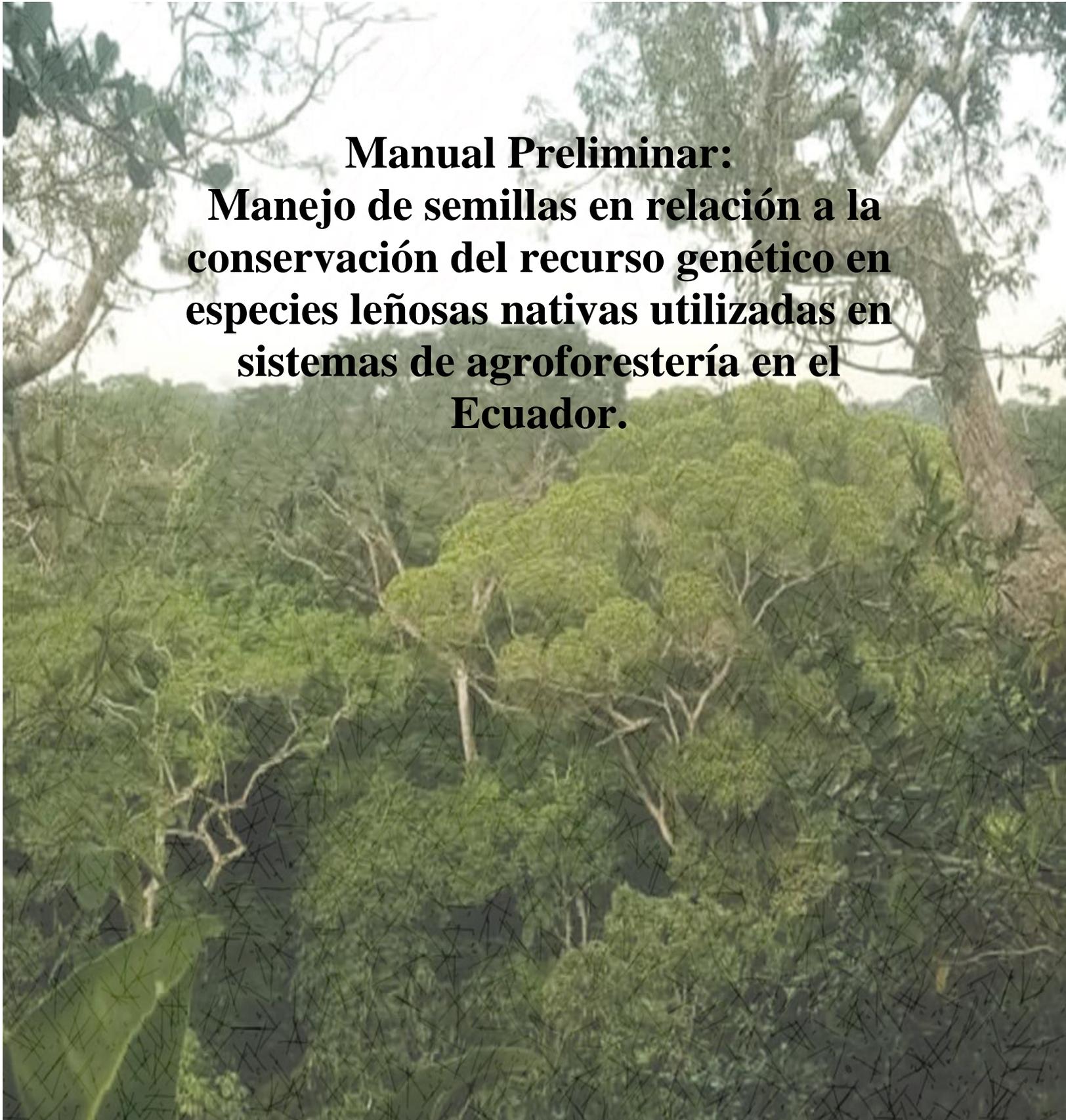
**Figura 6.** Porcentaje de respuestas con relación al origen de los propágulos.

**Objetivo 3: Manual preliminar del manejo de semillas en relación a la conservación del recurso genético en especies leñosas nativas utilizadas en sistemas de agroforestería en el Ecuador.**

En base a los resultados de la revisión bibliográfica y de las encuestas realizadas a productores, se determinó que la elaboración de un manual preliminar dirigido a pequeños productores podría ser un resultado valioso para la conservación del recurso genético. Se identificó que uno de los aspectos claves en el manejo de especies que está directamente relacionado con el mantenimiento de la diversidad genética de una especie es el proceso de recolección de semillas. Por esta razón, se adjunta como producto adicional, un manual preliminar del manejo de semillas (ver Anexo 6). En este manual preliminar, de manera clara y sencilla, se explica la técnica ideal de recolección de semillas enfocada al incremento de la variabilidad genética de árboles de especies nativas en Ecuador.

**Manual preliminar como propuesta de educación ambiental a productores de plantas**

**locales nativas.**



**Manual Preliminar:  
Manejo de semillas en relación a la  
conservación del recurso genético en  
especies leñosas nativas utilizadas en  
sistemas de agroforestería en el  
Ecuador.**

**Autor: Diego Villagómez.**  
**Ilustraciones: Anita Iglesias.**  
**Tutora: María José Endara.**

## Introducción

Este manual ha sido creado con el objetivo de educar y sensibilizar sobre el valor de la conservación de especies agroforestales en el Ecuador. Como resultado de la revisión

bibliográfica en conjunto con

encuestas realizadas a pequeños

productores agroforestales, se

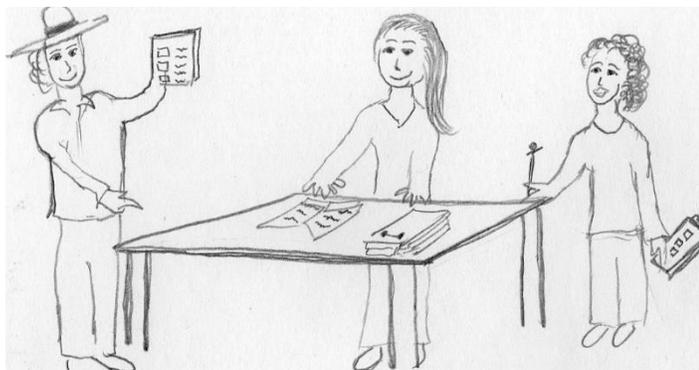
identificó que existe un

desconocimiento de la importancia

del recurso genético para el manejo

de especies nativas en agroforestería (Cerrón. et al., 2019). Se identificó, además, que el manejo de la semilla es clave en el mantenimiento de la conservación del recurso genético.

Específicamente, en este manual se presenta una guía preliminar para la recolección de propágulos de especies agroforestales, dirigido principalmente a productores que no tienen educación formal o son indiferentes a técnicas básicas de recolección de semillas. El manejo adecuado de los recursos forestales de especies nativas, encaminados a potenciar su enfoque genético, debe ser la herramienta esencial para que los proyectos de restauración y reforestación tengan éxito.



**Conceptos clave:**

**ADN: (ácido desoxirribonucleico)**

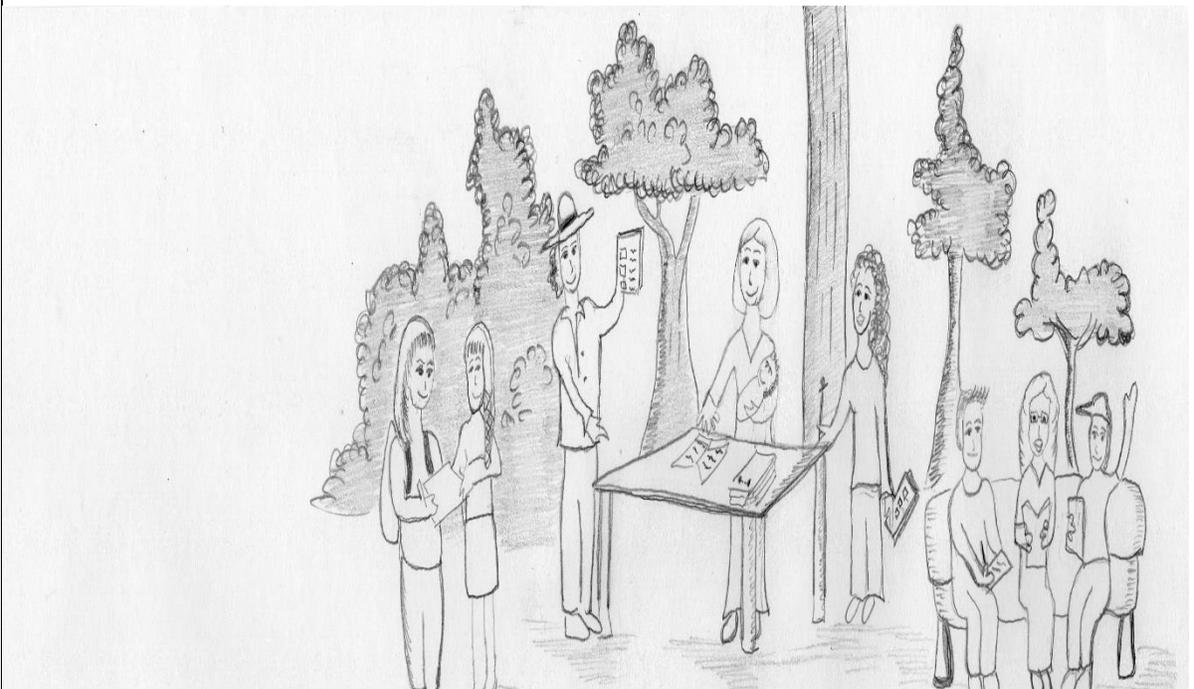
Elemento esencial de los seres vivos, donde se encuentra información a ser transferida de generación en generación.



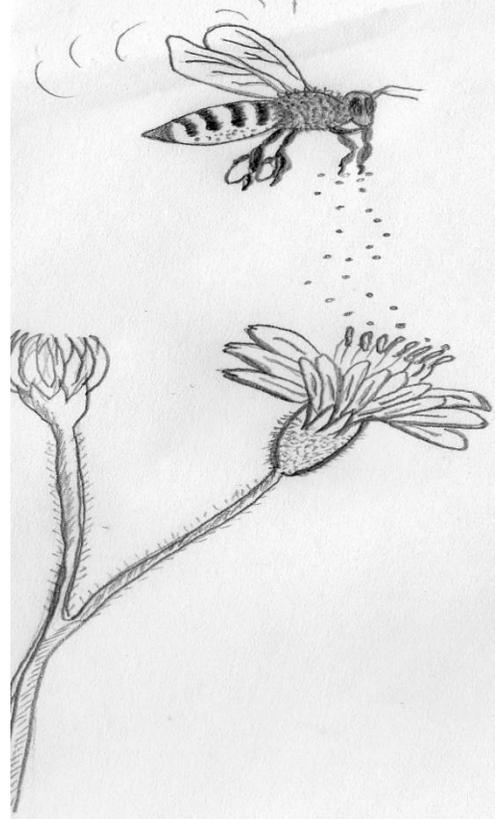
**Fenotipo:** Constituye los rasgos observables del árbol. Como por ejemplo altura, color, tipo de látex, etc.



**Educación ambiental:** Es un proceso que les permite aprender sobre temáticas ambientales, resolución de problemas y tomar medidas para mejorar el medio ambiente.



**Polinización:** Es la entrega de polen (célula masculina) desde los estambres (parte masculina de la flor) hasta el estigma (parte femenina de la flor) y hace posible la fecundación, por lo tanto la producción de frutos y semillas.



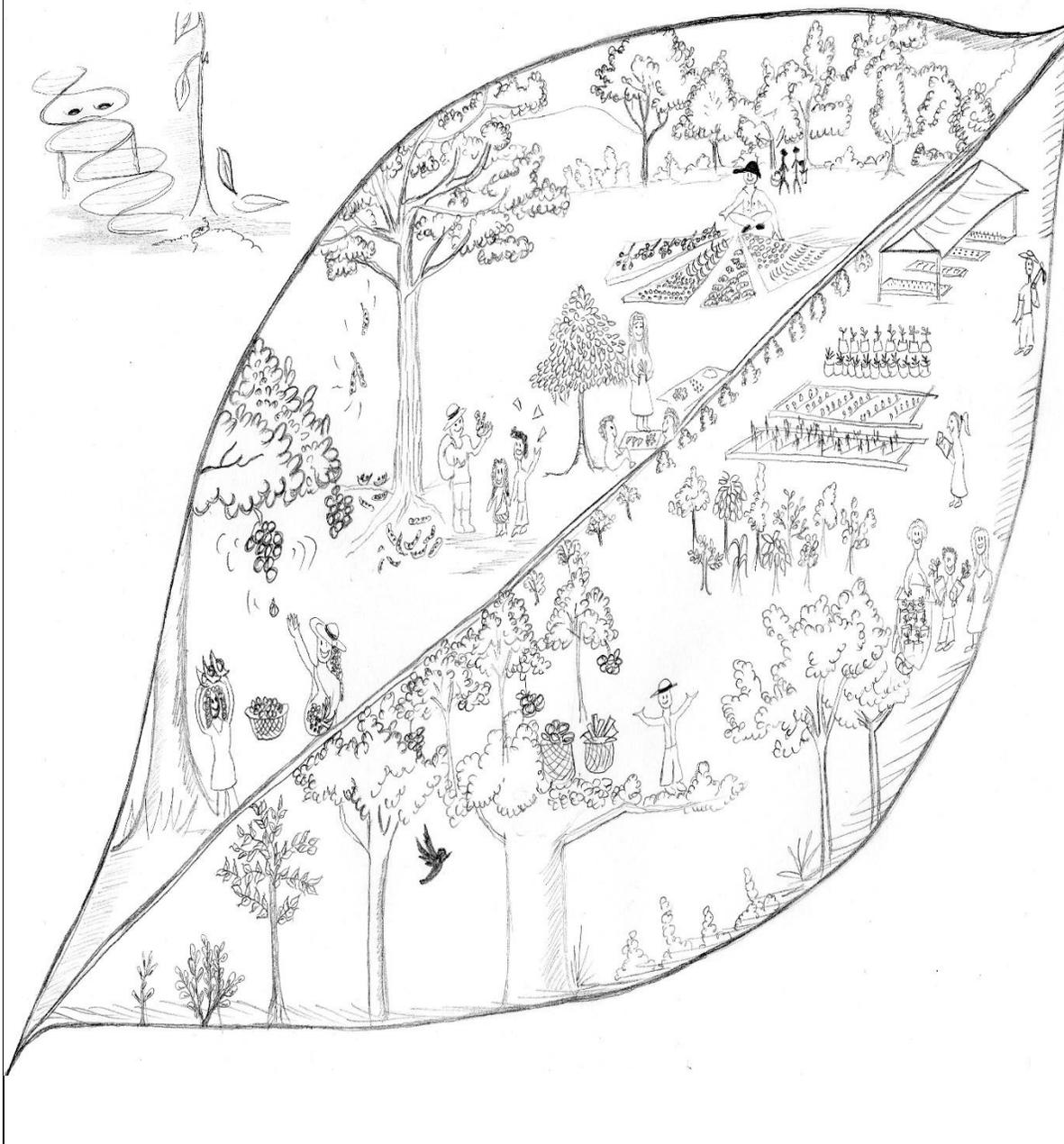
### Variabilidad genética

Por lo general, presente en mayor cantidad en poblaciones naturales. Son todas las características visibles y no visibles que permiten al árbol **adaptarse** a cambios o presiones medioambientales y, por tanto, de sobrevivir y resistir de mejor manera a enfermedades, etc. Un árbol con mayor variabilidad genética será más productivo.



**Recolección INCORRECTA de las semillas:**

NO se debe recoger las semillas en zonas urbanas y sitios de chacra.



**Recolección CORRECTA de las semillas:**

Buscar e identificar zonas de bosques conservados para coleccionar semillas de los árboles de interés. Se sugiere que se utilice POLINIZADORES como indicadores INDIRECTOS de un buen estado poblacional. Es decir, un bosque con alta diversidad de aves, mamíferos e insectos, es ideal para la recolección de semillas de interés.



**Mejoramiento forestal:**

El mejoramiento genético forestal aplica los principios básicos de la genética al manejo de especies forestales. Por ejemplo, la preservación de la **VARIABILIDAD GENÉTICA** es esencial en la práctica de producción forestal, originando salud y mejor productividad a lo largo de la vida de los árboles.



CON VARIABILIDAD GENÉTICA

SIN VARIABILIDAD GENÉTICA

## **CAPÍTULO IV**

### **DISCUSIÓN**

En general, la revisión bibliográfica sugiere que el manejo de las poblaciones agroforestales reduce la variabilidad genética de las poblaciones manejadas (Figura 3). Varios factores podrían ser responsables de la disminución de la variabilidad genética en estas poblaciones, relacionados en su mayoría al tipo de manejo que reciben las especies. La mayoría de estudios sugiere que la biología de la especie es un factor determinante en el efecto que tiene el manejo de árboles tropicales en la reducción de la variabilidad genética. Para el único estudio reportado en el Ecuador, se encontró un resultado similar, evidenciando cómo el mal manejo y poco interés en árboles nativos causan erosión en la variabilidad genética (Chaverri, 2019).

Asimismo, de las encuestas realizadas se concluye que existe poco conocimiento de los viveros comerciales en el manejo e importancia de la variabilidad genética. En cambio, en los viveros públicos, a pesar de que se reconoce la importancia del recurso genético de las especies nativas utilizadas en agroforestería y se realiza un manejo más técnico de las poblaciones de árboles, no trabajan suficientes técnicos forestales lo que perjudica el abastecimiento de las plantas en las provincias estudiadas. Esto motiva a que los campesinos/agricultores busquen plantas de viveros comerciales o de otras provincias, cambiando el valor genético y forestal propio de sus sistemas agroforestales locales.

**El manejo de poblaciones de especies de árboles tropicales utilizados en agroforestería estaría afectando a sus recursos genéticos.**

La revisión bibliográfica sugiere que el patrón general es que los niveles de variabilidad genética en poblaciones de árboles domesticados y/o cultivados tienden a ser más bajos que la variación observada en poblaciones naturales. Por ejemplo, en poblaciones de *Inga edulis* en Perú (Hollingsworth et al., 2005), se observa que las poblaciones cultivadas presentan menor variabilidad genética que la encontrada en las poblaciones naturales. Esto sugiere que han existido eventos de cuellos de botella en la población cultivada. Sin embargo, el nivel de erosión genética reportada en relación con la población natural no es tan alto, probablemente debido a las altas densidades poblacionales que posee *Inga edulis* y a la cercanía geográfica que existe entre las poblaciones naturales y las poblaciones cultivadas. Esto último permitiría que exista cierto nivel de intercambio de polen y semillas entre poblaciones.

Asimismo, un estudio realizado con *Vitellaria paradoxa*, especie de árbol que se utiliza en agroforestería y para la realización de artesanías locales desde Senegal hasta Sudán, sugiere que, aunque mínima, existe una erosión de la diversidad genética de poblaciones de árboles de cultivo con relación a las poblaciones naturales. Los autores concluyen que el manejo no ha causado todavía un cuello de botella pero que la mayoría de la reducción de la variabilidad genética se observa en árboles jóvenes con relación a las poblaciones de sus ancestros. Además, se recomienda estudios más a detalle de las poblaciones más jóvenes (Allave et al., 2004).

Del mismo modo, en *Cedrela odorata* en México, las poblaciones utilizadas para agroforestería normalmente presentan erosión genética en relación con las poblaciones naturales. Los autores del estudio sugieren que se debe a la inadecuada recolección de

semillas y al desconocimiento de su procedencia. Siendo esta una especie prioritaria para conservación debido a su excesiva comercialización, el manejo de su diversidad genética la ha puesto en riesgo aún mayor. Se sugiere dar mayor importancia a la conservación de su germoplasma para un adecuado manejo de sus poblaciones (Rivera et al., 2018).

El efecto de la reducción de la variabilidad genética en una población puede ser fatal para la supervivencia de la especie a largo plazo ya que disminuye su capacidad de resistir y adaptarse a un ambiente cambiante. Un ejemplo de esto constituye *Casuarina equisetifolia*, una especie monoica utilizada para protección costera, cuyas poblaciones presentan altos niveles de endogamia dependiendo de donde se encuentren (Zhan et al., 2020). Dependiendo del origen geográfico de la población, la diversidad genética de sus poblaciones varía junto con su resistencia a las plagas. Por ejemplo, en una localidad que presentaba erosión genética, los individuos eran afectados diferencialmente por una bacteria llamada *Ralstonia sp.*, ocasionando que los árboles se marchiten y mueran. Mientras que, en otra localidad donde las poblaciones de *Casuariana equisetifolia* mostraron mayor diversidad genética, las poblaciones poseían mejor resistencia a esta bacteria. El estudio de Zhan et al (2020) sugiere como estrategia para mitigar los efectos de la bacteria, el intercambio genético entre poblaciones de *C. equisetifolia*.

**Las poblaciones forestales domesticadas y/o manejadas incrementan su flujo genético cuando están cerca de grandes poblaciones forestales naturales en buen estado de conservación.**

La fragmentación de bosques naturales es una de las principales razones que está afectando a los recursos genéticos de las poblaciones de árboles tropicales. La segmentación de sus poblaciones frena el flujo génico. Por ejemplo, la reducción y la fragmentación de los bosques están entre las mayores amenazas de extinción de las poblaciones de polinizadores, lo que compromete directamente a la reproducción de plantas, causando como resultado erosión genética, aislamiento reproductivo y afectación categórica de la diversidad (Quesada et al., 2012).

La cercanía a corredores biológicos y a áreas conservadas es una estrategia para mantener y recuperar la diversidad genética de poblaciones forestales. Este tipo de estrategias buscan integrar el manejo de la biodiversidad con actividades humanas. Al estar cerca de una zona protegida, las poblaciones de árboles usados en agroforestería incrementan el intercambio génico con poblaciones naturales ya que tienen a su disposición más dispersores y polinizadores. El estado genético de las poblaciones de plantas manejadas dependerá de la conservación de poblaciones de polinizadores, es decir, de un adecuado equilibrio ecológico (Guzmán, 2009)

Por ejemplo, *Simarouba glauca*, especie dioica, es un árbol tropical propio de bosque seco que se usa en agroforestería (Villalobos y Rodríguez, 2002). Esta especie, al ser dioica, requiere de polinizadores para su reproducción, tales como insectos, aves y murciélagos. Poblaciones manejadas de *S. glauca*, al estar alejadas de áreas fuente de sus polinizadores naturales, presentan erosión genética.

Un ejemplo similar constituye *Vaccinium meridionale*, potencial arbusto para la agroforestería que posee flores gino-dioicas, es decir, que tiene flores femeninas y flores hermafroditas como estrategia reproductiva. Para su reproducción, las abejas son esenciales ya que ayudan a garantizar un alto nivel de entrecruzamiento y por ende alta diversidad

genética. Chamorro y Nates-Parra (2015) distinguen individuos en poblaciones manejadas de esta especie con alto nivel de endogamia. Estos individuos presentan incremento del aborto de sus frutos. Cuando la polinización ha sido realizada por abejas, los frutos no son abortados. Esto sugiere que, cuando hay declive de poblaciones de polinizadores, muy probablemente también se verán afectadas las poblaciones de *V. meridionale*.

**En Ecuador el mal manejo y poco interés en el uso de especies nativas causan erosión en la variabilidad genética.**

En el Ecuador existen normas y leyes que respaldan la protección de la biodiversidad, tales como la Ley Orgánica de Agro-Biodiversidad, Semillas y Fomento de Agricultura que emite los requerimientos de indicadores para la producción, comercialización y registro de fuentes semilleras. En esta legislación se recalca el valor de la vigilancia de inspectores forestales y la existencia de semillas para verificar las progenies de las poblaciones forestales nativas (Sánchez et al., 2018). Sin embargo, resultados de las encuestas realizadas en este estudio a viveros de las provincias de Pastaza y Napo sugieren que las prácticas agroforestales que se utilizan en Ecuador no siguen la normativa vigente y segundo, no son una solución viable para la recuperación y conservación de la biodiversidad ya que no se toma en cuenta el valor y manejo de los recursos genéticos forestales.

Según datos proporcionados por los técnicos forestales del Ministerio del Ambiente y Agua y los técnicos de los Consejos Provinciales de estas dos localidades a través de entrevistas telefónicas y como una primera inmersión en el trabajo de campo, existen pocos viveros forestales en funcionamiento. En los últimos años, específicamente a partir de la crisis económica del Ecuador del año 2015, empieza un proceso de terminación de varios convenios y proyectos forestales. Esto desencadenó en el cierre de varios viveros.

Otro problema constituye la falta de información sobre el origen de los propágulos utilizados en los viveros en general en Ecuador. En la encuesta realizada, los viveros de manejo privado desconocen el sitio de obtención de propágulos. Además, no consideran importante esta información. En general, los viveros de manejo privado no son productores sino entidades estrictamente comerciantes de plantas provenientes sobre todo de la provincia de los Ríos. Esto se debería a que en esta localidad existe mayor cantidad de productores. Es decir, a nivel nacional la mayoría de especímenes utilizados para reforestación, cultivo o restauración no son precisamente locales. Por ende, existe el riesgo de que no sean especies óptimas para la localidad.

La encuesta evidencia que los viveros manejados por instituciones públicas en Pastaza y Napo en cambio siguen protocolos de colecta y reproducción de semillas. Es decir, estos viveros si consideran importante el conocimiento relacionado a la variabilidad genética de las poblaciones manejadas. Esto se manifiesta en el personal calificado que trabaja en estos viveros (ej. técnicos forestales) y en el enfoque de estos viveros ya que colectan y reproducen plantas nativas.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los 52 estudios analizados en esta tesis, se concluye que el manejo de las especies arbóreas produce disminución en la variabilidad genética de sus poblaciones naturales. Esta reducción de la variabilidad genética está mediada por factores como la distribución espacial de sus poblaciones, el tipo de sistema de reproducción, la dispersión de las semillas, las distancias de áreas protegidas, entre los principales.

El recurso genético forestal se está erosionando por deforestación, por falta de investigación forestal y casi nulo control de las autoridades competentes. Resultados de las encuestas realizadas a viveros locales sugieren que se deberían establecer programas de monitoreo Fito- genético en los viveros forestales comerciales privados e instituciones públicas debido a que lastimosamente el banco de germoplasma nacional se enfoca en especies agrícolas. También se necesita implementar indicadores directos e indirectos del correcto manejo de plantas en viveros, de los métodos utilizados y sobre todo del seguimiento que se debería dar al origen y destino de las semillas que se emplean para propagar las plantas. Si bien la ley regula estas actividades, no existe un control real.

Finalmente, se debería implementar estrategias de educación en el manejo de recursos agroforestales. Por ejemplo, aunque en América del Sur la especie de árbol *Inga edulis* es extensamente manejada desde hace miles de años, en nuestro país son muy pocos los avances que se han realizado en investigación y en el manejo de sus poblaciones en sistemas agroforestales, con el fin de la preservación de recursos genéticos.

En conclusión, el manejo adecuado de los sistemas agroforestales permitiría una mejor variabilidad genética de árboles tropicales. Una estrategia podría ser el otorgamiento de certificaciones que aseguren el cumplimiento de protocolos mínimos. De esta manera se podría refrendar el proceso de manteniendo la diversidad genética innata de las poblaciones agroforestales que resultaría en mejor salud forestal.

## ANEXOS

### Anexos 1. Encuestas realizadas a los productores de viveros privados y públicos de las provincias de Napo y Pastaza (modelo de encuesta).



**Encuesta para proyecto de Tesis: "IMPLICACIONES DEL MANEJO Y DOMESTICACIÓN AGROFORESTAL EN LA VARIABILIDAD GENÉTICA DE ÁRBOLES TROPICALES."**

**Encuestador: Diego Villagómez.**

1. Nombre del Vivero. \_\_\_\_\_

2. Nombre del Dueño del Vivero. \_\_\_\_\_

3. Ubicación. \_\_\_\_\_

4. Nombre de plantas tropicales que produce en su vivero.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. ¿Conoce que es la variabilidad genética?  
\_\_\_\_\_

6. ¿Qué técnica utiliza para recolección de las semillas?  
\_\_\_\_\_

7. Valore la importancia que da al recoger sus semillas.

Las recoge de CHACRAS o sitios cercanos a su vivero.

Las recoge de BOSQUES así estos estén lejanos.

INDIFERENTE.

## Anexo 2. Compendio de estudios bibliográficos revisados sobre variabilidad genética. Se

incluyen los parámetros evaluados en cada estudio en la presente revisión bibliográfica.

#	Tema del estudio	Autores y año de publicación.	Cambio en la Variabilidad Genética por acción del Manejo de Agorforestería.			Ubicación	Datos relevantes	Tipo de Marcador Molecular	Análisis Taxonómico		
			Incremento	Erosión Genética	Cambio Variabilidad Genética. Poblaciones manejadas o plantadas				País donde se realiza la investigación.	MARCADORES MOLECULARES	Especies
1	Do farmers reduce genetic diversity when they domesticate tropical trees? A case study from Amazonia.	(Hollingsworth et al., 2005)	Se sugiere, riqueza alelica en Poblaciones Naturales	Se sugiere, leve erosión genética en poblaciones plantadas.	Disminución	Perú	Comparacion entre poblacion Natural y Manejada	SSR	<i>Inga edulis</i>	Fabaceae	Árbol
2	Caracterización de semillas de veinte genotipos superiores de cedro <i>Cedrela odorata</i> L., con fines de mejoramiento genético en Yucatán.	(Galvéz et al., 2020)	Se sugiere, erosión genética en poblaciones naturales	Se sugiere, erosión genética en poblaciones manejadas.	Disminución	México	Fragmentacion de bosques impide flujo genetico poniendo en riesgo recurso	AFLP	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	Árbol
3	Regional genetic differentiation in Western Australian sandalwood ( <i>Santalum spicatum</i> ) as revealed by nuclear RFLP analysis.	(Byrne et al., 2003)	Se sugiere, mayor variabilidad genética poblaciones del norte.	Se sugiere, poblaciones erosión genética. Poblaciones del sur por factores ambientales. Region semiárida	Disminución	Australia	Comparación de poblaciones Norte y Sur	RFLP	<i>Santalum spicatum</i>	Santalaceae	Árbol
4	Population structure and genetic diversity distribution in wild and cultivated populations of the traditional Chinese medicinal plant <i>Magnolia officinalis subsp. biloba</i> (Magnoliaceae).	(Jingsheng et al., 2009)	Se sugiere, variabilidad genética poblaciones de bosque natural, buen manejo de poblaciones		Incremento	China	Comparación en poblaciones siete silvestres y cinco cultivadas.	AFLP	<i>Magnolia officinalis</i>	Magnoliaceae	Árbol
5	Patterns of Genetic and Morphometric Diversity in Baobab ( <i>Adansonia digitata</i> ) Populations Across Different Climatic Zones of Benin (West Africa).	(Assogbadjo et al., 2006)		Se sugiere, erosión genética en poblaciones manejadas por factores ambientales.	Disminución	Benin	Se sugiere, aislamiento físico en diferentes zonas climáticas.	AFLP	<i>Adansonia digitata</i>	Malvaceae	Árbol

6	Analyses of Genetic Diversity, Differentiation and Geographic Origin of Natural Provenances and Land Races of <i>Casuarina equisetifolia</i> Based on EST-SSR Markers.	(Zhang et al., 2020)		Se sugiere, erosión genética en poblaciones manejadas donde se presenta ataque de una bacteria <i>Ralstonia solanacearum</i> que normamente marchita la especie.	Disminución	China	Comparación de poblaciones cultivadas y silvestres.	SSR	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarinaceae	Árbol
7	Genetic diversity and mating system analysis of <i>Cedrela odorata</i> L. (Meliaceae) populations under different human dominated landscapes and primary forests.	(Hernandez et al., 2008)		Se sugiere, tomar en erosión en población aislada para el manejo.	Disminución	Costa Rica	Compara diversidad genética diferentes tipos de paisajes por dominio humano.	SSR	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	Árbol
8	Morphological and genetic diversity of shea tree ( <i>Vitellaria paradoxa</i> ) in the savannah regions of Ghana.	(Abdulai et al., 2017)	Se sugiere, riqueza alélica de plantaciones cultivadas mejor de lo esperado.		Incremento	Ghana	Comparación de diferentes zonas de cultivo se sugiere buena adaptación.	SSR	<i>Vitellaria paradoxa</i>	Sapotaceae	Árbol
9	Validation and transferability of simple sequence repeats (SSR's) from some species of <i>Acacia</i> genus to <i>Acacia nilotica</i> (L).	(Yadav et al., 2016)		Erosión Genética por condiciones geográficas y ambientales	Disminución	India	Se sugiere erosión Genética por condiciones geográficas y ambientales	SSR	<i>Acacia nilotica</i>	Fabaceae	Árbol
10	Genetic Diversity and Erosion in <i>Hevea</i> sp.	(Priyadarshan, 2016)		Manejo histórico de la especie sugiere erosión genética.	Disminución	Brasil	Mal manejo de semilla.	RFLP	<i>Hevea</i> sp	Euphorbiaceae	Árbol
11	<i>Acacia saligna</i> as a sustainable agroforestry crop for southern Australia: a genetic assessment.	(Millar, 2008)	Se sugiere Riqueza Alélica.		Incremento	Australia	Se sugiere que la planta posee grandes cantidades de polen que ayuda a su reproducción por ende variabilidad.	SSR	<i>Acacia saligna</i>	Fabaceae	Arbusto
12	Indigenous knowledge, traditional management and genetic diversity of endogenous agroforestry species ackee ( <i>Blighia sapida</i> ) in Benin.	(Ekué et al., 2008)	Se sugiere poca preocupación por las poblaciones cultivadas.		Incremento	Benin	Buen manejo de poblaciones.	AFLP	<i>Blighia sapida</i>	Sapindaceae	Árbol

13	Relative genome size variation in the African agroforestry tree <i>Parkia biglobosa</i> (Fabaceae: Caesalpinioideae) and its relation to geography, population genetics, and morphology	(Dobes et al., 2019)	Se sugiere que no hay mayor incidencia.		Incremento	Camerun	Especie ampliamente distribuida.	AFLP	<i>Parkia biglobosa</i>	Fabaceae	Árbol
14	Genetic variation of <i>Calycophyllum spruceanum</i> in the Peruvian Amazon Basin, revealed by amplified fragment length polymorphism (AFLP).	(Russell et al., 2003)	Se sugiere que no hay mayor incidencia.		Incremento	Perú	Se sugiere la biología de la especie contribuya a su buen acervo genético	AFLP	<i>Calycophyllum spruceanum</i>	Rubiaceae	Árbol
15	Genetic diversity and domestication origin of tea plant <i>Camellia taliensis</i> (Theaceae) as revealed by microsatellite markers.	(Zhao et al., 2014)		Se sugiere erosión.	Disminución	China	Se sugiere erosión por proceso de domesticación.	OTROS	<i>Camellia taliensis</i>	Theaceae	Árbol
16	Genetic bottlenecks in agroforestry systems: results of tree nursery surveys in East Africa.	(Lengkeek et al., 2005)		Se sugiere erosión genética plantas manejadas.	Disminución	Kenia	Se sugiere problemas con el manejo recolección de semillas en viveros.	OTROS			
17	Comparing genetic diversity in agroforestry systems with natural forest: a case study of the important timber tree <i>Vitex fischeri</i> in central Kenya.	(Lengkeek et al., 2006)		Se sugiere en erosión genética arosbles manejados por agricultores	Disminución	Kenia	Se sugiere que la disminución es por el manejo de la domesticación de la especie por los agricultores.	RAPD	<i>Vitex fischeri</i>	Lamiaceae	Árbol
18	Genetic and Ecological Outcomes of <i>Inga vera</i> Subsp. <i>affinis</i> (Leguminosae) Tree Plantations in a Fragmented Tropical Landscape	(Cruz et al., 2014)		Se sugiere erosión genética.	Disminución	Brasil	Sugiere erosión en poblaciones adultos plantadas en restauración con relación a las especies de poblaciones naturales.	ADN, PCR , GENOTIPADO	<i>Inga vera</i>	Fabaceae	Árbol
19	Assessment of the domestication state of ackee ( <i>Blighia sapida</i> K.D. Koenig) in Benin based on AFLP and microsatellite markers	(Ekué et al., 2010)		Se sugiere erosion genetica en poblaciones manejadas	Disminución	Benin	Se sugiere, diferencia muy marcada en poblaciones cultivadas con reaccion alas naturales.	AFLP	<i>Blighia sapida</i>	Sapindaceae	Árbol
20	Domestication of the neotropical tree <i>Chrysophyllum cainito</i> from a geographically limited yet genetically diverse gene pool in Panama	(Petersen et al., 2014)		Se sugiere leve erosion genetica en poblaciones plantadas con relacion a las naturales	Disminución	Panama	Se sugiere énfasis de análisis en los semidomesticados	no especifica	<i>Chrysophyllum cainito</i>	Sapotaceae	Árbol
21	An analysis of the pattern of genetic variation in <i>Vitellaria paradoxa</i> using RAPD markers	(Bouvet et al., 2004)		Se sugiere erosión población manejada	Disminución	Uganda	Se sugiere variación genética de acuerdo a su distancia.	RAPD	<i>Vitellaria paradoxa</i>	Sapotaceae	Árbol

22	Temporal and spatial genetic structure in <i>Vitellaria paradoxa</i> (shea tree) in an agroforestry system in southern Mali	(Allaye et al., 2004)	Se sugiere incremento.		Incremento	Mali	Se sugiere, por buen flujo de genes.		<i>Vitellaria paradoxa</i>	Sapotaceae	Árbol
23	Domestication and distribution of genetic variation in wild and cultivated populations of the Mesoamerican fruit tree <i>Spondias purpurea</i> L. (Anacardiaceae)	(Miller y Schaal, 2006)		Se sugiere erosion poblacion manejada	Disminución	Mexico	Se sugiere erosion genetica en poblacion cultivada con relacion a la silvestre.	AFLP	<i>Spondias purpurea</i>	Anacardiaceae	Árbol
24	Multivariate analysis in a study of genetic divergence of <i>Psidium guajava</i> .	(Nogueira et al., 2014)		Se sugiere erosión poblacion manejada	Disminución	Brasil	La combinación de datos de marcadores morfológicos y moleculares SSR fue suficiente para determinar divergencia	SSR y AFLP	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	Árbol
25	Diversidad genética de <i>Cedrela odorata</i> L. en una matriz agropecuaria del Paisaje Centinela Nicaragua-Honduras y sus implicaciones para la restauración forestal	(Palacios, 2018)		Se sugiere alta erosión en el manejo de especie	Disminución	Nicaragua - Honduras	Se determino divergencia genética entre y dentro de los sitios de recolección	SSR			
26	Genomic analysis reveals rich genetic variation and potential targets of selection during domestication of castor bean from perennial woody tree to annual semi-woody crop	(Xu et al., 2019)	Buen manejo de especie revela riqueza genica.		Incremento	China	Se registro en su proceso de domesticacion un ligero cuello de botella pero con un manejo adecuado puede revertir este proceso.	SSR	<i>Ricinus communis</i>	Euphorbiaceae	Arbusto
27	Genotyping of Mature Trees of <i>Entandrophragma cylindricum</i> with Microsatellites	(García et al., 2014)	Se sugiere mantiene variabilidad dentro de las poblaciones.		Incremento	Camerún	Se sugiere que los marcadores utilizados realizan un buen analisis sobre flujo de los genes.	SSR	<i>Entandrophragma cylindricum</i>	Meliaceae	Árbol
28	Estudio preliminar de la diversidad genética de la guayaba, <i>Psidium guajava</i> , en 6 localidades de la isla San Cristobal, Ecuador	(Ponce, 2014)		Se sugiere erosion.	Disminución	Ecuador	Se sugiere reducción en su variabilidad genética en las especie de islas a pesar de su rápida propagación como planta introducida con relación a la población de continente.		<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	Árbol
29	Meta-Analysis of Susceptibility of Woody Plants to Loss of Genetic Diversity through Habitat Fragmentation	(Vranckx et al., 2014)		Se sugiere erosion por fragmentacion	Disminución	meta análisis	Se sugiere menor variación genética en árboles adultos por posible causa del paisaje historico.	meta análisis	meta análisis	meta análisis	meta analisis
30	Mating patterns and pollinator mobility are critical traits in forest fragmentation genetics	(Breed et al., 2015)		Se sugiere erosion por fragmentacion	Disminución	meta análisis	se sugiere por fragmentacion de bosques, aumenta la autofecundacion y menora la diversidad de polen.	meta análisis	meta análisis	meta análisis	meta analisis

31	Does long-distance pollen dispersal preclude inbreeding in tropical trees? Fragmentation genetics of <i>Dysoxylum malabaricum</i> in an agro-forest landscape	(Ismacil et al., 2014)		Se sugiere erosión por fragmentación	Disminución		Baja densidad de población disminuye la variabilidad genética		<i>Dysoxylum malabaricum</i>	Meliaceae	Árbol
32	Genetic diversity, gene flow and inbreeding in pedunculate oak ( <i>Quercus robur</i> L.) in fragmented forest stands	(Vranckx, 2014)		Se sugiere erosión	Disminución		Esto sugiere que, en vista del cambio climático, las consecuencias genéticas de la fragmentación de los bosques podrían exacerbarse aún más. debe maximizarse en la cohorte de plántulas	no específica	<i>Quercus robur</i>	Fagaceae	Árbol
33	Meta-analysis of the differential effects of habitat fragmentation and degradation on plant genetic diversity	(González et al., 2020)		Se sugiere erosión por fragmentación	Disminución	meta análisis	Los individuos en bosques fragmentados. Disminuyeron su variabilidad genética.	SSR	meta análisis	meta análisis	meta análisis
34	On farm management of <i>Acca sellowiana</i> (Myrtaceae) as a	(Donazzolo et al., 2020)	Buen manejo de especie revela incremento de variabilidad genética.		Incremento	Brasil	Buen manejo, no solo conserva sino incrementa su		<i>Acca sellowiana</i>	Myrtaceae	Árbol
35	Impact of selective logging on inbreeding and gene dispersal in an Amazonian tree population of <i>Carapa guianensis</i> Aubl.	(Cloutier et al., 2005)		Se sugiere erosión	Disminución	Brasil	La tala selectiva, aumenta la afectación a la variabilidad genética, por distancia etc..	SSR	<i>Carapa guianensis</i>	Meliaceae	Árbol
36	Monitoring genetic diversity in tropical trees with multilocus dominant markers	(Kremmer et al., 2005)		Se sugiere erosión genética	Disminución	meta análisis	Se sugiere erosión en poblaciones manejadas en los trópicos.	AFLP	meta análisis	meta análisis	meta análisis
37	Isolation and characterisation of microsatellite markers for <i>Centropogon tomentosum</i> (Fabaceae), a neotropical tree species widely used for Atlantic Rainforest restoration	(Sujii et al., 2015)	Se sugiere estado de poblaciones moderado.		Incremento	Brasil	Herramientas para la evaluación de la variabilidad genética.	SSR	<i>Centropogon tomentosum</i>	Fabaceae	Árbol
38	Genetic diversity of <i>Horsfieldia tetratapa</i> (Myristicaceae), an endangered Plant Species with Extremely Small Populations to China: implications for its conservation	(Cai et al., 2021)		Se sugiere disminución de variedad genética en las poblaciones	Disminución	China	Potenciar las poblaciones con variabilidad genética como estrategia de protección de la especie.	RAD-seq	<i>Horsfieldia tetratapa</i>	Myristicaceae	Árbol

39	Genetic diversity and population structure of <i>Bretschneidera sinensis</i> , an endangered species	(Xu et al., 2013)		Se sugiere disminución en poblaciones manejadas	Disminución	China	Se sugiere baja variabilidad por poca adaptación y baja capacidad reproductiva.	SSR	<i>Bretschneidera sinensis</i>	Akaniaceae	Árbusto
40	Evaluation of dark jute SSR markers and morphological traits in genetic diversity assessment of jute mallow ( <i>Corchorus olitorius</i> L.) cultivars	(Adeyemo et al., 2021)	Se sugiere diversidad genética en las plantas manejadas.		Incremento	Nigeria, togo, Ghana	El análisis de coordenadas principales de los datos de SSR es coherente con las agrupaciones de unión de vecinos. El estudio basado en un conjunto de marcadores de yute oscuro y rasgos morfológicos revela que el alcance de la diversidad genética	SSR	<i>Corchorus olitorius</i>	Malvaceae	Árbusto
41	CHARACTERIZATION OF THE GENETIC VARIABILITY OF PROGENIES OF <i>Cordia alliodora</i> (R. & P.) Oken	(Marulanda et al., 2011)		Se sugiere disminución en poblaciones manejadas	Disminución	Colombia	Estos estudios son herramientas para manejo de especie y identificación de clones de interés comercial.	SSR	<i>Cordia alliodora</i>	Cordiaceae	Árbol
42	Microsatellite resources of <i>Eucalyptus</i> : current status and future perspectives.	(Sumathi et al., 2014)		Se sugiere disminución en poblaciones manejadas	Disminución	No específica	Los marcadores de microsatélites juegan un papel importante en los eucaliptos en diferentes niveles de mejora genética	SSR	<i>Eucalyptus sp.</i>	Myrtaceae	Árbol
43	Genetic Diversity and Breeding of Argan Tree ( <i>Argania spinosa</i> L. Skeels).	(Naima Ait et al., 2020)		Se sugiere disminución en poblaciones manejadas	Disminución	Marruecos	La aplicación de biotecnologías moleculares (marcadores de ADN) al mejoramiento y la selección prácticos es una estrategia novedosa y una metodología poderosa para el mejoramiento de plantas.		<i>Argania spinosa</i>	Sapotaceae	Árbol
44	Origin and domestication of native Amazonian crops.	(Clement et al., 2010)		Se sugiere disminución en poblaciones manejadas	Disminución	Brasil	Análisis genéticos moleculares adicionales sobre estas y otras especies permitirán un mejor examen de estos procesos y nos permitirán relacionarlos con otros patrones ecológicos históricos en la Amazonía.	meta análisis	meta análisis	meta análisis	meta análisis
45	Origins and genetic conservation of tropical trees in agroforestry systems: a case study from the Peruvian Amazon	(Dawson et al., 2008)		Se sugiere disminución en poblaciones manejadas	Disminución	Perú	Se sugiere mejor recolección de semillas para manejo de poblaciones manejadas	SSR	<i>Inga edulis</i>	Fabaceae	Árbol

46	Diversité génétique du <i>Prunus africana</i> (Hook. f.) Kalkman au Cameroun	(Avanna et al., 2004)		Se sugiere disminución en poblaciones manejadas	Disminución	Camerún	Estos marcadores parecen ser financieramente y técnicamente los más adecuados para estudios moleculares más finos destinados a definir estrategias efectivas para la conservación de esta especie en peligro de extinción	AFLP	<i>Prunus africana</i>	Rosaceae	Árbol
47	Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species.	(Thomas et al., 2014)		Se sugiere disminución en poblaciones manejadas	Disminución	resumen	Recomendamos el desarrollo y la adopción de herramientas de apoyo para la toma de decisiones para: recolectar y propagar germoplasma de una manera que asegure una amplia base genética de poblaciones de árboles restauradas	resumen	resumen	resumen	resumen
48	High differentiation among populations of the woody legume <i>Sesbania sesban</i> in sub-Saharan Africa: Implications for conservation and cultivation during germplasm introduction into agroforestry systems.	(Janmadas et al., 2005)		Implicaciones en el manejo.	Disminución	Zambia	En general, las estimaciones de diversidad de la población fueron bajas, posiblemente debido en parte a los cuellos de botella frecuentes, la corta longevidad y una fase juvenil breve	RAPD	<i>Sesbania sesban</i>	Fabaceae	Arbusto
49	Agromorphological and molecular variability in the genus <i>Sesbania sp.</i>	(Joshi-Saha y Gopalakrishna, 2007)	Se sugiere disminución por limitaciones en su manejo		Incremento		El estudio reveló mucha variabilidad interespecífica tanto a nivel morfológico como molecular	SSR	<i>Sesbania sp.</i>	Fabaceae	Arbusto
50	Conservation genetics of bush mango from central/west Africa: implications from random amplified polymorphic DNA analysis	(Lowe et al., 2000)	Se encontró integridad genética		Incremento	Camerún	Los resultados sugieren que el trasplante a gran escala de cualquiera de las especies en nuevos hábitats probablemente no conducirá a la introgresión genética de o en las otras especies	RAPD	<i>Irvingia gabonensis</i>	Irvingiaceae	Árbol
51	Comparison of quantitative and molecular variation in agroforestry populations of the shea tree ( <i>Vitellaria paradoxa</i> C.F. Gaertn) in Mali	(Lowe et al., 2000)		Se sugiere disminución en poblaciones manejadas		Malí	Mala selección de especies para su manejo.	SSR	<i>Vitellaria paradoxa</i>	Sapotaceae	Árbol
52	Global patterns of population genetic differentiation in seed plants	(Gambay Muchhala, 2020)	Evaluación sobre patrones biológicos y de adaptación				Se vio que las plantas polinizadas por insectos pueden tener mejor variabilidad que las que los relizan por factores ambientales como el viento.				

### Anexo 3. Ejemplos de Encuestas Realizadas



**Encuesta para proyecto de Tesis: "IMPLICACIONES DEL MANEJO Y DOMESTICACIÓN AGROFORESTAL EN LA VARIABILIDAD GENÉTICA DE ÁRBOLES TROPICALES."**

**Encuestador: Diego Villagómez.**

1. Nombre del Vivero. Sánchez Maldonado
2. Nombre del Dueño del Vivero. Johan Gómez
3. Ubicación. Las Palmas
4. Nombre de plantas tropicales que produce en su vivero.  
Toda clase de cítricos balsa  
Plomas de coco tonburá
5. ¿Conoce que es la variabilidad genética?  
si
6. ¿Qué técnica utiliza para recolección de las semillas?  
Se recolectan de árboles seleccionados por su resistencia
7. Valore la importancia que da al recoger sus semillas.  
Las recoge de CHACRAS o sitios cercanos a su vivero.   
Las recoge de BOSQUES así estos estén lejanos.   
INDIFERENTE.



**Encuesta para proyecto de Tesis: "IMPLICACIONES DEL MANEJO Y DOMESTICACIÓN AGROFORESTAL EN LA VARIABILIDAD GENÉTICA DE ÁRBOLES TROPICALES."**

**Encuestador: Diego Villagómez.**

1. Nombre del Vivero. Los azules
2. Nombre del Dueño del Vivero. Olgo Coronel
3. Ubicación. Santa Ana
4. Nombre de plantas tropicales que produce en su vivero.  
Guaba, mango, durazno, naranja lima
5. ¿Conoce que es la variabilidad genética?  
NO
6. ¿Qué técnica utiliza para recolección de las semillas?  
Troncadora Mikiya
7. Valore la importancia que da al recoger sus semillas.  
Las recoge de CHACRAS o sitios cercanos a su vivero.   
Las recoge de BOSQUES así estos estén lejanos.   
INDIFERENTE.

#### Anexo 4. Glosario (Modificado de Encyclopedia of life, 2018)

<b>Término</b>	<b>Definición</b>
<b>Bosque</b>	Bioma terrestre que incluye en toda su extensión espacial una densa vegetación.
<b>Tropical</b>	Puede referirse a los trópicos, los dos paralelos de la Tierra que se encuentran a una distancia del Ecuador de 23° Norte y Sur, respectivamente; son llamados Trópico de Cáncer y Trópico de Capricornio. La zona intertropical, franja que rodea al Ecuador, entre el Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio.
<b>Propágulos</b>	Parte de una planta capaz de originar vegetativamente otro individuo.
<b>Ecosistema</b>	Es el conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con su ambiente.
<b>Antropogénicas</b>	Pertenciente o relativo a lo que procede de los seres humanos que, en particular, tiene efectos sobre la naturaleza.
<b>Regeneración Natural</b>	La regeneración natural es la recuperación del bosque que depende de factores bióticos y abióticos específicos, así como de las intervenciones antrópicas que se realicen, condicionando la permanencia de las especies y la diversidad de los bosques.
<b>Agroforestería</b>	Es una forma de uso de la tierra en la que se combinan cultivos agrícolas, pastos o animales con especies leñosas.
<b>Variabilidad genética</b>	Es una medida de la tendencia de los genotipos de una población a diferenciarse.
<b>Sistemas agroforestales</b>	Es la forma de usar la tierra, que implica la combinación de especies forestales, en tiempo y espacio, con especies agronómicas, en procura de la sostenibilidad del sistema.
<b>Manejo forestal</b>	Es el conjunto de acciones y decisiones sobre los bosques que tienen por objetivo el obtener beneficios económicos y sociales de estos, sin alterar su función ecológica.
<b>Población</b>	Conjunto de seres vivos de la misma especie que habitan en un lugar determinado.
<b>Árboles tropicales</b>	Los árboles tropicales se hallan en las selvas tropicales y ecuatoriales de América Central, América del Sur, África y Asia.
<b>Sostenibilidad</b>	Cualidad de sostenible, especialmente las características del desarrollo que asegura las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de futuras generaciones.
<b>Neotrópico</b>	Involucra a los bosques tropicales del continente Americano (la selva húmeda tropical y subtropical), los cuales son los más grandes que cualquier otra ecozona.
<b>Marcadores moleculares</b>	En genética, un marcador molecular (identificado como marcador genético) es un fragmento de ADN que está asociado con una determinada ubicación dentro del genoma.
<b>Secuencias Simples Repetidas (SSR)</b>	Constituyen una herramienta altamente eficaz para la identificación de genotipos de cualquier especie y pueden ser de gran utilidad en la conservación y manejo de germoplasma. Se utilizan para localizar y aislar genes de interés.

<b>Polimorfismos para la longitud de fragmentos amplificados (AFLPS)</b>	La técnica llamada polimorfismo de longitud de fragmento amplificado es una técnica de biología molecular que nos permite detectar fragmentos de ADN de diferentes longitudes.
<b>Fragmentos polimórficos amplificados al azar (RAPDs)</b>	La técnica designada como polimorfismos para la longitud de fragmentos amplificados es un tipo de polimorfismo que resulta de la variación en la secuencia de ADN reconocida por las enzimas de restricción.
<b>Botánica</b>	Es una rama de biología que se centra en el estudio de las plantas, su ciclo de crecimiento, estructura, función, clasificación, distribución y reproducción.
<b>Vivero</b>	Es un conjunto de instalaciones que tiene como propósito fundamental la producción de plantas para abastecer las demandas de los programas de reforestación
<b>Cuello de botella (en biología)</b>	Es un proceso demográfico que experimenta una especie cuando experimenta una drástica reducción del tamaño de su población, ya sea por causas naturales (terremotos, incendios) o por causas antrópicas (caza excesiva, pérdida de hábitat).
<b>Fragmentación de bosques</b>	Es un proceso dinámico por el cual un determinado hábitat va quedando reducido a parches o islas de menor tamaño, más o menos conectadas entre sí en una matriz de hábitat diferentes al original.

**Anexo 5. Fotos de campo**



**Toma de datos de encuestas sobre Variabilidad Genética (provincia de Napo).**



**Toma de datos de encuestas sobre Variabilidad Genética (provincia de Napo).**



**Toma de datos de encuestas sobre Variabilidad Genética (Provincia de Pastaza).**

## BIBLIOGRAFÍA

- Abdulai, I., Krutovsky, K. y Finkeldey, R. (2017). Morphological and genetic diversity of shea tree (*Vitellaria paradoxa*) in the savannah regions of Ghana. *Genetic Resources and Crop Evolution*; pp. 605 - 619. <https://doi.org/10.1007/s10722-016-0434-8>
- Ait Aabd, N., Bouharroud, R., Tahiri, A., Wifaya, A., Mimouni, A. & El Mousadik, A. (2019) Genetic Diversity and Breeding of Argan Tree (*Argania spinosa* L. *Skeels*). *Advances in Plant Breeding Strategies: Nut and Beverage Crops*; pp. 31-56. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-23112-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-23112-5_2)
- Allaye, B., Hardy, O. y Bouvet Jm. (2004). Temporal and spatial genetic structure in *Vitellaria paradoxa* (shea tree) in an agroforestry system in southern Mali. *Molecular Ecology*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2004.02144.x>
- Álvarez, J. (2007). Comunidades locales, conservación de la avifauna y de la biodiversidad en la Amazonía peruana. *Revista Peruana de Biología*, 14(1), pp. 151-158.
- Alegre, J., Weber J. (1998). The potential of *Inga* species for improved woody fallows and multistrata agroforests in the Peruvian Amazon Basin. *Consultative Group on International Agricultural Research*; pp. 1-18.
- Assogbadjo, A., Kyndt, T., Sinsin, B., Gheysen, G. y Van damme, P. (2006). Patterns of genetic and morphometric diversity in Baobab (*Adansonia digitata*) populations across different climatic zones of benin (West Africa). *Annals of Botany*, (95), pp. 819 -830. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl043>
- Atta-Krah, K., Kindt, R., Skilton, J.N. y Amaral, W. (2004). Managing biological and genetic diversity in tropical agroforestry. *Agroforestry Systems*, pp. 61-62; 183-194. <https://doi.org/10.1023/B%3AAGFO.0000028998.32732.65>
- Ávila, G., Jimenez, Beer, J., y M. Ibrahim. (2001). Almacenamiento, Carbono en Reserva de Biosfera Sumaco fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*; pp. 32-35.
- Badii, M.H., A. Guillen, C.E. Rodríguez, O. Lugo, J. Aguilar y M. Acuña. (2015) Pérdida de Biodiversidad: Causas y Efectos, México Daena: *International Journal of Good Conscience*. Vol 10(2); pp. 156-174.
- Bouvet, J., Fontaine, Ch., Sanou, H. y Cardí, C. (2004). An analysis of the pattern of genetic variation in *Vitellaria paradoxa* using RAPD markers. *Agroforestry Systems*, 60, (1), pp. 61-69. <https://doi.org/10.1023/B:AGFO.0000009405.74331.74>.
- Boza, E., Irish, B., Meerow, A., Tondo, C., Rodríguez, O., Ventura, M., Gómez, J., Moore, M., Zhang, D., Motamayor, J. y Schnell R. (2013). Genetic diversity, conservation,

- and utilization of *Theobroma cacao* L.: genetic resources in the Dominican Republic. *Genetic Resources and Crop Evolution*, pp. 605-619. <https://doi.org/10.1007/s10722-012-9860-4>.
- Boza, E., Tondo, C., Ledesma, N., Campbell, R., Bost, J., Schnell, R. y Gutiérrez, O. (2018). Genetic differentiation, races and interracial admixture in avocado (*Persea americana* Mill.), and *Persea* spp. evaluated using SSR markers. *Genetic Resources and Crops*, 65, pp. 1195 – 1215. <https://doi.org/10.1007/s10722-018-0608-7>
- Byrne, M., MacDonald, B., Broadhurst y Brand, J. (2003). Regional genetic differentiation in Western Australian sandalwood (*Santalum spicatum*) as revealed by nuclear RFLP analysis. *Theoretical Applications in Genetics*, 107, pp. 1208–1214. <https://doi.org/10.1007/s00122-003-1365-2>
- Butter, Ruther, A. (2020). Bosques tropicales: un recorrido por las grandes Selvas del mundo. *Investigaciones Científicas y Agrotecnológicas para la Seguridad Alimentaria*, p. 224.
- Clement, C., De Cristo, A., Coppens, D'E., Alves, A. y Picanço, D. (2010). Origin and Domestication of Native Amazonian Crops. *Diversity*, (2), pp. 72-106. <https://doi.org/10.3390/d2010072>
- Cloutier, D, Kanashiro, M., Ciampi, A.Y. & Schoen, D.J. (2007). Impact of selective logging on inbreeding and gene dispersal in an Amazonian tree population of *Carapa guianensis* Aubl. *Molecular Ecology*, 16 (4), pp. 797-809. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2006.03193.x>
- Chamorro, F. J., y Nates-Parra, G. (2015). Biología floral y reproductiva de *Vaccinium meridionale* (*Ericaceae*) en los Andes orientales de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 63(4), pp. 1197-1212.
- Cerrón, J., Fremout, T., Atkinson, R., Thomas, E., & Cornelius, J. (2019). Experiencias de restauración y fuentes semilleras en el bosque seco tropical del norte del Perú. *Bioversity International, World Agroforestry*, Lima, Peru.
- Cedrela, G. O. C., Rivera Leyva, R. R., y García-Cuevas, X. caracterización de semillas de veinte genotipos superiores de cedro *Cedrela Odorata l.*, con fines de mejoramiento genético en Yucatán. *Investigaciones Científicas y Agrotecnológicas para la Seguridad Alimentaria*, p. 226.
- Cordero, D. (2011). Los bosques en América Latina. *Friedrich-Ebert-Stiftung. Communications Biology*, 1.
- Cornejo, O., Yee, MC., Dominguez, V., Andrews, M., Sockell, A., Strandberg, E., Livingstone III, D., Stack, C., Romero, A., Umaharan, P., Royaert, S., Tawari, NR.,

- Osman, P., Phillips, W., Mockaitis, K., Bustamante, C. & Motamayor, J. (2018). Population genomic analyses of the chocolate tree, *Theobroma cacao* L., provide insights into its domestication process. *Communications Biology*, 1; p. 167. <https://doi.org/10.1038/s42003-018-0168-6>
- Cruse-Sanders, J., Parker, P., Friar, E., Huang, D., Mashayekhi, S., Prince, L., Otero-Arnaiz, A. y Casas, A. (2013). Managing diversity: Domestication and gene flow in *Stenocereus stellatus* Riccob. (*Cactaceae*) in Mexico. *Ecology and Evolution*, 3 (5); pp. 1340-1355. <https://doi.org/10.1002/ece3.524>
- Cruz, N. O., Aguiar, A.V., Twyford, A. D., Naves, L.E., Pennington, R.T. y Lopes, A.V. (2014) Genetic and Ecological Outcomes of *Inga vera* Subsp. *affinis* (*Leguminosae*) Tree Plantations in a Fragmented Tropical Landscape. *PLoS ONE*, 9 (6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099903>
- Delplancke, M., Alvarez, N., Espíndola, A., Joly, H., Benoit, L., Brouck, E. & Arrigo, N. (2012). Gene flow among wild and domesticated almond species: insights from chloroplast and nuclear markers. *Evolutionary Applications*, 5(4), pp. 317–329. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2011.00223.x>
- Diallo, B., Joly, H., Mckey, D., Hossaert-Mckey, M. & Chevallier M.H. (2007). Genetic diversity of *Tamarindus indica* populations: Any clues on the origin from its current distribution? *African Journal of Biotechnology*, 6 (7), pp. 853-860. <http://www.academicjournals.org/AJB>
- Dobes, Ch., Steccari, I., Kostenberger, S. & Lompo, D. (2019). Relative genome size variation in the African agroforestry tree *Parkia biglobosa* (*Fabaceae: Caesalpinioideae*) and its relation to geography, population genetics, and morphology. *Genome*, pp. 665-676. <https://doi.org/10.1139/gen-2019-0069>
- Donazzolo, J., Stefano V., Guerra, P. y Nodari R. (2020). On farm management of *Acca sellowiana* (*Myrtaceae*) as a strategy for conservation of species genetic diversity. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108826>
- Debouck, D., Ebert, A., Peralta, E., Barandiarán, M. A., & Ramírez, M. (2008). La importancia de la utilización de la diversidad genética vegetal en los programas de investigación agrícola en América Latina.
- Enciclopedia of Life. (2018). Encyclopedia of Life. Recuperado 20 de marzo de 2022, de <https://eol.org/>
- Ekúé, M., Gailing, O., Finkeldey, R. y Eyog-Matig, O. (2008). Indigenous Knowledge, Traditional Management and Genetic Diversity of the Endogenous Agroforestry Species *Ackee* (*Blighia Sapida*) In Benin. International Symposium on Underutilized

- Plants for Food Security, Nutrition, Income and Sustainable Development. ISHS.
- FAO. 2021. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020 - Informe principal. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca9825es>
- Fernández, C. G., Sist, P., y Kanashiro, M. (2007). Manejo sostenible de los bosques tropicales desafíos para las prácticas de aprovechamiento de impacto reducido. Recursos Naturales y Ambiente, pp. 49-50.
- Fournier, L. A. O. (1981). Importancia de los sistemas agroforestales en Costa Rica. Universidad de Costa Rica, 5(1/2), pp. 141-147.
- Graudal L., Aravanopoulos F., et al (2014). Global to local genetic diversity indicators of evolutionary potential in tree species within and outside forests. Forest Ecology and Management. pp. 35-5.
- Grijalva, J., X. Checa, R. Ramos, P. Barrera y R. Limongi. 2012. Situación de los Recursos Genéticos Forestales – Informe País Ecuador. Preparado por el Programa Nacional de Forestería del INIAP con aval del INIAP/FAO/MAE/MAGAP/MMRREE. Documento sometido a la Comisión Forestal de la FAO-Roma, para preparación del Primer Informe sobre el Estado de los Recursos Genéticos Forestales en el Mundo; p. 95.
- Gao, Y., Yin, S., Wu, L., Dai, D., Wang, H., Liu, Ch. & Tang, L. (2017). Genetic diversity and structure of wild and cultivated *Amorpha phyllis paeoniifolia* populations in southwestern China as revealed by RAD-seq. Scientific Reports, 7. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14738-6>
- Garcia, F., Noyer, J., Risterucci, M. y Chevallier. (2004). Genotyping of Mature Trees of *Entandrophragma cylindricum* with Microsatellites. The American Genetic Association, 95, (5), pp. 454 – 457. <https://doi.org/10.1093/jhered/esh071>
- Jara, L. (1995). Mejoramiento Forestal y Conservación de Recursos Genéticos Forestales. Costa Rica. Tomo 1.
- He, J., Chen, L., Si, Y., Huang, B., Ban, X. & Wang, Y. (2009). Population structure and genetic diversity distribution in wild and cultivated populations of the traditional Chinese medicinal plant *Magnolia officinalis subsp. biloba* (Magnoliaceae). Genetic, 135, (233), p. 43. <https://doi.org/10.1007/s10709-008-9272-8>
- Hernández, L. (2008). Genetic diversity and mating system analysis of *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) populations under different human dominated landscapes and primary forests. [Tesis Maestría, National University of Costa Rica]. <http://hdl.handle.net/11554/5170>
- Hollingsworth, PM., Dawson, IK., Goodall-Copestake, WP., Richardson, JE., Weber,

- Sotelo, M. y Pennington, RT. (2005). Do farmers reduce genetic diversity when they domesticate tropical trees? A case study from Amazonia. *Molecular Ecology*.
- Houndonougbo, J., Kassa, B., Salako, V., Idohou, R., Assogbadjo, A. & Glèlè Kakai, R. (2020). Perceived variation of fruit traits, and preferences in African locust bean [*Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth.] in Benin: implications for domestication. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 67, pp. 1315 – 1329. <https://doi.org/10.1007/s10722-020-00915-6>
- Houghton RA (1991) Tropical deforestation and atmospheric carbon dioxide. *Climatic Change* 19; pp. 99-118.
- Kremer, A., Caron, H., Cavers, S., Colpaert, N., Gheysen, G., Gribel, R., Lemes, M., Lowe, A., Margis, R., Navarro, C. y Salgueiro, F. (2005). Monitoring genetic diversity in tropical trees with multilocus dominant markers. *Heredity*, 95, pp. 274–280. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800738>
- Kageyama, P. Y., & Dias, I. S. (1985). Aplicación de conceptos genéticos a especies forestales nativas en Brasil. *Información sobre Recursos Genéticos Forestales*, 13, pp. 2-10.
- Lengkeek, A., Mwangi, A., Agufa, C., Ahenda, J. & Dawson, I. (2006). Comparing genetic diversity in agroforestry systems with natural forest: a case study of the important timber tree *Vitex fischeri* in central Kenya. *Agroforestry Systems*, 67, pp. 293–300. <https://doi.org/10.1007/s10457-005-5830-6>
- Reglamento a la ley orgánica de agro biodiversidad, semillas y fomento de la agricultura sustentable Tercer Suplemento del Registro Oficial No.194, 30 de abril 2020 Normativa: Vigente Última Reforma: Decreto 1011 (Tercer Suplemento del Registro Oficial 194, 30-IV2020). [https://www.tfc.com.ec/uploads/noticia/adjunto/668/reglamento\\_a\\_la\\_ley\\_org% c3 %8Inica\\_de\\_agrobiodiversidad\\_\\_semillas\\_y\\_fomento\\_de\\_la\\_agricultura\\_sustentable.pdf](https://www.tfc.com.ec/uploads/noticia/adjunto/668/reglamento_a_la_ley_org%c3%8Inica_de_agrobiodiversidad__semillas_y_fomento_de_la_agricultura_sustentable.pdf)
- Mastretta, A., Acevedo, F., Burgeff, C., Cano, M., Piñero, D. & Sarukhán, J. (2018). An Initiative for the Study and Use of Genetic Diversity of Domesticated Plants and Their Wild Relatives. *Frontiers in Plant Science*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00209>
- Millar, M.A. (2008). *Acacia saligna* as a sustainable agroforestry crop for southern Australia: a genetic assessment. [Thesis of Doctor, The University of Adelaide, South Australia]. <https://digital.library.adelaide.edu.au/bitstream/2440/59017/8/02whole.pdf>

- Miller, A. y Schaal B. (2006). Domestication and the distribution of genetic variation in wild and cultivated populations of the Mesoamerican fruit tree *Spondias purpurea* L. (*Anacardiaceae*). *Molecular Ecology*.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2014). Plan Nacional de Restauración Forestal 2014-2017. Quito - Ecuador. pp. 31-35.
- Nogueira, A., Ferreira, M., Guilhen, J. y Ferreira, A. (2014). Multivariate analysis in a genetic divergence study of *Psidium guajava*. *Genetics and molecular research*. <https://doi.org/10.4238/2014>
- Petersen, J., Parker, I. y Potter, D. (2014). Domestication of the neotropical tree *Chrysophyllum cainito* from a geographically limited yet genetically diverse gene pool in Panama. John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/ece3.948>
- Pierre, M. y Bayer R. (1991). The impact of domestication on the genetic variability in the orange carrot, cultivated *Daucus carota* ssp. *sativus* and the genetic homogeneity of various cultivars. *Theoretical and Applied Genetics*, 82, pp. 249-253. <https://doi.org/10.1007/BF00226221>
- Priyadarshan P.M. (2016). Genetic Diversity and Erosion in Hevea Rubber. *Genetic Diversity and Erosion in Plants. Sustainable Development and Biodiversity*. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-25954-3\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-25954-3_6).
- Quesada, M., Rosas, F., Mikel, M. L. A., Aguilar, R., Ashworth, L., Guerrero, V. R., & Montoya, G. S. (2012). III. Ecología y conservación biológica de sistemas de polinización de plantas tropicales.
- Russell, J., Weber, J., Booth, A., Powell, W., Sotelo-Montes, C. & Dawson, I. (2003). Genetic variation of *Calycophyllum spruceanum* in the Peruvian Amazon Basin, revealed by amplified fragment length polymorphism (AFLP) analysis. *Molecular Ecology*. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294X.1999.00551.x>
- Villalobos-Rodríguez, I. (2002). Aspectos genéticos y ecofisiológicos de la expresión sexual en *Simarouba glauca* L, un árbol dioico del bosque tropical seco.
- Singh, B. (2012). Estimation of genetic variability in *Phyllanthus emblica* L. - Towards a contribution in sustainable rural development. *Journal of Horticulture and Forestry*. <https://doi.org/10.5897/JHF11.074>
- Stewart, J. L. (1999). Variación genética en arboles forrajeros. *FAO animal production and health paper*, pp. 327-340.
- Sumathi, M. y Yasodha, R. (2014). Microsatellite resources of *Eucalyptus*: current status and future perspectives. *Botanical Studies*, 55, p. 73. <https://doi.org/10.1186/s40529-014-0073-3>

- Trujillo, M. (2006). Conservación de recursos genéticos forestales. *Revista INIA-Nº*, 8, p. 28.
- Xu, W., Yang, T., Qiu, L., Chapman, M., Li, DZ. y Liu, A. (2019). Genomic analysis reveals rich genetic variation and potential targets of selection during domestication of castor bean from perennial woody tree to annual semi-woody crop. *Plan Direct*. <https://doi.org/10.1002/pld3.173>
- Yadav, A., Yadav, M., Kumar, S., Sharma, D., & Yadav, J. (2016). Validation and transferability of simple sequence repeats (SSR's) from some species of *Acacia* genus to *Acacia nilotica* (L). *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, (8), pp. 95-101. <https://doi.org/10.22159/ijpps.2016v8i11.13550>
- Yan Qun, P., Ling Ling, F., Fu Ying, M., Yun Sheng, Z., Rui, X., Yu Jie, Y., Xin, C., De Guang, W. & Xin Hui, Z. (2018). Genetic diversity and population structure of a protected species: *Polygala tenuifolia* Willd. *Science Direct Comptes Rendus Biologiesw*, pp. 152-159. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2018.01.007>
- Yong, Z., Hu, P., Zhong, Ch., Wei, Y., Meng, J., Li, Z., Pinyopusarek, K. & Bush, D. (2020). Analyses of Genetic Diversity, Differentiation and Geographic Origin of Natural Provenances and Land Races of *Casuarina equisetifolia* Based on EST-SSR Markers. *Forests*, 11, (4) p. 432. <https://doi.org/10.3390/f11040432>
- Zhao, Dw., Yang, Jb., Yang, Sx., Kato, K. & Luo, Jp. (2014). Genetic diversity and domestication origin of tea plant *Camellia taliensis*(*Theaceae*) as revealed by microsatellite markers. *BMC Plant Biology*. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-14-14>