



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN  
CURRICULAR, MODALIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**“ESTUDIO INTEGRAL DEL COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO,  
REPRODUCTIVO, SOCIOECONÓMICO Y MÉTODOS DE  
ALMACENAMIENTO DE LA SEMILLA DE *Myrcianthes hallii* (O.  
Berg) McVaugh (ARRAYAN) EN EL BIOCORREDOR ANDES NORTE  
(BIAN), IMBABURA, ECUADOR.”**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Forestal**

**Línea de investigación:** Desarrollo agropecuario y forestal sostenible

**Autores:** Stefany Mishell Mina Zura, David Andres Ulcuango Vistin.

**Director:** Ing. Hugo Vinicio Vallejos Alvarez, MSc.

Ibarra – Noviembre – 2024



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de Investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual Pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1004287924		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Mina Zura Stefany Mishell		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:smminaz@utn.edu.ec">smminaz@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>		<b>TELF. MOVIL</b>	0993896309
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1004741375		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Ulcuango Vistin David Andres		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:daulcuangov@utn.edu.ec">daulcuangov@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>		<b>TELF. MOVIL</b>	0991149623

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	ESTUDIO INTEGRAL DEL COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO, REPRODUCTIVO, SOCIOECONÓMICO Y MÉTODOS DE ALMACENAMIENTO DE LA SEMILLA DE <i>Myrcianthes hallii</i> (O. Berg) McVaugh (ARRAYAN) EN EL BIOCORREDOR ANDES NORTE (BIAN), IMBABURA, ECUADOR
<b>AUTOR (ES):</b>	Stefany Mishell Mina Zura, David Andres Ulcuango Vistin.
<b>FECHA: AAAAMMDD</b>	2024/11/07
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
<b>CARRERA/PROGRAMA:</b>	<b>GRADO X POSGRADO</b>
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniería Forestal
<b>DIRECTOR:</b>	Ing. Hugo Vinicio Vallejos Alvarez, MSc.

## AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Nosotros, Stefany Mishell Mina Zura, con cédula de identidad Nro. 1004287924 y David Andres Ulcuango Vistin con cédula de identidad Nro. 1004741375, en calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de integración curricular descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Ibarra, a los 07 días del mes de noviembre del 2024

LOS AUTORES:

Firma.....  


Nombre: Stefany Mishell Mina Zura

Firma.....  


Nombre: David Andres Ulcuango Vistin

## CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 07 días del mes de noviembre del 2024

### LOS AUTORES:

Firma  .....

Nombre: Stefany Mishell Mina Zura

Firma  .....

Nombre: David Andres Ulcuango Vistin

# **CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTERGRACIÓN CURRICULAR**

Ibarra, 07 de noviembre Del 2024

*Ing. Hugo Vinicio Vallejos Alvarez, MSc.*

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**CERTIFICA:**

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

**HUGO  
VINICIO  
VALLEJOS  
ALVAREZ**

(f) .....

*Ing. Hugo Vinicio Vallejos Alvarez, MSc.*

*C.C.: 1002018941*

## APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “ESTUDIO INTEGRAL DEL COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO, REPRODUCTIVO, SOCIOECONÓMICO Y MÉTODOS DE ALMACENAMIENTO DE LA SEMILLA DE *Myrcianthes hallii* (O. Berg) McVaugh (ARRAYAN) EN EL BIOCORREDOR ANDES NORTE (BIAN), IMBABURA, ECUADOR” elaborado por Stefany Mishell Mina Zura, con cédula de identidad Nro. 1004287924 y David Andres Ulcuango Vistin con cédula de identidad Nro. 1004741375, previo a la obtención del título de Ingeniería Forestal, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

HUGO  
VINICIO  
VALLEJOS  
ALVAREZ

Firmado  
digitalmente por  
HUGO VINICIO  
VALLEJOS ALVAREZ  
Fecha: 2024.11.07  
14:34:25 -05'00'

(f):.....

Ing. Hugo Vinicio Vallejos Alvarez, MSc.

C.C.: 1002018941



Firmado electrónicamente por:  
JORGE LUIS CUE  
GARCIA

(f):.....

Ing. Jorge Luis Cué García, PhD

C.C.: 1754608709

## **DEDICATORIA**

Le dedico esta tesis a mis padres, María de Lourdes Zura Gudiño y Edgar Patricio Mina Carrera, quienes me motivaron a seguir adelante y no rendirme en esta importante etapa de mi vida volviéndose así el principal fundamento de mi superación personal. A mis hermanas mayores, Katherine Patricia Mina Zura y Joselyne Lizeth Mina Zura, quienes me brindaron consejos durante toda mi vida universitaria y me impulsaron a escalar más alto. A mis sobrinos Jeremy Jácome y Lourdes Gómez, quienes me dieron compañía, distracción y momentos de ocio en las circunstancias más estresantes y tensas. A Dios, por brindarme la determinación de sobreponerme en los momentos más difíciles.

Stefany Mina

A Dios, fuente infinita de sabiduría y amor, le agradezco por guiar mis pasos y bendecir mi vida. A mis padres, Carmen Vistin y Aníbal Ulcuango, quienes con su incansable amor y dedicación me enseñaron el valor de la familia, la importancia del respeto y la honestidad. A mi hermano, Aníbal Ulcuango, por su compañía y apoyo incondicional. A mis abuelos, cuyas enseñanzas llenas de sabiduría me han acompañado siempre aun estando en el cielo me bendicen. Gracias a todos ellos por ser mi inspiración y mi fortaleza. Este logro es un testimonio de su amor y de la bendición de Dios en mi vida.

David Ulcuango

## **AGRADECIMIENTO**

Le agradezco a mis padres, por brindarme la valiosa oportunidad de estudiar y apoyarme en todo lo necesario hasta lograr culminar mis estudios. A mis maestros, Ing. Hugo Vallejos, MSc y Ing. Jorge Cué, PhD quienes me guiaron en la realización de mi trabajo y me motivaron al ser una gran fuente de inspiración mediante sus enseñanzas.

Stefany Mina

En primer lugar, expresar mi agradecimiento a mis padres, quienes con amor incondicional y apoyo constante son mi pilar fundamental. A mi hermano, por su amistad y compañía en este camino. A mis profesores, el Ing. Hugo Vallejos, MSc y el Ing. Jorge Cué, PhD por compartir sus conocimientos y experiencias, y por inspirarme a alcanzar nuevas metas. A mis amigos, quienes han estado a mi lado en cada paso, celebrando mis logros y brindándome su apoyo en los momentos difíciles. Y por supuesto, a la carrera de Ingeniería Forestal, que me ha permitido explorar mi pasión por la naturaleza y formarme como un profesional comprometido con la conservación de nuestros bosques. Gracias a todos ustedes, he podido crecer tanto a nivel personal como próximo profesional

David Ulcuango

## RESUMEN

El Biocorredor Andes Norte (BIAN) en Imbabura, Ecuador, ha experimentado diversos desafíos ambientales, incluyendo deforestación, expansión agrícola y ganadera. Estos factores han motivado un estudio exhaustivo sobre el arrayán (*Myrcianthes hallii* (O. Berg) McVaugh), una especie nativa de gran importancia ecológica y cultural en la región. Esta investigación se propuso evaluar integralmente el comportamiento fenológico, reproductivo, socioeconómico, biofísico y ambiental de *Myrcianthes hallii* (O. Berg) McVaugh - (arrayan), así como los métodos de almacenamiento de sus semillas en el Biocorredor Andes Norte (BIAN), Imbabura, Ecuador. El diseño experimental empleó un enfoque aleatorio irrestricto, examinando diferentes condiciones de almacenamiento. Se utilizaron diversos envases (frascos de cristal oscuro y traslúcido, fundas oscuras y traslúcidas) y un grupo control. Las semillas se mantuvieron en condiciones naturales y bajo refrigeración (6-8°C) durante dos meses, seguidos por un período de germinación de 90 días. Sorprendentemente, no se observó germinación visible en el período de estudio, incluso en las cajas Petri, que generalmente ofrecen condiciones óptimas para este proceso. Sin embargo, al realizar un corte en 40 semillas al final del experimento, se detectó la aparición incipiente de la radícula en algunas muestras. Estos resultados sugieren que el arrayán podría requerir un período de germinación más prolongado o tratamientos pre-germinativos específicos para acelerar el proceso. La ausencia de germinación visible no implica necesariamente la inviabilidad de las semillas, sino que resalta la complejidad de los mecanismos de dormancia en esta especie.

**Palabras clave:** Almacenamiento, Germinación, Semillas, Envases, especies

## ABSTRACT

The Northern Andes Biocorridor (BIAN) in Imbabura, Ecuador, has experienced various environmental challenges, including deforestation, agricultural and livestock expansion. These factors have motivated an exhaustive study of the bayberry (*Myrcianthes hallii* (O. Berg) McVaugh), a native species of great ecological and cultural importance in the region. This research aimed to comprehensively evaluate the phenological, reproductive, socioeconomic, biophysical and environmental behavior of *Myrcianthes hallii* (O. Berg) McVaugh - (arrayan), as well as the storage methods of its seeds in the Biocorredor Andes Norte (BIAN), Imbabura, Ecuador. The experimental design employed an unrestricted randomized approach, examining different storage conditions. Various containers were used (dark and translucent glass bottles, dark and translucent covers) and a control group. The seeds were kept in natural conditions and under refrigeration (6-8°C) for two months, followed by a germination period of 90 days. Surprisingly, no visible germination was observed during the study period, even in Petri dishes, which generally offer optimal conditions for this process. However, when cutting 40 seeds at the end of the experiment, the incipient appearance of the radicle was detected in some samples. These results suggest that myrtle may require a longer germination period or specific pre-germination treatments to accelerate the process. The absence of visible germination does not necessarily imply the nonviability of the seeds, but rather highlights the complexity of dormancy mechanisms in this species.

**Keywords:** Storage, Germination, Seeds, Packaging, species.

## **LISTA DE SIGLAS**

**COA.** Código Orgánico ambiental

**MAE.** Ministerio del Ambiente del Ecuador.

**MAG.** Ministerio de Agricultura y Ganadería

**FAO.** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

**ISTA.** Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas.

**INAMHI.** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – Ecuador.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
• <b>Problema</b> .....	3
- Problemática .....	3
- Formulación del problema de investigación.....	4
• <b>Justificación</b> .....	4
• <b>Objetivos</b> .....	5
- Objetivo general.....	5
- Objetivos específicos .....	5
• <b>Hipótesis</b> .....	6
<b>CAPÍTULO I</b> .....	7
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	7
<b>1.1 Síntesis del sector forestal en Ecuador</b> .....	7
1.1.1 Bosques nativos andinos.....	7
1.1.2 Ecología del Arrayan .....	7
<b>1.2 Generalidades del Arrayan</b> .....	7
1.2.1 Descripción botánica del Arrayan.....	7
1.2.2 Ecosistemas de Ecuador donde se encuentra el Arrayan .....	8
1.2.3 Uso del Arrayan.....	8
<b>1.3 Características de árboles semilleros</b> .....	8
1.3.1 Selección de árboles semilleros .....	8
1.3.2 Cualidades fenotípicas y genéticas tomadas en cuenta para seleccionar árboles semilleros. ....	9
<b>1.4 Fenología</b> .....	10
1.4.1 Fenofases .....	10
1.4.2 Calendario fenológico.....	10
<b>1.5 Germinación</b> .....	11
1.5.1 Análisis de calidad de semillas .....	11
1.5.2 Semillas recalcitrantes .....	11
1.5.3 Semillas ortodoxas.....	11
1.5.4 Potencial de producción de semillas.....	12
<b>1.6 Estudios Similares</b> .....	12
<b>CAPÍTULO II</b> .....	13

<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	13
<b>1.1 Tipo de investigación</b> .....	13
<b>2.2 Ubicación del lugar</b> .....	13
2.2.1 Política.....	13
2.2.2 Geográfica .....	14
2.2.3 Límites.....	15
<b>2.3 Caracterización edafoclimática del lugar</b> .....	15
2.3.1 Suelos .....	15
2.3.2 Clima .....	15
<b>2.4 Materiales, equipos y software</b> .....	16
<b>2.5 Métodos, técnicas e instrumentos</b> .....	16
2.5.1 Diseño experimental .....	16
2.5.1.3 Distribución de los tratamientos.....	17
2.5.1.4 Modelo estadístico del experimento.....	18
2.5.2 Instalación del experimento .....	19
2.5.2.1 Fase de campo .....	19
<b>Seguimiento y evaluación</b> .....	23
<b>a. Observaciones fenológicas</b> .....	23
<b>b. Variables registradas y trabajo de campo</b> .....	23
<b>c. Social</b> .....	25
<b>d. Calendario fenológico</b> .....	25
<b>a. Recolección de frutos</b> .....	25
<b>b. Extracción de la semilla</b> .....	26
2.5.2.2 Fase de laboratorio.....	26
<b>a. Conservación de la semilla</b> .....	26
<b>b. Almacenamiento</b> .....	26
2.5.2.3 Metodología para la morfometría y el almacenamiento de semillas.....	27
<b>a. Pureza</b> .....	27
<b>b. Contenido de humedad</b> .....	27
<b>c. Peso de la semilla</b> .....	28
<b>d. Morfometría de la semilla</b> .....	28
• <b>Tamaño</b> .....	28
• <b>Forma</b> .....	29
• <b>Color</b> .....	29
• <b>Textura</b> .....	30

e.	<b>Almacenamiento de semillas</b> .....	30
•	<b>Poder germinativo</b> .....	30
•	<b>Vigor germinativo</b> .....	30
•	<b>Energía germinativa</b> .....	30
•	<b>Índice de velocidad de emergencia</b> .....	31
•	<b>Velocidad de germinación</b> .....	31
	<b>CAPÍTULO III</b> .....	32
	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	32
	<b>3.1 Caracterización fenotípica de los individuos de la población de <i>Myrcianthes hallii</i></b> .....	32
	<b>3.2 Caracterización de la estructura funcional de las poblaciones</b> .....	33
	3.2.1 Criterio biofísico.....	33
	3.2.1.1 Meses secos y lluviosos.....	35
	3.2.2 Criterio socioeconómico.....	36
	3.2.2.1 Género y edad.....	36
	3.2.2.2 Actividad e ingresos. ....	36
	3.2.2.3 Composición familiar .....	36
	3.2.2.4 Nivel de educación. ....	36
	3.2.2.5 Etnia. ....	36
	3.2.2.6 Residencia en la zona. ....	37
	3.2.2.7 Uso de las especies.....	37
	3.2.2.8 Tenencia de la tierra.....	37
	3.2.3 Criterio ecológico .....	37
	3.2.3.1 Servicio ambiental.....	37
	3.2.3.2 Edad de la especie .....	37
	3.2.3.3 Asociatividad con otras especies .....	38
	3.2.3.4 Área protegida. ....	38
	<b>3.3 Evaluación de fuentes semilleras</b> .....	38
	<b>3.4 Observaciones fenológicas</b> .....	39
	3.4.1 Fase vegetativa .....	39
	3.4.2. Fase reproductiva.....	40
	<b>3.5 Potencial de producción de frutos</b> .....	41
	<b>3.6 Morfometría y el almacenamiento de semillas</b> .....	42
	3.6.1 La pureza.....	42
	3.6.2 Contenido de humedad .....	43
	3.6.3 Peso de la semilla .....	43

<b>3.7 Morfometría de la semilla</b> .....	44
3.7.1 Tamaño.....	44
3.7.2 Forma .....	45
3.7.3. Color.....	46
3.7.4 Textura.....	46
<b>3.8 Germinación</b> .....	47
<b>3.9 Almacenamiento</b> .....	48
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	49
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	49
<b>Conclusiones</b> .....	49
<b>Recomendaciones</b> .....	49
<b>Referencias bibliográficas</b> .....	50
<b>ANEXOS</b> .....	59

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Materiales, equipos y software a emplear en la investigación</i> .....	16
Tabla 2. <i>Descripción del diseño empleado en el experimento</i> .....	17
Tabla 3. <i>Distribución de las cajas petri en laboratorio - diseño al azar</i> .....	17
Tabla 4. <i>Distribución de las cajas en campo - diseño al azar</i> .....	18
Tabla 5. <i>Criterios de evaluación fenotípica de la especie en estudio</i> .....	19
Tabla 6. <i>Características de identificación del tipo de fuente semillera</i> .....	22
Tabla 7. <i>Escala de interpretación de los eventos fenológicos</i> .....	23
Tabla 8. <i>Descripción de las facies fenológicas</i> .....	24
Tabla 9. <i>Promedio de los parámetros dasométricos de los individuos seleccionados de <i>Myrcianthes hallii</i> en el sitio de estudio, Taita Imbabura</i> .....	32
Tabla 10. <i>Caracterización fenotípica de la especie <i>Myrcianthes hallii</i></i> .....	33
Tabla 11. <i>Variables biofísicas del bosque protector Taita Imbabura</i> .....	34
Tabla 12. <i>Productividad de los cinco individuos de <i>Myrcianthes hallii</i> (O. Berg) McVaugh - (arrayan)</i> .....	42
Tabla 13. <i>Media de resumen de la especie <i>Myrcianthes hallii</i> (O. Berg) McVaugh - (arrayan)</i> .....	42
Tabla 14. <i>Tabla de pureza, contenido de humedad y peso de la semilla de <i>Myrcianthes hallii</i>.</i> .....	44
Tabla 15. <i>Morfometría de la semilla de <i>Myrcianthes hallii</i></i> .....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Mapa de ubicación del area de estudio</i> .....	14
Figura 2. <i>Modelos arquitectónicos según Hallé et al. (1978)</i> .....	21
Figura 3. <i>Dimensión de cuadrantes para el estudio de la fenología</i> .....	25
Figura 4. <i>Formas de las semillas según Murley</i> .....	29
Figura 5. <i>Color de semillas según la tabla de Munsell</i> .....	29
Figura 6. <i>Fenofases vegetativa de Myrcianthes hallii (O. Berg) McVaugh - (arrayan)</i> .....	39
Figura 7. <i>Fenofases de floración de Myrcianthes hallii (O. Berg) McVaugh - (arrayan)</i> .....	40
Figura 8. <i>Fenofases de fructificación de Myrcianthes hallii (O. Berg) McVaugh - (arrayan)</i> .....	41
Figura 9. <i>Mapa de Isotermas de la parroquia San Antonio</i> .....	59
Figura 10. <i>Mapa de Isoyetas de la parroquia San Antonio</i> .....	60
Figura 11. <i>Mapa de Texturas de la parroquia San Antonio</i> .....	61
Figura 12. <i>Mapa de Susceptibilidad de la parroquia San Antonio</i> .....	62
Figura 13. <i>Mapa de Erosión actual de la parroquia San Antonio</i> .....	63
Figura 14. <i>Mapa de Pendiente actual de la parroquia San Antonio</i> .....	64
Figura 15. <i>Mapa de Cobertura del suelo de la parroquia San Antonio</i> .....	65
Figura 16. <i>Estaciones del sitio de estudio</i> .....	66
Figura 17. <i>Género de la población del sitio de estudio</i> .....	66
Figura 18. <i>Fuentes de ingreso de la población del sitio de estudio</i> .....	67
Figura 19. <i>Nivel de educación de la población del sitio de estudio</i> .....	67
Figura 20. <i>Etnia de la población del sitio de estudio</i> .....	68
Figura 21. <i>Tiempo de residencia de la población del sitio de estudio</i> .....	68
Figura 22. <i>Tenencia de la tierra de la población del sitio de estudio</i> .....	69
Figura 23. <i>Recolección de los frutos</i> .....	70
Figura 24. <i>Fruto recolectado de la especie</i> .....	70
Figura 25. <i>Despulpe del fruto para tener las semillas</i> .....	71
Figura 26. <i>Selección de las semillas para su almacenamiento</i> .....	71
Figura 27. <i>Almacenamiento de semillas en la nevera</i> .....	72
Figura 28. <i>Instalación de ensayo en laboratorio y en cajas en campo</i> .....	72
Figura 29. <i>Fase del proceso de germinación</i> .....	73

## INTRODUCCIÓN

El arrayán es fundamental socioeconómicamente ya que es uno de los ingredientes necesarios para la colada morada, también es muy adecuado para mejorar el paisaje en jardines calles etc. Las familias de sectores aledaños a donde existen arboles de arrayan lo usan como fuente de ingreso y sustento familiar (Chipantiza Cunalata, 2021).

Para formar fuentes semilleras de alta calidad se debe tomar en cuenta a los mejores progenitores, las mejores características de la población para seleccionar individuos que satisfagan todas las cualidades deseadas (Ardila Fernández, Moncayo Calvache, & Moreno Caicedo, 2023).

Denominamos fuentes semilleras a aquellos individuos que se seleccionan gracias a sus excelentes cualidades fenotípicas y genéticas que nos brindan componentes reproductivos como por ejemplo semillas (Cerrón et al., 2019).

El ciclo de floración del arrayan se da en los meses de mayo y junio al final de la época de primavera, incluso puede haber casos en los que se genera otra floración durante el otoño, mientras que su fructificación ocurre desde octubre, la recolección del fruto se lleva a cabo en las estaciones de invierno descartando todos los frutos que hayan tenido contacto con el suelo (Chipantiza Cunalata, 2021).

Para extraer la semilla el fruto es sometido a un tratamiento denominado despulpado que elimina todos los residuos innecesarios dejando únicamente a la semilla sin rastros de mesocarpio (Chipantiza Cunalata, 2021).

Tapia y Vargas, (2017) Los investigadores llegaron a determinar que la germinación de semillas de Raulí está determinada por la fuente semillera, con diferencias entre rodales, huertos semilleros y árboles plus. No pudieron tener un buen resultado ya que los factores que se encontraba las semillas pudieron tener un mayor margen de error.

Cárcamo, (2022) reportó bajos porcentajes de germinación en las semillas inmaduras

de ciprés de la cordillera producto de cosechas anticipadas, llegaron a una conclusión con este estudio no se puede llegar a tener una buena germinación con especie o árboles que no tiene su edad adecuada para poder producir germinación.

En la India desde la antigüedad han usado su conocimiento holístico para buscar maneras de almacenar las semillas procurando obtener la menor cantidad de pérdidas al controlar los principales causantes de daños en las semillas almacenadas, a través del tiempo estas técnicas se han ido perfeccionando (Shaila, M., & Begum, N., 2021).

FAO, (2014) afirma que para una mejor conservación de semillas forestales tanto in situ como ex situ, hay que garantizar la cantidad, calidad y oportunidad de oferta de las semillas. La calidad de semillas que nos da un banco de germoplasma asegura una excelente calidad y fisiología, al igual que da un éxito en la recuperación de especies (Monks & Coates, 2002).

León Lobos, Way, Aranda, & Lima, (2012) afirma que en el Ecuador la conservación de semillas se ha enfocado en los recursos fitogenéticos para la agricultura y alimentación. Una de las mejores estrategias de conservación es ex situ, incluido el almacenamiento de material vegetal en bancos de germoplasma, ha existido desde el siglo XX, pero se ha centrado principalmente en la seguridad alimentario en lugar de las especies forestales (Amaguaña Farinango, 2020).

En las semillas existen varios mecanismos que permite detectar los cambios ambientales como luz, temperatura y humedad esto asegura su germinación, asentamiento y crecimiento de plántulas García Guevara, (2018). Varios estudios afirman que, al añadir el contenido de humedad y la temperatura, regulan el ritmo de deterioro del grano, lo que a su vez disminuye su capacidad para brotar y su aptitud para mantenerse viable. (Patiño Uyaguari, Jiménez Sánchez, Marín Molina, & Palomeque Pesántez, 2019).

Alice Di Sacco, León Lobos, & Suarez Ballesteros, (2018) plantea que los bancos de semillas pueden conservar porciones representativas de la diversidad genética de un gran

número de plantas en un espacio reducido durante mucho tiempo. Las condiciones de almacenamiento, como la temperatura y la humedad, influyen directamente en la viabilidad de las semillas. Permite la clasificación de las semillas en ortodoxas y recalcitrantes (Valverde Rodríguez et al.,2019).

- **Problema**

- Problemática

Las especies nativas revisten gran importancia ecológica debido a la transformación de las poblaciones y comunidades biológicas. En ese sentido, contribuyen de manera significativa a la diversidad biológica total existente en un territorio, la cual es el resultado de la combinación de distintos factores geográficos como la variedad de climas y la propia historia evolutiva de los ecosistemas naturales presentes en dicho espacio. Por consiguiente, el estudio y conservación de las especies vegetales autóctonas debe ser prioridad en cualquier estrategia orientada a preservar los complejos procesos ecológicos y el invaluable acervo genético que sustenta la integridad de los ambientes naturales (Aguirre,2018).

En Ecuador las actividades de restauración y enriquecimiento de bosques se encuentran aún en niveles incipientes. Ante esta realidad, los gobiernos, organizaciones no gubernamentales y comunidades están impulsando la planificación e implementación de planes de restauración y enriquecimiento forestal. Estas iniciativas requieren de la producción de plántulas de calidad en viveros, lo cual demanda a su vez contar con semillas forestales de alta calidad y certificada. La limitada disponibilidad de este tipo de material vegetal. Por ello se vuelve prioritario generar capacidades para la recolección, manejo y suministro de semillas certificadas que viabilicen la ejecución a mayor escala de estos programas de recuperación de la cobertura boscosa (Cué, Añazco, & Paredes, 2019).

La limitada población de árboles de *Myrcianthes hallii* (O. Berg) McVaugh - (arrayan)

debido a la escasa información sobre el almacenamiento, reproducción, beneficio socioeconómico y fenología de la especie por el poco entendimiento técnico de la especie y sus necesidades para la apta conservación y reproducción de la especie.

- **Formulación del problema de investigación**

En el sector de San Antonio las comunidades han dejado de lado el uso de esta especie por su cada vez más escasa existencia, e incluso fuera de San Antonio no existen muchas personas que conozcan este árbol aun cuando el arrayán es un árbol nativo de la sierra tras el pasar del tiempo las nuevas generaciones no conocen la existencia de esta especie porque su almacenamiento y reproducción no es apta ya que todavía no se ha logrado encontrar un método óptimo para romper la latencia de la semilla.

• **Justificación**

La fenología de especies forestales en Ecuador constituye una línea de investigación de gran relevancia dada la megadiversidad vegetal existente en el país y frente a los crecientes impactos del cambio climático.

Analizar los ciclos biológicos y reproductivos bajo distintas condiciones ambientales a lo largo del gradiente andino, constituye información clave para planificar adecuadamente las estrategias de manejo sostenible y conservación de estos recursos forestales (Llambí, 2015).

El estudio del comportamiento reproductivo de las especies forestales nativas en Ecuador resulta esencial para comprender su dinámica poblacional y responder de manera apropiada a sus requerimientos particulares en cada fase de desarrollo Bonifaz, (2015), más aún frente a amenazas como la fragmentación de bosques y el cambio climático que ya impactan los ciclos fisiológicos de estas especies Cuesta et al. (2017). Si bien existen investigaciones sobre la fenología reproductiva de algunas especies, aún faltan análisis integrales sobre sus sistemas de polinización, dispersión de semillas, capacidad de regeneración

y vulnerabilidad en las etapas iniciales de vida.

El análisis del comportamiento socioeconómico relativo a las especies forestales en Ecuador posee especial relevancia si se considera que gran parte de los bosques nativos están habitados o colindan con comunidades rurales que dependen de los recursos para su subsistencia (Mathez-Stiefel et al. 2017).

Asimismo, analizar la valoración económica y sociocultural de distintas especies por parte de comunidades asentadas en sus áreas de distribución, brindaría insumos para orientar iniciativas públicas y privadas hacia aquellas opciones silviculturales socialmente más pertinentes y que optimicen la contribución del sector forestal al desarrollo local (Rodríguez 2016).

La investigación aspira conservar y asegurar la existencia de árboles más resistentes y con las mejores características, que aseguren la existencia y abundancia futura de árboles de *Myrcianthes hallii* (O. Berg) McVaugh - (arrayan).

- **Objetivos**

- Objetivo general

Evaluar integralmente el comportamiento fenológico, reproductivo, socioeconómico, biofísico y ambiental de *Myrcianthes hallii* (O. Berg) McVaugh - (arrayan), así como los métodos de almacenamiento de sus semillas en el Biocorredor Andes Norte (BIAN), Imbabura, Ecuador.

- Objetivos específicos

Caracterizar la posible fuente semillera de *Myrcianthes hallii* (O. Berg) McVaugh - (arrayan) considerando sus atributos fenotípicos, condiciones socioeconómicas, ambientales y biofísicas en el entorno del BIAN, Imbabura.

Determinar las características fenológicas y el potencial de producción de frutos de *Myrcianthes hallii* (O. Berg) McVaugh - (arrayan) en la comunidad de Intaqui.

Determinar los métodos de almacenamiento que influyan positivamente en la germinación de las semillas de *Myrcianthes hallii* (O. Berg) McVaugh - (arrayan).

- **Hipótesis**

- Ho

- Los métodos de almacenamiento de semillas y elección de fuentes semilleras no influyen de forma significativa en la germinación de la especie estudiada.

- Ha

- Al menos uno de los tratamientos de almacenamiento influye de forma significativa en la germinación de la especie estudiada.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Síntesis del sector forestal en Ecuador

#### 1.1.1 Bosques nativos andinos

En Ecuador el bosque siempre verde montano alto de la Cordillera Occidental de los Andes es un bosque nativo en el cual según investigaciones existen 16 familias, 17 géneros y 17 especies diferentes. La mayor importancia ecológica está centrada en la especie *Myrcianthes halli* y *Oreopanax ecuadorensis*, los cuales son propios del Ecuador y la región andina pero lastimosamente están extinguiéndose en la actualidad (Andrade Vaca, N. G., 2023).

#### 1.1.2 Ecología del Arrayan

La especie de estudio, perteneciente a la familia Myrtaceae, es una especie arbórea de origen nativo de los bosques andinos de Ecuador, posee un crecimiento lento, con semillas recalcitrantes y que está en peligro de extinción debido a su explotación para materia prima y combustible (Jaramillo, K., & Ulloa, M. C, 2013).

### 1.2. Generalidades del Arrayan

#### 1.2.1 Descripción botánica del Arrayan

Según Rodríguez, (2018), el arrayán pertenece a la familia de las mirtáceas. Es un árbol siempre verde, que alcanza los 10 metros de altura aproximadamente. Posee una corteza escamosa de color gris. Sus hojas son simples, opuestas, elípticas u ovaladas de 3-7 cm de longitud. Las flores son axilares, solitarias o en cimas con 2-8 flores blancas. El fruto es una baya globosa azul oscura cuando está madura.

Por su parte, Matthei (1995) indica que esta especie se distribuye en Chile en la Región de Coquimbo. Crece bien en suelos pedregosos, bien drenados, en laderas y quebradas de cerros costeros e interior, desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 1.500 m sobre el nivel del mar.

### 1.2.2 Ecosistemas de Ecuador donde se encuentra el Arrayan

Esta planta habita en bosques montanos por encima de 1450 metros de altitud, en regiones andinas y sus vertientes. Se encuentra en diversas provincias de la sierra y la Amazonía del país. (Lozano, P., 2015).

El arrayán denominado científicamente como *Myrcianthes hallii*, se encuentra en la comunidad Monteverde, 6.5 km al este de San Gabriel (Carchi), en esta zona habitan 80 árboles de esta especie. Este remanente de vegetación se ha estimado en 20 has (Ramírez Sánchez, V. M., 2016).

Los "bosques nublados", caracterizados por frecuente neblina, se benefician de precipitación horizontal. En Ecuador meridional, este ecosistema se encuentra entre 1900-2200 metros de altitud, enriqueciendo la disponibilidad hídrica. (Arias Donoso, H. E., 2018).

### 1.2.3 Uso del Arrayan

Según Rodríguez, (2018), la madera de arrayán es utilizada en carpintería, construcción civil, fabricación de muebles y como leña. También posee uso ornamental por su atractiva floración y fructificación.

Por otro lado, Godoy, (2009) mencionan el uso medicinal de esta especie, indicando que la corteza y hojas de arrayán se emplean en la medicina folclórica en casos de inflamación, dolor de estómago, úlceras gástricas y como antihipertensivo.

## 1.3 Características de árboles semilleros

### 1.3.1 Selección de árboles semilleros

Fredericksen (2001) señala que la recolección de semillas enfrenta desafíos como la producción, germinación, abundancia de especies, duración del crecimiento y tiempo de almacenamiento. Aragón (2020) indica que las características de las especies forestales pueden variar según su ubicación, calidad del suelo, clima y otras condiciones ambientales.

Rodríguez (2021) indica que los árboles semilleros se seleccionan por sus características fenotípicas, proporcionando una fuente constante de semillas de origen conocido. Benítez (2019) los describe como una opción económica para obtener semillas de calidad rápidamente, útiles para comercialización o plantaciones.

Según MAGAP (2016), la selección debe considerar densidad, sanidad y forma de la fuente semillera.

### 1.3.2 Cualidades fenotípicas y genéticas tomadas en cuenta para seleccionar árboles semilleros.

Una fuente semillera seleccionan los mejores individuos con cualidades fenotípicas y genéticas que resulten en elementos reproductivos como por ejemplo semillas (Cerrón, J., Fremout, T., Atkinson, R., Thomas, E., & Cornelius, J., 2019).

- Estado Fitosanitario. La condición del árbol respecto a patógenos, plagas o enfermedades (FAO, 2012).
- Forma del Fuste. Como la reducción de diámetro desde la base al ápice.(Juárez, 2014).
- Forma de la Copa. Indica vitalidad, crecimiento y madurez del árbol (Ministerio de Agricultura, 1976).
- Ángulo de Inserción de las Ramas. Explica que el ángulo de inserción de las ramas es el formado entre estas y el tronco (Corvalán, 2017).
- Altura de Bifurcación. Define la altura de bifurcación como el punto donde las ramas se dividen, aparentando ser troncos (Meza, 2018).

Sotolongo (2020) señala que para designar un árbol semillero, se deben buscar densidades uniformes y comparar individuos en un radio de 20 m, asegurando que el seleccionado sea el mejor. Este proceso se adapta según las dimensiones del área estudiada

La asignación de una clasificación y un código único para cada árbol es esencial para mantener su identificación y localizarlos eficientemente. Este sistema de codificación se utiliza en todos los procesos de análisis de datos, lo que simplifica y acelera el trabajo. (Ipinza, 1998).

## **1.4 Fenología**

### 1.4.1 Fenofases

La especie comúnmente denominada arrayán en la zona templada de Sudamérica es *Luma apiculata*, del género *Luma*, perteneciente también a la familia de las Mirtáceas. Sobre la fenología de esta especie, los siguientes autores con sus respectivas referencias bibliográficas señalan:

Según Rodríguez, (2018), la época de floración del arrayán ocurre entre septiembre y diciembre en Chile, mientras que la fructificación abarca los meses de febrero a abril. Presenta un pico de fructificación abundante cada 2-3 años (p. 80).

Por su parte, Matthei (1995) indica un período más extenso, señalando que esta especie florece de agosto a enero. Los frutos maduran entre febrero y mayo de cada año (p. 205).

### 1.4.2 Calendario fenológico

Un calendario fenológico posee la información referente al comportamiento fenológico vegetativo y reproductivo para logrando especificar cada fenofase referente a fructificación y floración (Hechavarría, O., Rodríguez, E, 2000).

En determinadas épocas del año, las condiciones pueden cambiar temporalmente, por factores como el cambio climático, disponibilidad de polinizadores, depredadores, etc. LOPEZ, J. I. L., & Chaparro, D. M. M., (2021). Los estudios fenológicos pueden evaluar la adaptabilidad y los cambios que se generan durante un determinado periodo de tiempo, Parra-coronado, A., Fischer, G., & Chaves-Cordoba, B. (2015) es por esto que la fenología se estudia y se crean calendarios fenológicos para poder estudiar los distintos cambios que atraviesan las arboles en los diversos meses del año (Flórez et al., 2012).

## 1.5 Germinación

Las semillas son capaces de usar mecanismo que les permiten detectar diferencias en la temperatura, luz y humedad para asegurar su germinación (García Guevara, 2018).

### 1.5.1 Análisis de calidad de semillas

- Pureza de la Semilla. ISTA (2016) indica pesar la muestra con impurezas, luego separar y pesar solo la semilla pura.
- Peso. Según ISTA (2016), se pesan ocho repeticiones de semillas puras, se promedian para calcular la cantidad por kilogramo.
- Contenido de Humedad. ISTA (2016) recomienda tomar dos o más muestras, secarlas en horno a 103 °C por 17 horas y pesarlas.

### 1.5.2 Semillas recalcitrantes

Es difícil mantener este tipo de semillas ya que son mucho más propensas a la deshidratación, se dispersan junto con los tejidos carnosos. Para que la semilla cumpla las funciones esperadas es necesario que su etapa pase de embrión a plántula Doria, (2010). Entonces al ser una semilla con características recalcitrantes la viabilidad es mucho menor, lo que genera que sea complicado almacenarlas para fines de propagación Magnitskiy, S., & Plaza, G., (2007). Para una mejor conservación de semillas forestales hay que garantizar la calidad, cantidad y oportunidad de oferta de las semillas (FAO, 2014)

### 1.5.3 Semillas ortodoxas

Las semillas ortodoxas poseen una alta tolerancia a la deshidratación por ello su viabilidad es mejor y su almacenamiento es más fácil aun en un estado seco Rodríguez Hernández, E. (2021), las semillas en su periodo de maduración pasan por un periodo de secado y así logran separarse a un bajo contenido de humedad equilibrado con la humedad relativa (Chicaiza Machay, F. O., 2018).

#### 1.5.4 Potencial de producción de semillas.

El potencial de producción de semillas es la máxima cantidad de semillas tanto desarrolladas como subdesarrolladas existentes. EL valor del potencial depende del número de óvulos producido en una determinada cantidad de semillas. (Rodríguez., 2001).

Al coleccionar los frutos se hizo de forma aleatoria de manera que de cada árbol se almacenó en diferentes frascos para llevar a cabo un profundo análisis (Mendizábal-Hernández, L. D. C., Ramírez, J. M., Alba-Landa, J., RAMÍREZ-GARCÍA, E. O., & Cruz-Jiménez, H., 2012)

### 1.6 Estudios Similares

Un estudio realizado por Chipantiza Cunalata (2021) en la ESPOCH analizó la influencia de distintos tratamientos pre-germinativos y sustratos en la reproducción del arrayán (*Myrcianthes hallii*) en Montalvo, Tungurahua. Los resultados indicaron que, si bien la germinación inicial no se vio afectada por los tratamientos, el desarrollo posterior de las plántulas sí presentó diferencias significativas, especialmente en términos de altura, diámetro y número de hojas.

En un estudio llevado a cabo en la Universidad Técnica del Norte, Lara Lara (2021) evaluó diferentes tratamientos pregerminativos en semillas de *Myrcianthes hallii*. Siguiendo las normas ISTA, se analizaron variables como pureza, peso y contenido de humedad de las semillas. Los resultados indicaron que los tratamientos experimentales disminuyeron el tiempo de germinación y mejoraron la calidad de las plántulas en comparación con el grupo control

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **1.1 Tipo de investigación**

##### **Enfoque o paradigma**

Esta investigación fue mixta, en el cual se recopiló, analizó e íntegro tanto datos cuantitativos como cualitativos en el estudio.

##### **Aspiración, objetivo o finalidad**

Esta investigación fue de tipo aplicada.

##### **Alcance o nivel de profundidad**

Esta investigación tuvo un alcance descriptivo.

##### **Diseño de investigación**

Esta investigación tuvo un diseño experimental.

##### **El tiempo**

Fue de tipo sincrónico.

##### **El lugar**

Esta investigación involucro trabajo de campo y de laboratorio.

#### **2.2 Ubicación del lugar**

##### **2.2.1 Política**

Política: La recolección de las semillas se realizó en el sector de San Antonio - Sitio de las faldas del Imbabura.

##### **Taita Imbabura**

Provincia: Imbabura

Canto: Ibarra

Parroquia: San Antonio

## Campus experimental Yuyucocha

Lugar en el que se llevó a cabo el desarrollo del almacenamiento y germinación de la especie.

Lugar: Campus Yuyucocha

Parroquia: San Francisco

Cantón: Ibarra

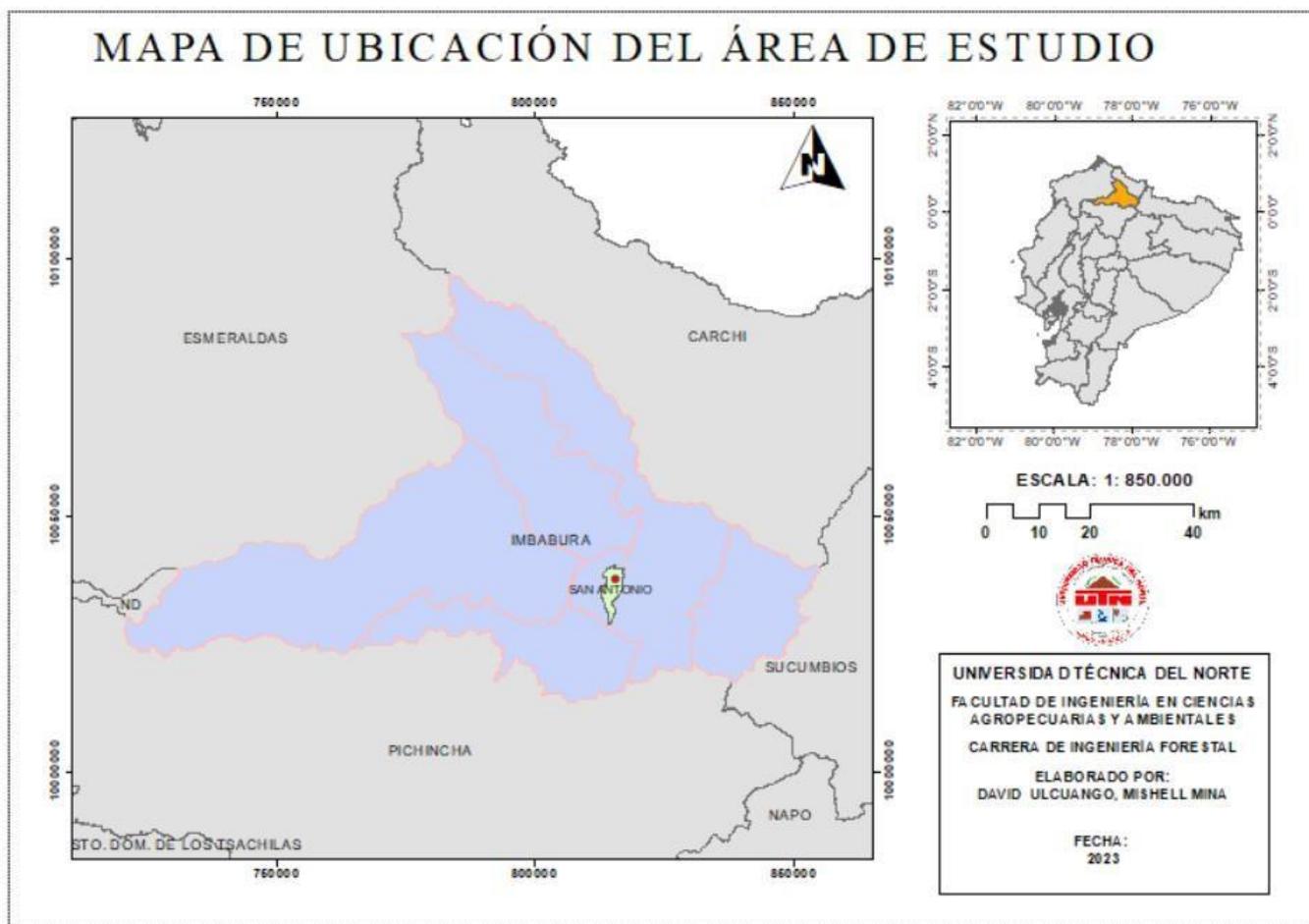
Provincia: Imbabura

### 2.2.2 Geográfica

En la Figura 1, se puede observar el mapa de Ubicación del Área del estudio.

#### Figura 1.

*Mapa de ubicación del área de estudio*



### 2.2.3 Límites

El área donde se encuentra la fuente semillera está rodeada por la cabecera parroquial de San Antonio al norte, las parroquias de Otavalo al sur, la quebrada Huachahuay al este y limita con el territorio de San Antonio al oeste.

#### **Campus experimental Yuyucocha**

Se ubica entre la calle Armando Hidrobo, al norte, y la calle Flores Rúales, al sur. Por el este, limita con la avenida Capitán José Espinoza de los Monteros y la calle Hermano Miguel, mientras que al oeste está bordeada por una quebrada y un terreno cultivable. (Basado en Guevara y Pozo, 2019).

## **2.3 Caracterización edafoclimática del lugar**

### 2.3.1 Suelos

Los Andisoles, suelos de color oscuro formados por material volcánico, predominan en el bosque siempreverde montano alto de la Cordillera Occidental de los Andes. Según Kutílek y Nielsen (2015), estas tierras se caracterizan por una estructura estable, un excelente drenaje y una alta capacidad para retener humedad.

Los Mollisoles, según Osman (2013), son suelos muy versátiles que se desarrollan en una gran variedad de climas, desde secos hasta muy húmedos. A pesar de su asociación con pastizales, estos suelos también pueden sustentar vegetación forestal. Su característica principal es un horizonte superficial rico en materia orgánica.

### 2.3.2 Clima

#### **Taita Imbabura**

Tiene 2 estaciones: Según Villalba et al. (n.d.), el clima de la región se caracteriza por dos estaciones bien definidas: una seca, entre julio y septiembre, con temperaturas promedio agradables que oscilan entre los 18°C y 19°C; y una lluviosa, que abarca desde octubre hasta junio, con precipitaciones distribuidas de manera relativamente uniforme a lo largo del año y

temperaturas medias ligeramente más bajas, alrededor de 15.5°C.

### **Campus experimental Yuyucocha**

Presento un clima templado con un promedio de 18,4°C, precipitación media de 589,3 mm y humedad relativa en meses secos de 73,9 %. (Cué, Chagna, Palacios, & Carrión, 2020).

## **2.4 Materiales, equipos y software**

En la Tabla (1) observamos los materiales, equipos y software utilizados en la presente investigación.

**Tabla 1.**

*Materiales, equipos y software a emplear en la investigación*

<b>Materiales de campo</b>	<b>Materiales de laboratorio</b>	<b>Equipos</b>	<b>Software</b>
Podadora de altura	Cajas Petri	Balanza analítica	Infostat
Tijera podadora	Pinzas	Autoclave	Excel
Fundas	Lupa	Estufa de Laboratorio	Word
Cuaderno de notas	Alcohol	Forcípula	
Cámara fotográfica (Teléfono)	Envases de vidrio	Refrigeradora	
	Fundas herméticas		

## **2.5 Métodos, técnicas e instrumentos**

### **2.5.1 Diseño experimental**

El diseño realizado fue el diseño Irrestricto al azar

#### **2.5.1.1 Factor estudiar**

Envases de almacenamiento

#### **2.5.1.2 Niveles de cada factor**

Niveles

T1: Frasco de cristal oscuro

T2: Frasco de cristal traslúcido

T3: Funda oscura

T4: Funda traslúcida

T5: Testigo (Al aire libre)

(Ver tabla 2)

**Tabla 2.**

*Descripción del diseño empleado en el experimento*

Componentes del diseño	Numero
Número de Tratamientos	5
Número de Repeticiones	4
Unidades experimentales	20
Número de individuos por unidad experimental	50
Total de semillas	2000
Temperatura de almacenamiento	7°C
tiempo de almacenamiento	1 mes
Tiempo final de evaluación de germinación	90 días

2.5.1.3 Distribución de los tratamientos.

- Laboratorio ver tabla 3.

**Tabla 3.**

*Distribución de las cajas petri en laboratorio*

A	B	C	D
T1R4A1	T2R2A2	T5R2A5	T1R2A1
T2R3A2	T3R2A3	T3R3A3	T1R3A1
T4R3A4	T4R4A4	T1R1A1	T5R4A5
T5R1A5	T3R1A3	T3R4A3	T2R1A2
T2R4A2	T5R3A5	T4R1A4	T4R2A4

- Esquema del experimento en la cámara de secado ver tabla 4.

**Tabla 4.**

*Distribución de las cajas en campo - diseño al azar*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
T4R1A	T4R2A	T2R3A	T5R4A	T1R1A	T1R4A	T2R1A	T3R2A	T3R3A	T4R3A		
4	4	2	5	1	1	2	3	3	4		
										T5R3A	
										5	11
T1R3A	T1R2A	T5R1A	T5R2A	T2R4A	T4R4A	T2R2A	T3R1A	T3R4A			
1	1	5	5	2	4	2	3	3			
20	19	18	17	16	15	14	13	12			

#### 2.5.1.4 Modelo estadístico del experimento

Diseño Irrestricto al azar

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \epsilon_{ij}$$

En donde:

$Y_{ij}$  Variable respuesta de la  $ij$ -ésima unidad experimental

$\mu$  Efecto de la media general

$t_i$  Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$\epsilon_{ij}$  Efecto del error experimental asociado a la  $i$ -ésima unidad experimental

Análisis estadístico

Una vez recolectado los datos se comprobó la normalidad de la distribución de estos a través de la prueba de Shapiro Wills, al encontrar una distribución normal se aplicó el ANOVA para determinar si existe diferencias significativas entre los tratamientos. Al no encontrar una distribución normal se aplicó la prueba de Kruskal Wallis. Al encontrar diferencias estadísticamente significativas se aplicó una prueba de Dunnet para comparar los tratamientos

con el tratamiento testigo.

## 2.5.2 Instalación del experimento

### 2.5.2.1 Fase de campo

#### Objetivo 1.

Para realizar la caracterización de la fuente semillera de arrayan, se realizó tres parcelas circulares de radio de 8.92m y se evaluó como se estableció en al menos 10 árboles.

Para definir las **características fenotípicas**, se aplicó la metodología de (Ordoñez, 2001). (Ver Tabla 5.)

**Tabla 5.**

*Criterios de evaluación fenotípica de la especie en estudio*

<b>Variable</b>	<b>Característica</b>
<b>Diámetro de copa</b>	Copa vigorosa > 2m
	Copa promedio 2m y 1m
	Copa pequeña < 1m
<b>Altura total</b>	De 10m o mas
	Entre 4m y 6m
	Menos de 2m
<b>Numero de tallos</b>	Abundantes
	Moderados
	Pocos
<b>Forma del fuste</b>	Recto
	Ligeramente torcido
	Torcido
<b>Forma de la copa</b>	Muy torcido
	Circular
	Circular irregular
	Medio circular
	Menos de medio circulo

	Pocas ramas
<b>Angulo de inserción de ramas</b>	40° - 50°
	30° - 40°
	0° - 30°
<b>Altura de bifurcación</b>	No bifurcado
	Bifurcado en la parte superior
	Bifurcado en la parte media
	Bifurcado en la parte inferior
<b>Arquitectura del árbol</b>	Modelos sin ramificación. Modelos ramificados sin diferenciación entre ejes. Modelos con diferenciación entre ejes; el modelo de Cook se diferencia del modelo de Roux en que las ramas plagiótropas son filoformes. Modelos con ejes mixto
<b>DAP</b>	Mayor de 60
	De 40 – 30
	De 30 - 20
	Menor de 20

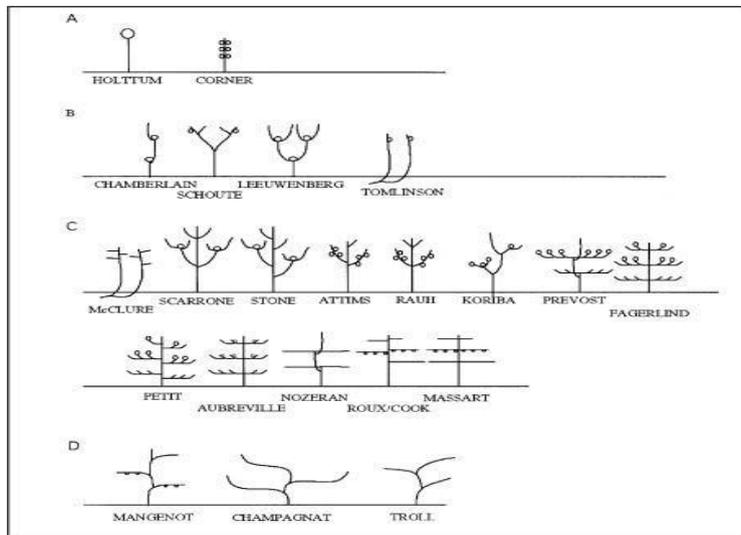
---

**Fuente:** Ordoñez (2001)

Para definir la arquitectura de los individuos de la especie estudiada, se aplicó los modelos arquitectónicos planteados por: Hallé et al. (1978) (Ver Figura 2.)

## Figura 2.

*Modelos arquitectónicos según Hallé et al. (1978)*



- a) Modelos sin ramificación. b) Modelos ramificados sin diferenciación entre ejes. c) Modelos con diferenciación entre ejes; el modelo de Cook se diferencia del modelo de Roux en que las ramas plagiótropas son filiformes. d) Modelos con ejes mixtos, formando parte tronco, parte rama.

Para realizar la **caracterización biofísica** se utilizó cartografía existente según escala establecida y con el Software ArcGIS 10.7; se elaboró mapas de precipitación, temperatura, altitud, factores edáficos y cobertura vegetal de las parroquias en donde se encontraban los sitios de estudio.

Para obtener la **información socioeconómica**, se elaboró una encuesta, tomando como referencia la metodología de Ospina (2006), en relación a los criterios que a continuación se indica:

- *Criterio funcional:* Evaluación de los bienes y servicios que proporciona el ecosistema.
- *Criterio ecológico:* Análisis del estado de salud del ecosistema, incluyendo su protección, conservación, uso responsable, deterioro y potencial de recuperación.

- *Criterio socioeconómico:* Aspectos sociales, culturales y económicos.

En la tabla 6 se puede observar las características para identificar el tipo de **fuentes semilleras** establecidas en la Norma de Semillas Forestal promulgada por el MAE (2004).

**Tabla 6.**

*Características de identificación del tipo de fuente semillera*

Tipo de fuente		Características
Huerto Comprobado (HSC)	Semillero	Conformada por individuos o clones evaluados genéticamente mediante ensayos. Depurados mediante aclareos  Área mínima de 1 ha, con un número menor a 20 individuos en capacidad de producción.  Tener una distancia de 30 metros entre individuos de un mismo clon  Aislado en un radio de 500 metros de individuos de esta o diferente especie.
Huerto Comprobado (HSNC)	Semillero no	No tiene respaldo de pruebas genéticas.  Alta intensidad de selección sometida a los padres de los futuros clones.  Depurados mediante aclareos sin depuración genética.
Rodal	Semillero (RS)	Proceder de al menos 30 árboles no emparentados.  El número de individuos por hectárea es de 75 y mínimo de 20 cuando se trata de especies con alta producción de semillas.  El 50 % de los árboles deben alcanzar la máxima capacidad de producción de semillas.  Deben estar aislado en un radio de 500 metros
Fuente Seleccionada (FSS)	Semillera	No presenta aislamiento, menos de 75 árboles por hectárea, no han sido sometidos a depuraciones ni aclareos.  Debe contener 200 individuos por hectárea.  Al menos 50 árboles por hectárea deben tener características fenotípicas deseables.  Densidad mínima de 25 árboles por hectárea
Fuente (FI)	Identificada	Grupo de árboles fenotípicamente deseables, tiene baja densidad, incumple con parámetros, se acepta como un área de producción.

**Fuente:** MAE (2004)

## Objetivo 2

### Seguimiento y evaluación

Se seleccionaron los individuos que mostraban las características más destacadas para ser observados a lo largo del estudio. Utilizando binoculares Bushnell de 10x25, se documentaron visualmente las diferentes etapas fenológicas de estos individuos en al menos dos ocasiones durante el período de investigación.

#### a. Observaciones fenológicas

Para analizar los datos, se calcularon porcentajes correspondientes a cada categoría y se aplicó la escala de clasificación propuesta por Fournier (1974), como se muestra en la Tabla 7.

**Tabla 7.**

*Escala de interpretación de los eventos fenológicos*

Estado	Escala	Porcentaje
Ausencia de la fenofase	0	0 %
Inicio de la fenofase	1	1-25%
Manifestación baja de la fenofase	2	26-50%
Manifestación media de la fenofase	3	51-75%
Manifestación alta de la fenofase	4	76% -100%

**Fuente:** Fournier (1974)

#### b. Variables registradas y trabajo de campo

Se llevó a cabo un seguimiento fenológico que abarcó tanto las fases vegetativas (brotación, follaje maduro y abscisión foliar) como las reproductivas (inflorescencia, fructificación inicial y maduración de frutos). Como se muestra en la Tabla 8.

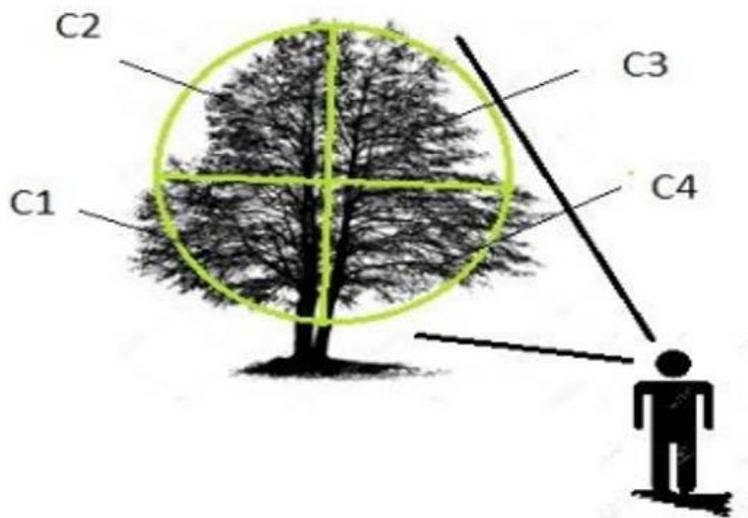
**Tabla 8.***Descripción de las fases fenológicas*

Fase vegetativa		Fase reproductiva			
Hoja en brotación (HB)	Hoja madura (HM)	Defoliación (DEF)	Inflorescencia (INF)	Fruto joven (FJ)	Fruto maduro (FM)
Hoja verde y tierna que emerge de una yema, inicialmente enrollada y cubierta por escamas protectoras. Se va desenrollando lentamente, adquiriendo un verde más intenso.	Hoja completamente desarrollada, con su forma y tamaño definitivos. Suele ser de consistencia gruesa y textura rígida. Realiza la fotosíntesis de manera eficiente.	Proceso de caída de las hojas de un árbol o planta. Ocurre de manera natural al final del ciclo vegetativo o puede ser provocada por factores ambientales adversos.	Agrupación de flores sobre un eje o pedúnculo común. Puede adoptar diversas formas como racimos, espigas, umbelas, etc. Precede a la formación de frutos.	Fruto recién formado después de la fecundación de la flor. Se encuentra en sus primeras etapas de desarrollo y crecimiento.	Fruto que ha alcanzado su madurez, con sus características definitivas de color, sabor, textura y tamaño. Suele contener las semillas viables.

En el método de estudio se utilizó binoculares, se dividieron las copas de los árboles en cuatro partes iguales y se numeraron en el sentido de las manecillas del reloj. cómo se observa en la figura 3.

**Figura 3.**

*Dimensión de cuadrantes para el estudio de la fenología*



**Fuente:** Aponte y Sanmatin (2011)

**c. Social**

Siguiendo el enfoque de Sampieri (2013), se optó por una metodología participativa-activa, donde los miembros de la comunidad, directamente involucrados en la problemática, co-construyeron el conocimiento junto con los investigadores.

**d. Calendario fenológico**

A partir de los datos obtenidos en las encuestas comunitarias sobre el comportamiento fenológico de las plantas, se elaboró un calendario fenológico. Cada fase fenológica se representó gráficamente con un color específico y se cuantificó en porcentajes utilizando la escala de Fournier (1974).

**Objetivo 3****a. Recolección de frutos**

Se establecieron como criterios de calidad de la semilla la forma, el peso y el tamaño, los cuales fueron determinados a través de observaciones directas (Rodríguez, 2021).

Se recolectaron frutos de la parte baja de 10 árboles utilizando una podadora aérea. (MAATE, 2010).

Se utilizó canastas para el transporte de los frutos.

#### **b. Extracción de la semilla**

Usando las manos separamos la pulpa de las semillas y limpiamos los restos del líquido que se desprendió durante el proceso colocando la semilla sobre papel.

#### 2.5.2.2 Fase de laboratorio

##### **a. Conservación de la semilla**

La (ONUAA, 2014) afirmó que para la conservación de semillas se utiliza procedimientos que certifican la conservación del material genético, esto se realizó en base a las normas ISTA, de acuerdo a los siguientes criterios:

- Las semillas constaron con una documentación técnica pertinente y adquirida legalmente.
- La recolección de las semillas se la realizó en las épocas de maduración, por tal motivo se evitó la contaminación genética garantizando la calidad.
- El cambio de la semilla es importante, porque tiene un rango de 3 a 5 días, esto nos garantizó la calidad de la semilla, la misma no estuvo expuesta a temperaturas altas o intensas a la radiación

##### **b. Almacenamiento**

ONUAA, (2014) afirmó que las normas ISTA establecen los siguientes procedimientos para su almacenamiento:

- Para el secado, las semillas fueron colocadas en un ambiente controlado y en un ambiente natural para tener un punto de equilibrio de 5 a 20°C y la humedad relativa puede variar entre un 10 a 25% este dependiendo de la especie.

- Después, las semillas se colocaron en diferentes recipientes herméticamente sellados para tener un correcto almacenamiento a largo plazo.
- Este se almacenó a una sola temperatura.
- Las semillas se almacenaron a una temperatura de refrigeración entre 6 y 8°C y una humedad relativa del 15% ± 3%.
- El período de almacenamiento fue de aproximadamente un mes, mientras que la evaluación de la germinación se extendió por 90 días.

### 2.5.2.3 Metodología para la morfometría y el almacenamiento de semillas

#### a. Pureza

Se realizó un pesaje inicial de la muestra bruta (semillas con impurezas) en una balanza analítica. Posteriormente, se efectuó una limpieza manual para separar las semillas sanas. Se hizo uso de la siguiente fórmula:

Ecuación 1:

$$P = \frac{P_{sl}}{P_{cl}} \times 100$$

Donde:

P = Pureza (%)

Psi = Peso de semilla sin impurezas (g)

Pci = Peso de semillas con impurezas (g)

#### b. Contenido de humedad

La norma ASABE 352.2 del 2006 establece que, para calcular el contenido de humedad de las semillas, se debe pesar la muestra antes y después de secarla en una estufa a una temperatura constante de 103°C durante un período de 17 horas, utilizando la siguiente fórmula:

Ecuación 2

$$x = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$$

Donde:

$H_f$  = Humedad final (%)

$W_i$  = Peso inicial

$W_f$  = Peso final

### c. Peso de la semilla

El peso se determinó con 2000 semillas usando una balanza manual y posteriormente con la ayuda de la siguiente fórmula para el ensayo, donde se sacó la media y se multiplica por diez:

Ecuación 3:

$$\text{Peso de 200 semillas} = \bar{x} \times 10 = Xg$$

### d. Morfometría de la semilla

- **Tamaño**

Siguiendo el protocolo establecido por Gunn (1984), se seleccionó una muestra aleatoria de 15 semillas para determinar sus dimensiones. Utilizando papel milimétrico, se midieron el ancho y el largo de cada semilla en milímetros.

Ecuación 4:

$$T = l \times a$$

Donde:

L = largo de la semilla

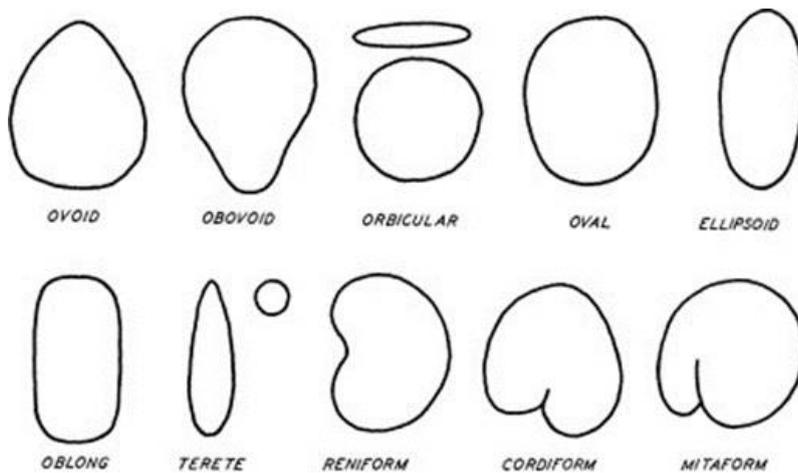
A = ancho de la semilla

- **Forma**

Murley (1951) clasificó las formas de estos elementos en varias categorías, incluyendo las amorfas, romboidales, redondas, planas, oblongas y ovadas. Ver figura 4.

**Figura 4.**

*Formas de las semillas según Murley*

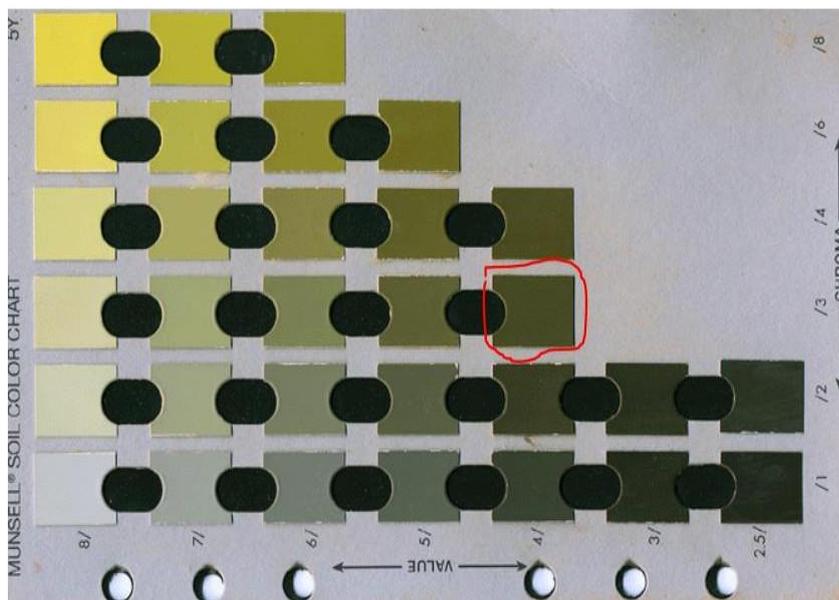


- **Color**

El color de la semilla se contrasto con la tabla de Munsell. Ver figura 5.

**Figura 5.**

*Color de semillas según la tabla de Munsell*



- **Textura**

De acuerdo con Bravato (1974), las semillas presentan una diversidad morfológica, pudiendo ser lisas, rugosas, porosas o presentar líneas de fractura.

- e. **Almacenamiento de semillas**

- **Poder germinativo**

Las semillas de cada tratamiento fueron sembradas en cajas Petri con agua destilada y papel absorbente. Posteriormente, se trasladaron a un refrigerador a 6°C, donde se monitorearon diariamente siguiendo las pautas establecidas por ISTA (ISTA, 2016).

Ecuación 4:

$$Pg = \frac{Tsg}{Tsc} \times 100$$

Donde:

Pg = Poder germinativo (%)

Tsg = Total de semillas germinadas

Tsc = Total de semillas colocadas

- **Vigor germinativo**

Bonner, (1990) plantea que el vigor germinativo es el tiempo que alcanzo la tasa diaria máxima de germinación, donde se tomó en cuenta la aparición de la radícula.

Ecuación 5:

$$VG = VM \times GDM$$

Donde:

VM = Valor máximo de germinación

GDM = Germinación media diaria

- **Energía germinativa**

La velocidad de germinación se refiere a la rapidez con la que una semilla inicia su

proceso de desarrollo. Se ha observado que las semillas que germinan más rápidamente suelen producir plántulas más robustas y vigorosas en comparación con aquellas que tardan más en germinar (Aldhous, 1972).

Ecuación 6:

$$EG = \left( \frac{\sum N}{N} \right) \times 100$$

Dónde:

N<sub>i</sub> = Número de semillas germinadas

N = Total de semillas a germinar

- **Índice de velocidad de emergencia**

El índice de velocidad de emergencia (IVE) se calcula contando diariamente las plántulas que rompen la superficie del sustrato a partir de la siembra. (González & Orozco, 1996).

- **Velocidad de germinación**

Se obtiene en la relación entre el número de plantas germinadas y el tiempo que demora la germinación (González & Orozco, 1996).

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Caracterización fenotípica de los individuos de la población de *Myrcianthes hallii*

Los resultados de las características dasométricas muestran que los individuos escogidos de forma al azar de la población de *Myrcianthes hallii* se presentan en la Tabla 9.

#### Tabla 9.

*Promedio de los parámetros dasométricos de los individuos seleccionados de Myrcianthes hallii en el sitio de estudio, Taita Imbabura*

Especies	Nº de individuos estudiados	Diámetro de copa (m)	Altura total (m)	DAP (cm)
<i>Myrcianthes hallii</i>	10	1,70	3,2	6,43

Para que los árboles presenten las características dasométricas más favorables se debe tener en cuenta la ubicación y las características que posee el lugar en el que se encuentra en la investigación por lo que Andrade (2023) en su investigación obtiene 3 m de altura, se puede contemplar que esta especie *Myrcianthes hallii* en el área protegida Taita Imbabura, parroquia San Antonio, Imbabura durante el año 2023, los resultados obtenidos en este estudio, presentan una altura similar debido a que los datos fueron obtenidos del mismo sitio.

En el estudio se demuestra la caracterización fenotípica de *Myrcianthes hallii* en donde se pudo observar que tienen una forma de fuste ligeramente torcido; en la especie la bifurcación se da en la parte inferior del árbol; el ángulo de inserción de las ramas es de 40°; la forma de la copa es medio circular (Tabla 10).

**Tabla 10.**Caracterización fenotípica de la especie *Myrcianthes hallii*

Especies	Nº	Forma del fuste	Forma de la copa	Angulo de inserción de las ramas (°)	Altura de bifurcación	Arquitectura del árbol
<i>Myrcianthes hallii</i>	25	Ligeramente torcido	Medio circular	40°	Parte inferior	C Stone

El modelo arquitectónico representativo de esta especie es CStone que tiene una consistencia de crecimiento de tronco continuo (Hallé et al, 1978).

Massón Solís (2022), demuestra tener un fuste retorcido e irregular en la especie *Myrciantes hallii* con una altura que va de 6 a 15 m con una copa ovalada o redonda mientras que en esta investigación se obtiene un fuste ligeramente torcido con una forma de copa medio circular por lo que las investigaciones coinciden en la forma fuste y la forma de la copa.

### 3.2 Caracterización de la estructura funcional de las poblaciones

#### 3.2.1 Criterio biofísico

La población de *Myrcianthes hallii* (O. Berg) Mc Vaugh arrayan ubicado en el Taita Imbabura parroquia San Antonio, Imbabura con una altitud que va desde los 2800 a los 4104 msnm.

Los individuos de la población de *Myrcianthes hallii* que tienen las mejores características; tanto fenotípicas como dasométricas; se encuentran a una altitud mayor a 2800 msnm y menor a los 4104 msnm, según CESA (1989) la especie *Myrcianthes hallii* dentro del

Ecuador posee un rango de altitud que oscila entre los 2800 a 3600 msnm, en esta investigación la especie si se encuentra entre los rangos mencionados.

La especie *Myrcianthes hallii* posee un mejor desarrollo a una altitud de 2800 y 3400 teniendo en cuenta que Lema et al., (2021) realizó un estudio en el cual se demostró que la especie *Myrcianthes hallii* perteneciente a la familia Myrtaceae la cual se desarrolla entre las altitudes de 2000 y 3100 msnm; mientras que en el sitio de estudio varia de 2800 a los 4104 msnm.

Los resultados de la presente investigación son ligeramente diferentes en comparación con los resultados de la investigación de Lema debido a que las altitudes del sitio de estudio son mayores a las altitudes ideales para el desarrollo de la especie de estudio.

Se estudió los resultados obtenidos de la cartográfica disponible de la parroquia San Antonio (Tabla 11) ver anexo 1.

**Tabla 11.**

*Variables biofísicas del bosque protector Taita Imbabura*

<b>Especies</b>	<b>Isotermas</b>	<b>Isoyetas</b>	<b>Textura del suelo</b>	<b>Clima</b>	<b>Cobertura vegetal</b>
<i>Myrcianthes hallii</i>	12 - 14°C	750 - 1000 mm/año	Franca Arenosa	Frio o Boreal	Tierra Agropecuaria Mixta

El cantón Ibarra se caracteriza por una rica diversidad climática que contribuye significativamente a su biodiversidad. Según el Boletín INAHMI Clima Ecuador, la temperatura en el cantón oscila entre los 5.9°C y 26.2°C, con un promedio de 18.4°C, creando un ambiente templado agradable.

La variedad climática se refleja en los cinco tipos de clima presentes en la región, destacando principalmente el Ecuatorial Meso térmico Semi-húmedo y el Ecuatorial de alta

montaña. Esta diversidad climática no solo enriquece el paisaje, sino que también fomenta una amplia gama de ecosistemas y biodiversidad.

En cuanto a las precipitaciones, la parroquia rural de San Antonio, parte integral del cantón, recibe entre 750 y 1.000 mm de lluvia anualmente. Este régimen de lluvias, combinado con la variedad de climas, crea condiciones óptimas para una flora y fauna diversas, convirtiendo a Ibarra en un punto de interés ecológico en la región (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra, 2015).

Los resultados son similares en algunas variables, pero en temperatura fueron distintos ya que fueron obtenidos en un bosque nativo donde si existen factores diferentes debido a que los datos han sido tomados de distintos lugares.

#### 3.2.1.1 Meses secos y lluviosos.

Con la información brindada por los habitantes de la parroquia San Antonio ubicados en la parte más cercana al Taita Imbabura se pudo deducir que los meses más secos son del mes de Junio al mes de Agosto los cuales corresponden al verano; los meses correspondientes a Abril, Mayo, Septiembre, Octubre y Noviembre son los meses con mayor presencia de lluvia y corresponden a la estación de invierno (Anexo 1).

La información provista por los resultados de la encuesta realizada a los habitantes de la parroquia San Antonio demuestran que las características edafoclimáticas son las correctas para el desarrollo de la especie *Myrcianthes hallii*.

En la investigación de Andrade (2023) en la provincia de Imbabura, en la parroquia San Antonio, se observan temperaturas medias anuales de 12°C y precipitaciones anuales de 500 a 2000 mm/año con esta información se puede constatar las similitudes con los datos obtenidos en la presente investigación.

Los resultados obtenidos por Andrade y los resultados obtenidos en la presente investigación son exactamente los mismos por el hecho de que las investigaciones se realizaron en el mismo lugar.

### 3.2.2 Criterio socioeconómico

Los datos que se presentan a continuación se pueden observar en el Anexo 2.

#### 3.2.2.1 Género y edad.

En el lugar de investigación el 50% de los entrevistados pertenecen al género femenino y el 50% pertenecen al género masculino, la edad de los entrevistados varía de 25 a 30 en mujeres y de 30 a 50 años en hombres.

#### 3.2.2.2 Actividad e ingresos.

El 70% se dedica a la ganadería y agricultura mientras que el 30% tiene empleos sin relación a la ganadería o agricultura, el ingreso de estas familias ronda entre 300 y 400 dólares mensuales.

#### 3.2.2.3 Composición familiar.

La familia de los habitantes entrevistados está compuesta por un número aproximado de 3 a 6 personas de los cuales la mayoría son adultos y jóvenes, seguido de niños y de manera más escasa ancianos.

#### 3.2.2.4 Nivel de educación.

70% de las personas entrevistadas tienen culminada la educación básica mientras que el 30% son bachilleres.

#### 3.2.2.5 Etnia.

Según la perspectiva de los entrevistados 80% son mestizos y 20% indígenas.

### 3.2.2.6 Residencia en la zona.

Un 50% vive en el lugar entre 20 y 57 años, un 30% vive en el lugar entre 13 y 20 años y un 20% vive en el lugar hace 1 a 10 años.

### 3.2.2.7 Uso de las especies.

El uso socioeconómico dado por la población es la venta de las hojas del árbol para la realización de la tradicional colada morada.

### 3.2.2.8 Tenencia de la tierra.

La tenencia de la tierra dentro de la población radica en un 90% son de origen hereditario o comprado y el 10% son tierras arrendadas.

Según la investigación de Rojas (2016) se demuestra que la mayoría de la población no llega a finalizar su educación debido al trabajo ganadero o agrícola que se debe hacer desde temprana edad por la falta de dinero de las familias; los resultados de las investigaciones presentan similitud entre sí.

## 3.2.3 Criterio ecológico

### 3.2.3.1 Servicio ambiental.

Se puede observar que las raíces del árbol sirven para almacenar y conservar el suelo y el agua, al mismo tiempo el árbol se encarga de captar carbono y liberar oxígeno.

### 3.2.3.2 Edad de la especie.

Según el aporte de las personas entrevistadas la especie *Myrcianthes hallii* tiene una edad aproximada de entre 20 y 50 años.

### 3.2.3.3 Asociatividad con otras especies.

La asociatividad se da con especies como *Zea mays* (Maíz), *Pennisetum clandestinum* (kikuyo), *Saurauia tomentosa* var. *Esprucei* (Moquillo), *Baccharis dracunculifolia* (Chilca), *Urtica dioica* (Ortiga).

### 3.2.3.4 Área protegida.

La especie de estudio, *Myrcianthes hallii*, se encuentra dentro de un área protegida denominada como Taita Imbabura la cual es la zona de estudio que se reparte en tres cantones los cuales son Ibarra, Antonio Ante y Otavalo, en todo el Taita Imbabura existen especies tales como *Oreopanax ecuadorensis* (Pumamaqui), *Saurauia tomentosa* var. *Esprucei* (Moquillo), *Buddleja incana* (Quishuar) y *Hieronyma macrocarpa* Müll.Arg. (Motilón)

## 3.3 Evaluación de fuentes semilleras

Una vez evaluado las características fenotípicas, biofísicas, ecológicas y socioeconómicas de la especie *Myrcianthes hallii*, y revisadas las características de la norma de semillas forestales se determina como **fuentes semilleras seleccionadas**.

Una fuente semillera seleccionada se declara a partir de rodales naturales y plantaciones de todo tipo la cual tiene menos de 100 árboles por hectárea en el caso de plantaciones y de 30 a 50 árboles en un bosque natural (Narváez Rivera, 2004) ; la investigación se generó en un bosque natural en el cual existen 50 árboles de la especie *Myrcianthes hallii*, correspondiendo a una fuente semillera seleccionada al cumplir con las características necesarias.

Según la investigación de Cardoso (2014) una fuente semillera seleccionada corresponde a rodales que no presentan las características necesarias para ser parte de un rodal semillero debido a la falta de presencia del aislamiento adecuado y al aclareo de depuración; el área de investigación se encuentra dentro de un bosque protegido y presenta las características que cumple con las características de una fuente semillera seleccionada.

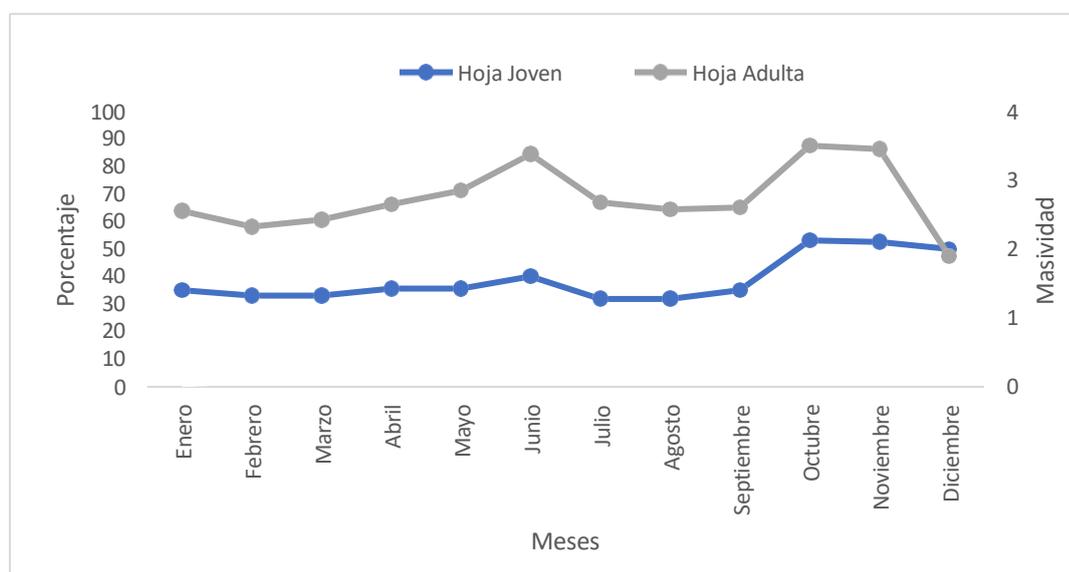
### 3.4 Observaciones fenológicas

#### 3.4.1 Fase vegetativa

Durante esta fase, se observa una mayor masividad de hojas adultas en los meses de junio, octubre y noviembre. Sin embargo, en el mes de febrero se aprecia una baja masividad de hojas adultas. Por otra parte, la mayor producción de hojas jóvenes ocurre en los meses de octubre y noviembre, mientras que en junio se registra una baja masividad de estas.

#### Figura 6.

*Fenofases vegetativas de Myrcianthes hallii (O. Berg) McVaugh - (arrayan)*



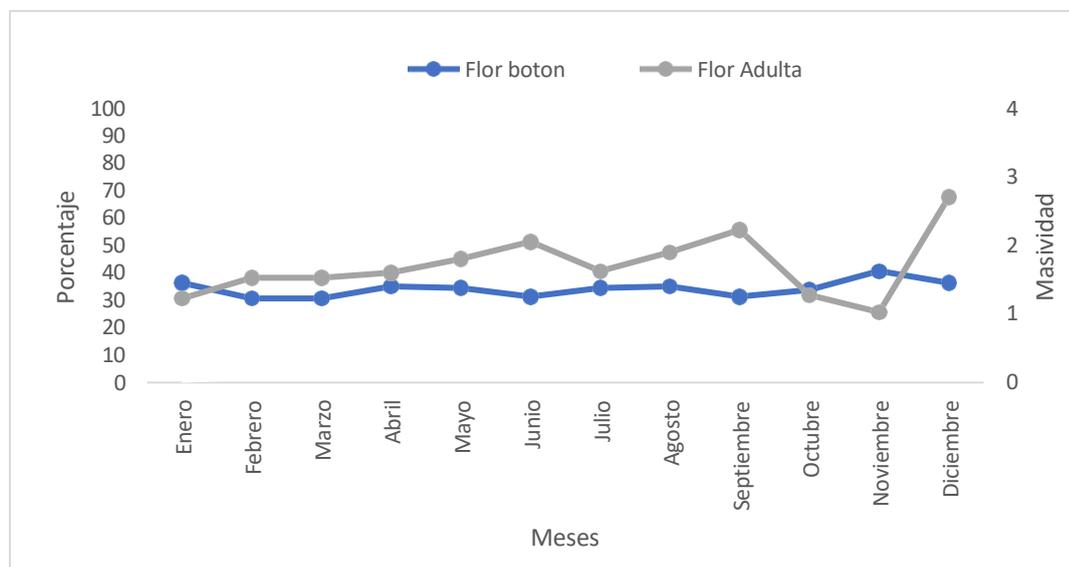
El arrayán es una especie que mantiene su follaje durante todo el año, renovándolo gradualmente. Por lo tanto, es probable que las hojas adultas estén presentes durante la mayor parte del año, mientras que las hojas jóvenes aparezcan principalmente en primavera y principios del verano, como mencionan Premoli et al. (2003), presentando similitud con la presente investigación en las variables estudiada ya que durante todo el año se tendrá presencia de hojas adultas y hojas jóvenes debido a que como otras especies se han adaptado al cambio climático que se presenta en el lugar.

### 3.4.2. Fase reproductiva

Durante la fase de floración, las flores adultas de esta especie exhiben una masividad alta en los meses de septiembre y diciembre, alcanzando su punto más bajo en noviembre. Por otro lado, las flores jóvenes muestran una masividad alta durante los meses de agosto y noviembre, mientras que su masividad es baja en febrero y marzo (Figura 7).

#### Figura 7.

*Fenofase de floración de Myrcianthes hallii (O. Berg) McVaugh - (arrayan)*

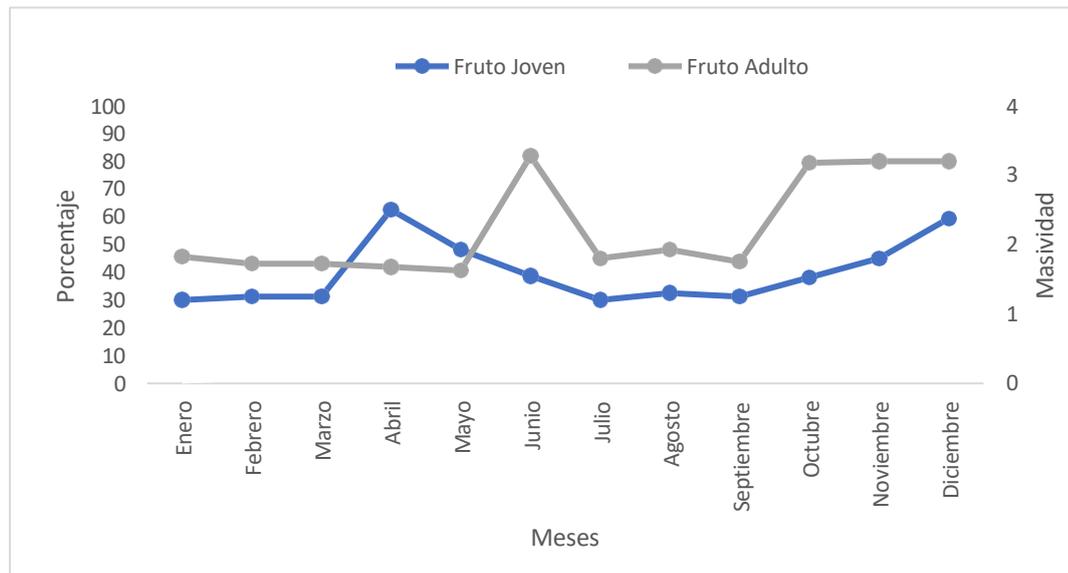


La floración de los árboles estudiados presentó una gran variabilidad, observándose desde frutos inmaduros hasta flores en desarrollo en diferentes ramas del mismo individuo, y aún mayores diferencias entre distintos árboles. (Adaptado de Segura et al., 1998)

Durante la fase de fructificación, se evidencia una masiva alta y constante de frutos adultos en varios meses, siendo particularmente abundante entre junio, octubre, noviembre y diciembre. Por otro lado, la masividad baja de frutos adultos se presenta entre abril y mayo. En cuanto a la etapa de fruto joven, esta tiene una alta masividad entre los meses de abril y diciembre, mientras que su baja masividad se encuentra en los meses de enero, febrero y marzo (Figura 8).

**Figura 8.**

*Fenofase de fructificación de Myrcianthes hallii (O. Berg) McVaugh - (arrayan)*



La especie de *Myrtus communis* de la familia de Myrtaceae su etapa de floración y fructificación durante todo el año. Según Montúfar y Pitman (2003), quienes indican que, en los bosques andinos del Ecuador, *M. hallii* presenta un período de fructificación que se extiende desde marzo hasta julio, con variaciones locales dependiendo de la altitud y las condiciones, climáticas específicas del sitio.

Los datos del presente estudio coinciden con lo que mencionan Montufar y Pitman (2003) que durante todo el periodo anual se tiene presencia de frutos jóvenes y adultos teniendo en cuenta que cambian su masividad cada mes presenta datos diferentes como podemos observar en el estudio, este resultado se debe a que son espíes de la misma familia.

### 3.5 Potencial de producción de frutos

Se obtuvo un promedio de 109,8 frutos de productividad siendo el primer individuo el que mayor productividad tiene, con 107,5 frutos, y el quinto individuo el que menor productividad tiene, con 121 frutos (Tabla 12) observar (Anexo 3.).

**Tabla 12.**

*Productividad de los cinco individuos de Myrcianthes hallii (O. Berg) McVaugh -(arrayan)*

N° de individuo	Productividad
1	107,5
2	109,5
3	115,2
4	109,8
5	121

Analizado los datos estadísticamente (Tabla 13) la desviación estándar tiene un valor de 5,49 lo cual indica que estos no se alejan significativamente de la media. El coeficiente de variación es de 4,88.

**Tabla 13.**

*Media de resumen de la especie Myrcianthes hallii (O. Berg) McVaugh - (arrayan)*

Variable	N	Media	D.E.	Var(n)	E.E.	CV	Mín	Máx	Mediana
Productividad	5	112,6	5,49	24,16	2,46	4,88	107,5	121	109,8

### 3.6 Morfometría y el almacenamiento de semillas

#### 3.6.1 La pureza

Una vez aplicado el proceso metodológico para el caso, se obtenido fue de un promedio de pureza del 92,59% (Tabla 14).

Ortega y Guanuche (2016) reportaron altos niveles de pureza en sus muestras de *Myrcianthes hallii* (entre 86.78% y 96.98%). Este resultado se atribuye a la metodología de

recolección directa de los árboles, lo cual minimiza la contaminación con material vegetal o suelo.

La alta pureza obtenida en ambos estudios se atribuye a que las semillas fueron recolectadas directamente de los árboles y no del suelo, evitando así la contaminación con impurezas. Esto demuestra que la metodología de recolección manual de las semillas directamente de la planta madre es efectiva para obtener muestras de alta calidad y pureza en esta especie.

### 3.6.2 Contenido de humedad

Durante el estudio se pudo determinar que el contenido de humedad de la semilla de *Myrcianthes hallii* fue de 15 % (Tabla 14).

La humedad de las semillas de *M. rhopaloides* fue similar entre sitios con valores de contenido de humedad (%) variantes entre  $30,35 \pm 0,83$  para M Llaviuco y  $18,22 \pm 0,9$  en la zona de Mazán (Rivera Lazo, 2019).

Rivera presentan información sobre el contenido de humedad óptimo para el almacenamiento de semillas de arrayán la cual es del 15%, por otro lado, el contenido de humedad de 30.35% es considerablemente superior al contenido el óptimo por lo que estos resultados resaltan la importancia de controlar el contenido de humedad para un manejo y almacenamiento adecuado de las semillas.

El resultado de la presente investigación es mejor gracias a que se cumple con el porcentaje de humedad óptimo para las semillas de esta especie como también a las condiciones climáticas del lugar de estudio.

### 3.6.3 Peso de la semilla

Los resultados obtenidos es el promedio del peso de 2000 semillas que fue de 25,28 gramos, obteniendo 79113 semillas por kilogramo. (Tabla 14)

El peso (g) de las semillas de *M. rhopaloides* fue similar entre sitios con valores de  $27,49 \pm 1,53$  para el bosque de Llaviuco y  $26,76 \pm 0,73$  para el bosque de Mazán (Rivera Lazo, 2019).

Rivera Lazo, (2019) reporta pesos similares de aproximadamente 26.5-27.8 g para muestras de semillas recolectadas en los bosques de Llaviuco y Mazán. Por otro lado, en la investigación que se presenta, se obtuvo un peso total de 25.28 g para una muestra de 2000 semillas. Aunque los valores absolutos difieren, estos resultados son consistentes y se complementan, ya que el peso reportado por Rivera Lazo corresponde a muestras más pequeñas, mientras que el peso total de 27.28 g es congruente con una muestra mayor de 2000 semillas. Esto demuestra que los datos obtenidos son válidos y se encuentran dentro de rangos esperados para el peso de las semillas de esta especie.

#### **Tabla 14.**

*Tabla de pureza, contenido de humedad y peso de la semilla de Myrcianthes hallii.*

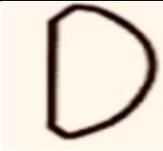
<b>Pureza %</b>	<b>Contenido de humedad %</b>	<b>Peso de semilla Gr</b>
92,59	15	25,28

### **3.7 Morfometría de la semilla**

#### **3.7.1 Tamaño**

Los resultados obtenidos en cuanto al tamaño de las semillas diferentes entre 5 y 8 mm, para el largo de la semilla y valores entre 4 y 6 mm de ancho (Tabla 15).

**Tabla 15.***Morfometría de la semilla de Myrcianthes hallii*

<b>Tamaño</b>	<b>Forma</b>	<b>Color</b>	<b>Textura</b>
Largo entre 5 y 8 mm	D-Shap	Hue 5Y 4/3 (verde con café)	Porosa
Ancho entre 4 y 6 mm			
			

Fruto en baya roja o negro-violácea, de 6 a 8 mm de diámetro. Semillas lenticulares, oscuras, de 4 mm de diámetro. (Muñoz, 1966)

Los textos describen las dimensiones y variaciones en el tamaño de las semillas analizadas, además de brindar información sobre el fruto. Se determinó que el largo de las semillas varió entre 8 y 5 mm, mientras que el ancho osciló entre 6 y 4 mm, esta observación es consistente con la descripción del fruto, una baya de 6 a 8 mm de diámetro, donde se encuentran semillas lenticulares (en forma de lente) de aproximadamente 4 mm de diámetro. La variación en el tamaño de las semillas podría atribuirse a factores ambientales o genéticos, pero se ajusta a las dimensiones esperadas según la descripción del fruto que las contiene.

### 3.7.2 Forma

Todas las semillas presentaron la forma de D-Shap, (Tabla 15) según la clasificación propuesta por Murley (1991).

La presencia uniforme de esta forma característica en todas las semillas analizadas sugiere que es un rasgo morfológico distintivo de la especie vegetal en cuestión. Esta uniformidad puede deberse a factores genéticos inherentes a la especie o a condiciones ambientales específicas durante el desarrollo de las semillas.

### 3.7.3. Color

En función de la Tabla de Munsell, se determinó que luego del secado de la semilla el color se encuentra en el código Hue 5Y 4/3, considerado como verde con café. (Tabla 15)

De acuerdo con Romeo (2014), el fruto es botánicamente descrito como una baya globosa de coloración oscura en su madurez. Presenta estructuras persistentes del cáliz y el estilo, y usualmente alberga una semilla de forma arriñonada y color castaño.

En cuanto a las semillas, se menciona que generalmente se encuentra una sola semilla reniforme (en forma de riñón) de color castaño dentro del fruto. Esta descripción proporciona información valiosa sobre la morfología y la apariencia de las semillas en su estado fresco.

Utilizando la Tabla de Munsell, se estableció que el color de las semillas secas se encuentra en el código Hue 5Y 4/3, considerado como un tono verde con café.

### 3.7.4 Textura

En base a la clasificación que propone Bravato (1974), todas las semillas presentaron una textura porosa. (Tabla 15), De acuerdo con Ruiz (2012), estos frutos son pequeños, redondos y carnosos, con una cáscara dura. Inicialmente, su color es claro, pero al secarse se oscurecen y su superficie se vuelve rugosa.

Según los resultados obtenidos, las semillas analizadas presentan características morfológicas y texturales específicas. En cuanto a la textura, siguiendo la clasificación propuesta por Bravato en 1974, se determinó que todas las semillas exhibieron una textura porosa.

Esta observación se complementa con la descripción detallada de las características físicas de las semillas. Además, poseen una testa (cubierta externa) dura y opaca.

### **3.8 Germinación**

Durante un período de estudio de 90 días, se llevó a cabo un experimento de germinación utilizando semillas de *Myrcianthes hallii* en cajas Petri bajo condiciones controladas de laboratorio y sustrato en vivero. A pesar de mantener parámetros ambientales considerados óptimos para la germinación de especies forestales andinas, incluyendo temperatura constante de 25°C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ) (Ramírez et al., 2017), no se observó ninguna evidencia de germinación durante todo el período de observación. Las cajas Petri, que normalmente proporcionan un entorno ideal para el monitoreo y control de la germinación, no lograron promover la emergencia de las semillas en este caso.

En primer lugar, la falta de germinación podría atribuirse a la presencia de dormancia fisiológica profunda, un fenómeno común en algunas especies de Myrtaceae, como sugiere Palacios (2011). Esta hipótesis se ve reforzada por las observaciones de Baskin y Baskin (2014), quienes señalan que muchas especies forestales entre estas el arrayan requieren tratamientos pre germinativos específicos, como estratificación o escarificación, para acelerar el rompimiento de la testa y su posterior proceso germinativo.

De la Torre et al. (2008) mencionan que algunas especies de Myrtaceae poseen semillas cuya viabilidad disminuye rápidamente tras la recolección. Si este es el caso de *Myrcianthes hallii*, podría explicar la falta de germinación si las semillas no fueron sembradas inmediatamente después de su recolección. Este aspecto subraya la importancia de considerar el manejo y almacenamiento de las semillas en futuros estudios.

Sim embargo al realizar un corte en 40 semillas se pudo observar uno de los procesos de germinación que fue la aparición de la radícula al final del tiempo de investigación, esto ratifica lo mencionado anteriormente, que se necesita acelerar este proceso a través de

tratamientos pre germinativos, y considera más tiempo para lograr la germinación.

Según Agrios (2005) destaca que la presencia de hongos o bacterias patógenas puede dañar las semillas o plántulas emergentes, lo que ocurrió en este ensayo, a pesar de realizar controles continuos.

De acuerdo con la investigación de Vargas (2002) menciona que la calidad del sustrato es crucial para la germinación de especies forestales andinas. "Un sustrato inadecuado, que no replique las condiciones del bosque nativo, puede impedir la germinación de especies como *Myrcianthes hallii*".

Para estudiar la germinación de la especie *Myrcianthes hallii* (O. Berg) McVaugh se debe evaluar pasado los 90 días, debido a que en este tiempo la semilla continua en un estado viable pero su proceso de germinación es lento y necesita mayor cantidad de tiempo para completarse el proceso de germinación.

### **3.9 Almacenamiento**

El almacenamiento adecuado de semillas de especies nativas como *Myrcianthes hallii* es fundamental para los programas de conservación y podría requerir periodos de almacenamiento de corto a mediano plazo, incluyendo intervalos de 3 meses, para evaluar su viabilidad y potencial de germinación" (Monteros-Altamirano et al., 2018, p. 76), por lo que se ratifica con los resultados obtenidos en la presente investigación, que es necesario un almacenamiento a media plazo lo cual ayuda a mantener la viabilidad de la semilla, eso se pudo verificar durante el tiempo de estudio, lo cual se observó la aparición de la radícula.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

La población de estudio de *Myrcianthes hallii* estudiada, se determinó que es una fuente semillera seleccionada según su caracterización fenotípica y socioeconómica, la cual se encuentra dentro del bosque protector taita Imbabura, por lo que se garantiza la disponibilidad de frutos.

El comportamiento fenológico de la especie indica que tienen una masividad media a alta en cada fase, en el mes de junio la productividad de frutos presenta una masividad alta, garantizando la recolección oportuna de frutos.

Los métodos de almacenamiento de semillas aplicados en la presente investigación no contribuyeron al proceso de germinación en el tiempo considerado para la germinación.

#### Recomendaciones

Se recomienda el uso de tratamientos pre-germinativos de escarificación como una estrategia efectiva para mejorar la germinación de *Myrcianthes hallii* (O. Berg) McVaugh.

Es recomendable investigar en diversas condiciones ambientales para la eficacia de los tipos de almacenamientos.

Se recomienda que para el estudio de la germinación de *Myrcianthes hallii* (O. Berg) McVaugh se emplee un tiempo mayor a tres meses.

### Referencias bibliográficas

- Andrade Vaca, N. G. (2023). *Composición florística y estructura del bosque alto andino en el área ecológica de conservación Taita Imbabura, parroquia San Antonio, Imbabura* (Bachelor's thesis).  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15140>
- CESA. (Central Ecuatoriana de Servicios Agropecuarios, EC). *Especies Forestales Nativas en los Andes Ecuatorianos*. Quito-Ecuador: CESA. 1989, p. 36.
- Jaramillo, K., & Ulloa, M. C. (2013). Evaluación de medios de cultivo para la micropropagación de Arrayán (*Myrcianthes hallii*) (o. Berg) Mc Vaugh. Quito, Pichincha. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ing. Agrónoma Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. [https://www.researchgate.net/profile/Angel-Calvache-Ulloa/publication/323845507\\_Evaluacion\\_de\\_medios\\_de\\_cultivo\\_para\\_la\\_micropropagacion\\_de\\_Arrayan/links/5aaf0b430f7e9b4897c03a47/Evaluacion-de-medios-de-cultivo-para-la-micropropagacion-de-Arrayan.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Angel-Calvache-Ulloa/publication/323845507_Evaluacion_de_medios_de_cultivo_para_la_micropropagacion_de_Arrayan/links/5aaf0b430f7e9b4897c03a47/Evaluacion-de-medios-de-cultivo-para-la-micropropagacion-de-Arrayan.pdf)
- Rodríguez, R., Marticorena, C., Alarcón, D., Baeza, C., & Cavieres, L. (2018). *Catálogo de las plantas vasculares de Chile*. Gayana Botánica, 75(1), 1-430.  
<https://doi.org/10.4067/S0717-6643201800050001>
- Matthei, O. (1995). *Manual de las malezas que crecen en Chile*. Alfabetá Impresores. Santiago, Chile. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/50864>
- Lozano, P. (2015). *Especies forestales arbóreas y arbustivas de los bosques montanos del Ecuador*. Quito, Pichincha, Ecuador: MAE.  
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/55826.pdf>
- Lema-Pillalaza, J. R., Guerrero-Tipatuña, M. R., Porrás-Atiaja, A.F. y Chaluisa-Chaluisa, M. A. (2021). *Estructura y composición florística en el bosque siempre verde montano de*

- la Cordillera Occidental de los Andes en el sector La Esperanza, parroquia El Tingo, cantón Pujilí provincia de Cotopaxi a los 2000 msnm. Dominio de las ciencias*, 7(3), 398-418. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8229699>
- Ramírez Sánchez, V. M. (2016). *Estudio de factibilidad para la creación de un Centro de Turismo Comunitario en la comunidad Guaro Grande, cantón Pallatanga, provincia de Chimborazo* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/5143>
- Arias Donoso, H. E. (2018). *Estudio avifaunístico en el Barrio Valle Hermoso I y el Refugio de Vida Silvestre Pasochoa, Parroquia de Tambillo, Cantón Mejía, Provincia de Pichincha* (Bachelor's thesis, Ecuador, Latacunga Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)). <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5069>
- Rodríguez, R. (2018). *Catálogo de las plantas vasculares de Chile*. *Gayana Botánica*, 75(1), 1-430. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-66432018000100001](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-66432018000100001)
- Godoy, R. (2009). *Valoración de recursos vegetacionales de Chile a través de la etnobotánica y dendrología. Embrapa Florestas-Capítulo en libro científico (INFOTECA-E)*. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33910703.pdf>
- Shaila, M., & Begum, N. (2021). *Ancient farming methods of seed storage and pest management practices in India*. [https://www.researchgate.net/publication/349185383\\_ANCIENT\\_FARMING\\_METHODS\\_OF\\_SEED\\_STORAGE\\_AND\\_PEST\\_MANAGEMENT\\_PRACTICES\\_IN\\_INDIA\\_-\\_A\\_REVIEW](https://www.researchgate.net/publication/349185383_ANCIENT_FARMING_METHODS_OF_SEED_STORAGE_AND_PEST_MANAGEMENT_PRACTICES_IN_INDIA_-_A_REVIEW)
- Doria, J. (2010). *Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento*. *Cultivos tropicales*, 31(1), 00-00. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s025859362010000100011&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s025859362010000100011&script=sci_arttext)

- Hechavarría, O., Rodríguez, E., Morales, N., Vera, N., Espín, G., Corrales, B., ... & Pérez, A. (2000). *Calendario fenológico de 51 especies forestales de Cuba*. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/11633>
- Williams-Linera, G., & Meave, J. (2002). *Patrones fenológicos. Ecología y conservación de bosques neotropicales*, 591-624. [https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Meave/publication/281348224\\_Patrones\\_fenologicos/links/55ed3cff08ae21d099c74924/Patrones-fenologicos.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Meave/publication/281348224_Patrones_fenologicos/links/55ed3cff08ae21d099c74924/Patrones-fenologicos.pdf)
- Rodríguez, R.G.; Márquez, R.J. y Rebolledo, C.V. 2001. *Determinación del potencial y eficiencia de producción de semillas de Cedrela odorata L. y su relación con caracteres morfométricos del fruto*. *Foresta Veracruzana* 3(1): 23-26. [https://www.redalyc.org/journal/497/49728290005/html/#redalyc\\_49728290005\\_ref12](https://www.redalyc.org/journal/497/49728290005/html/#redalyc_49728290005_ref12)
- Mendizábal-Hernández, L. D. C., Ramírez, J. M., Alba-Landa, J., RAMÍREZ-GARCÍA, E. O., & Cruz-Jiménez, H. (2012). *Potencial y eficiencia de producción de semillas de Cedrela odorata L.* *Foresta Veracruzana*, 14(2), 31-36. <https://www.redalyc.org/journal/497/49728290005/html/#:~:text=El%20potencial%20de%20producci%C3%B3n%20de%20semillas%20se%20refiere%20al%20n%C3%BAmero,contenidas%20en%20un%20fruto%20determinado.>
- Chipantiza Cunalata, A. D. P. (2021). *Evaluación de tres tratamientos pre-germinativos y tres tipos de sustratos para la propagación de arrayán (Myrcianthes hallii) (O. Berg) Mcvaugh*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15897>
- Lara Lara, J. E. (2021). *Determinación de tratamientos pregerminativos en semillas de morella pubescens (humb. & bonpl. ex willd.) wilbur y Myrcianthes hallii (o. berg) mcvaugh, Ibarra, Ecuador (Bachelor's thesis)*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11891>

- International Seed Testing Evaluation [ISTA]. (2016). *Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas*. Montevideo, Uruguay: International Seed Testing Evaluation (ISTA).  
[https://vri.umayor.cl/images/ISTA\\_Rules\\_2016\\_Spanish.pdf](https://vri.umayor.cl/images/ISTA_Rules_2016_Spanish.pdf)
- Fredericksen, T., Contreras, F., & Pariona, W. (2001). *Guía de silvicultura para Bosques Tropicales de Bolivia*. (P. BOLFOR, Ed.) Santa Cruz, Bolivia: El País.  
<https://es.scribd.com/doc/157249337/Guia-de-Silvicultura-Para-Bosques-Tropicales-de-Bolivia-1>
- Magnitskiy, S., & Plaza, G. (2007). *Fisiología de semillas recalcitrantes de árboles tropicales*. *Agronomía colombiana*, 25(1), 96-103.  
<https://www.redalyc.org/pdf/1803/180316240011.pdf>
- Chicaiza Machay, F. O. (2018). *Análisis de calidad de las semillas de especies arbóreas de los bosques siempre verde pie montano, montano y montano bajo de la zona noroccidental de la Provincia de Cotopaxi* (Bachelor's thesis, Ecuador, Latacunga Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)). <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5089>
- Rodríguez Hernández, E. (2021). *Recuperación de la carpo-espermatoteca del Herbario del Jardín Botánico de Villa Clara, "Dr. Alberto Alonso Triana" (ULV), Cuba*. *Centro Agrícola*, 48(3), 93-97. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0253-57852021000300093&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0253-57852021000300093&script=sci_arttext&tlng=en)
- López, J. I. L., & Chaparro, D. M. M. (2021). *Calendario fenológico reproductivo de una bromelia epífita endémica de Oaxaca, México*. *Desde El Herbario CICY*, 13, 1–6, 2021.  
[https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde\\_Herbario/2021/2021-01-07-Lopez\\_y\\_Mondragon-Calendario\\_fenologico\\_reproductivo.pdf](https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2021/2021-01-07-Lopez_y_Mondragon-Calendario_fenologico_reproductivo.pdf)
- Parra-coronado, A., Fischer, G., & Chaves-Cordoba, B. (2015). *Tiempo térmico para estados fenológicos reproductivos de la feijoa (Acca sellowiana (O. Berg) Burret)*. *Acta Biológica Colombiana*, 20(1), 163-173.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-548X2015000100017&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-548X2015000100017&script=sci_arttext)

Flórez, L. M., Pérez, L. V., Melgarejo, L. M., & Hernández, S. (2012). *Manual calendario fenológico y fisiología del crecimiento y desarrollo del fruto de gulupa (Passiflora edulis Sims) de tres localidades del departamento de Cundinamarca*. Ecofisiología del cultivo de la gulupa *Passiflora edulis Sims*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 33-51

[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=rJOtDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA33&dq=Calendario+fenol%C3%B3gico+reproductivo&ots=BE4j8dGGw\\_&sig=QT6o1WBmkmlp1xhHv3WEi9Z5g8c#v=onepage&q=Calendario%20fenol%C3%B3gico%20reproductivo&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=rJOtDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA33&dq=Calendario+fenol%C3%B3gico+reproductivo&ots=BE4j8dGGw_&sig=QT6o1WBmkmlp1xhHv3WEi9Z5g8c#v=onepage&q=Calendario%20fenol%C3%B3gico%20reproductivo&f=false)

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*. Bioersity International, World Agroforestry, Lima, Perú.

<https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/103818/Cerron%20et%20al%20experiencias%20restauracion%20bosque%20seco%202020.pdf?sequence=3>

García Guevara, L. A. (2018). *Efecto del tiempo y la temperatura en el almacenamiento de semillas de Huertea glandulosa Ruíz & Pavón para conservar su viabilidad*.

<http://hdl.handle.net/20.500.14074/2727>

FAO. (2014). *Estado de los Recursos Genéticos Forestales en el Mundo*. FAO.

<https://www.fao.org/documents/card/es/c/c0010ad0-1395-4ee0-942c-06a5f5caebf2>

León Lobos, P., Way, M., Aranda, P. D., & Lima, M. (2012). *The role of ex situ seedbanks in the conservation of plant diversity and in ecological restoration Latin America*. *Plant Ecology & Diversity*, 245-258. doi:10.1080/17550874.2012.713402

<https://www.redalyc.org/pdf/540/54046745007.pdf>

Fernández, A. F. A., Calvache, V. M., & Caicedo, B. A. M. *Manual para la producción de especies forestales de bosque húmedo tropical del Pacífico.*

<https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/313/306/1810-1?inline=1>

Santillán-Fernández, A., Castañeda-Alonso, S. S., Carrillo-Ávila, E., Tadeo-Noble, A. E., Bautista-Ortega, J., Vera López, J. E., & Alatorre-Cobos, F. (2023). *Morfometría y viabilidad de semillas de Brosimum alicastrum Sw. en Campeche.* Revista mexicana de ciencias forestales.

<https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/1345>

Martín, M. Á., Muñoz, S., Muñoz, F., Uribe, M., Molina, J. R., Herrera, M. Á., Martín, L. M., & Álvarez, J. B. (2010). *First results in the development of a genetic marker based on the storage proteins in two species of the Nothofagus genus.* Conicyt.cl.

<https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v31n3/art10.pdf>

Tapia y Vargas (2017) *sobre germinación de semillas de raulí según fuente semillera.*

<https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v38n1/0717-9200-bosque-38-01-00013.pdf>

Villalba, O. E., Montesdeoca, C., Monografía, M., San, D. E., & De Ibarra, A. (n.d.). *BOLÍVAR A. VITERI G.* Retrieved November 5, 2023, from [www.flacsoandes.edu.ec](http://www.flacsoandes.edu.ec)

Alice Di Sacco, M., León Lobos, P., & Suarez Ballesteros, C. (2018). *Manual de recolección, procesamiento y almacenamiento de semillas de plantas silvestre.*

[https://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/Manual-de-SemillasV1.2\\_Esp.pdf](https://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/Manual-de-SemillasV1.2_Esp.pdf)

Bonifaz, M. (2015). *Estudio ecofisiológico, ecopedológico y etnobotánico de Miconia salicifolia Naudin “Chinchín” en la Amazonía ecuatoriana. Tesis de Maestría.* Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador.

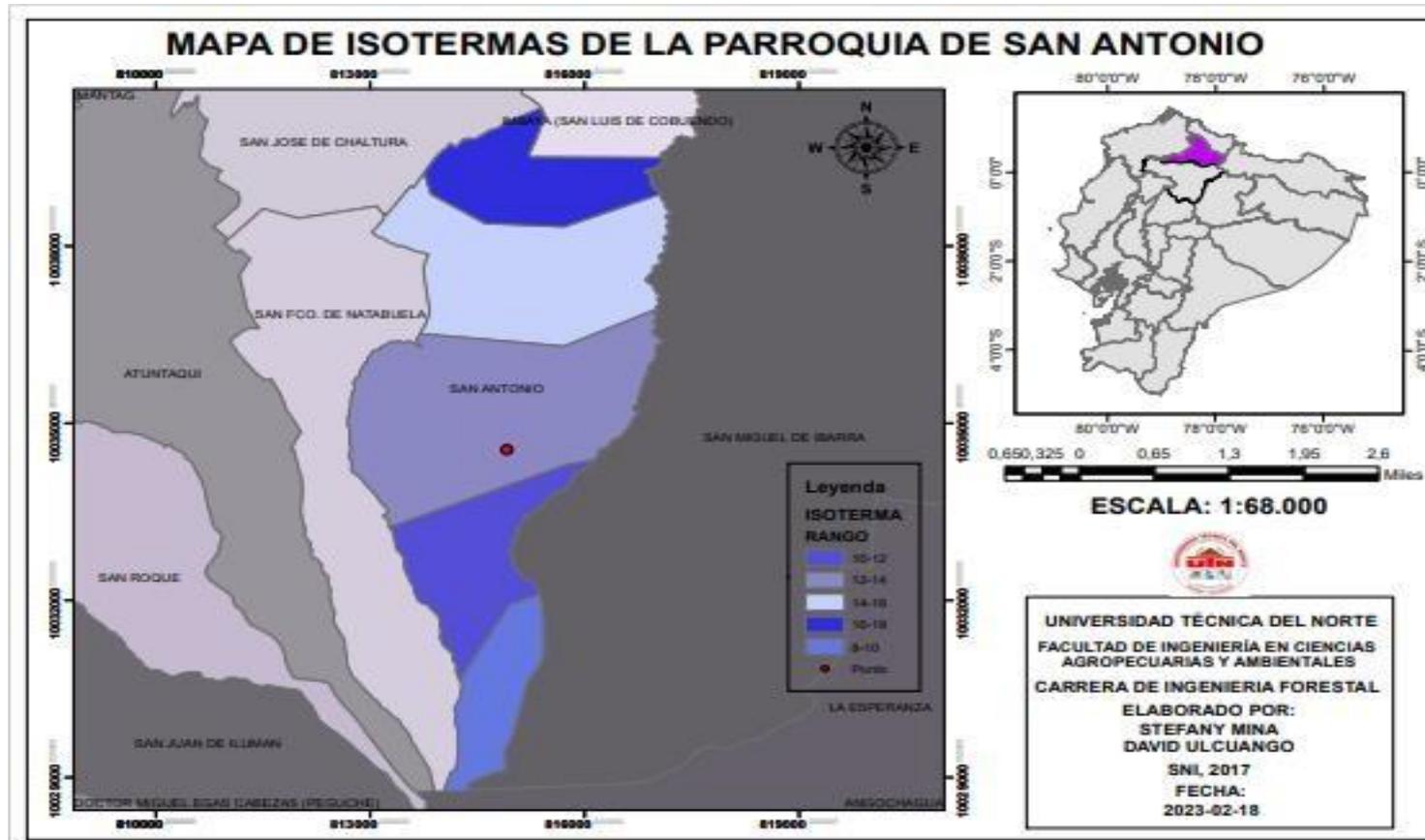
- Cuesta, F. et al. (2017). *Distribución de la biodiversidad en los Andes Tropicales. Zonas de endemismo anidado de plantas vasculares*. *Caldasia*, 39(1), 78-89.
- Llambí, L. y Cuesta, F. (2014). *Ecología, hidrología y suelos de páramos*. Caracas, Venezuela: Consejo de Publicaciones de la Universidad de Los Andes.
- Cue. G, J. L., Añazco, M. . J., & Paredes, H. O. (2019). *Producción y conservación de semillas forestales: situación actual y perspectivas en Ecuador*. *Revista Cubana de Ciencias Forestales* CFORES, 7(no.3).  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2310-34692019000300365](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692019000300365)
- Mathez-Stiefel, S-L. et al. (2017). *Valuation of ecosystem services and common goods: Knowledge integration for participatory land management planning in western Ecuador*. *Ecosystem Services*, 24, 29–42. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.01.008>
- Rodríguez, M. (2016). *Actores y lógicas de producción de leña en Ecuador: Retos para la sostenibilidad del recurso*. *Cuadernos de Biodiversidad*, 51, 13-19.  
<https://doi.org/10.14198/cdbio.2016.51.02>
- Premoli, A. C., Souto, C. P., Allnutt, T. R., & Newton, A. C. (2003). *Patterns of isozyme variation in *Luma apiculata* (Myrtaceae) populations*. *Heredity*, 90(5), 423-432.
- Segura, M., Troncoso, A., Gómez, M., & Villagran, C. (1998). *Flora amenazada de la región metropolitana de Chile: el caso del arrayán (*Luma apiculata* (DC) Burr.)*. *Revista Chilena de Historia Natural*, 71, 439-453.
- Massón Solís, G. I. (2022). *Efecto de cuatro tipos de sustrato en lapropagación sexual de *Myrcianthes hallii* bajo condiciones de invernadero en el cantón riobamba, provincia de chimborazo*. Espoch.  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17967/1/33T00407.pdf>
- Narváez Rivera, C. (2004). *Norma de semillas forestales*. Ecuador forestal.

- Cardoso , J. M. (2014). *Identificación y selección de árboles semilleros de especies forestales nativas por medio de imágenes satelitales en la microcuenca del río chimborazo*. Espoch. <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3352/1/33T0125%20.pdf>
- Donoso, C. (1981). *Técnicas de almacenamiento de semillas de arrayán (Luma apiculata (DC.) Burret)*. Revista Chilena de Semillas.
- Black, M.; Bewley, J.D.; Halmer, P. 2006. *The encyclopedia of seeds, science, technology and uses*. Cambridge, MA, CABI. 828 p.
- Molina, J. D., Vega, M. R., & González, S. (2005). *Recolección y manejo poscosecha de frutos de arrayán (Luma apiculata (DC.) Burret)*. Revista Chilena de Fruticultura.
- Vogel, H., Razmilic, I., & Ruiz, E. (2005). *Técnicas de conservación de semillas de arrayán (Luma apiculata (DC.) Burret)*. En Simposio de Recursos Genéticos para América Latina y el Caribe (pp. xx-xx). [Ciudad de publicación]: [Editorial].
- Rivera, Lazo. (2019). *Germinación de semillas y crecimiento inicial de cuatro especies forestales nativas del bosque de Nero, Provincia del Azuay*. Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/31737>
- Chipantiza Cunalata, A. D. P. (2021). Evaluación de tres tratamientos pre-germinativos y tres tipos de sustratos para la propagación de arrayán (*Myrcianthes hallii*) (O. Berg) Mcvaugh. <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/15897/1/33T00293.pdf>
- Urbano Pabón, M. A. (2019). *Evaluación del proceso de germinación de semillas de arrayán (Eugenia sp) con fines de restauración ecológica*. Repositorio Universidad del Cauca. <http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/4370>
- Muñoz. (1966). Arrayán / Chequén. Minsal. Obtenido de <https://www.minsal.cl/portal/url/item/7d989fe767656fd2e04001011e011e12.pdf>

- Diputación Provincial de Málaga. (2024). *Mirto, arrayán (Myrtus communis)*. Diputación Provincial de Málaga. [https://www.malaga.es/es/laprovincia/naturaleza/lis\\_cd-13063/mirto-arrayan-myrtus-communis](https://www.malaga.es/es/laprovincia/naturaleza/lis_cd-13063/mirto-arrayan-myrtus-communis)
- Agrios, G.N. (2005). *Plant Pathology (5th ed.)*. Elsevier Academic Press.
- Vargas, W.G. (2002). *Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes Centrales*. Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.
- Palacios, W. (2011). *Árboles del Ecuador: Familias y Géneros*. Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- De la Torre, L., Navarrete, H., Muriel, P., Macía, M. J., & Balslev, H. (Eds.). (2008). *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador*. Herbario QCA & Herbario AAU.
- Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination (2nd ed.)*. Academic Press.
- INAMHI. (n.d.). Boletín INAHMI Clima Ecuador. *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra. (2015). *Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Ibarra 2015-2023*. GAD Municipal de San Miguel de Ibarra.

## ANEXOS

## Anexo 1. Mapas

*Figura 9.**Mapa de Isotermas de la parroquia San Antonio*

**Figura 10.**

*Mapa de Isoyetas de la parroquia San Antonio*

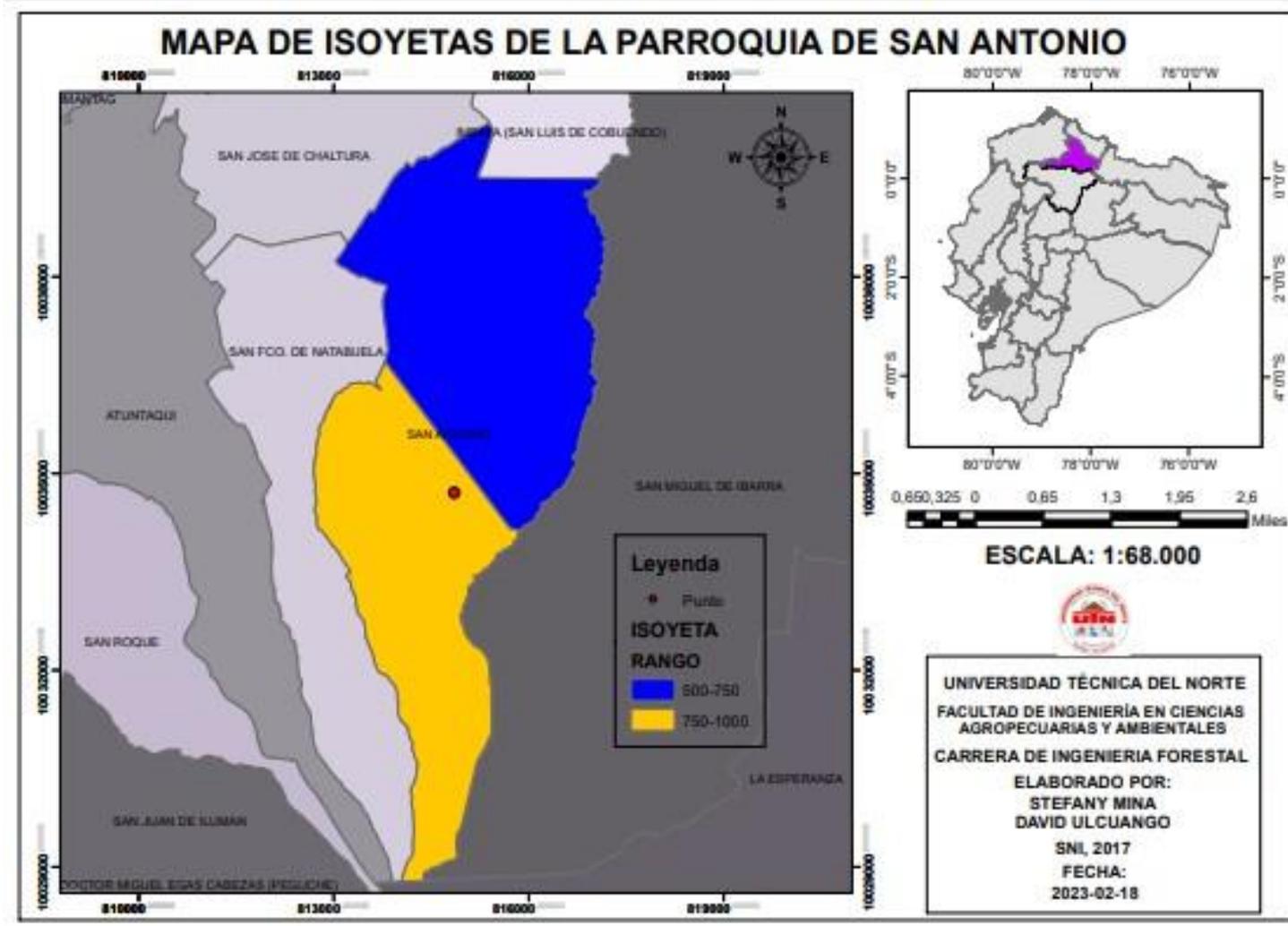


Figura 11.

Mapa de Texturas de la parroquia San Antonio

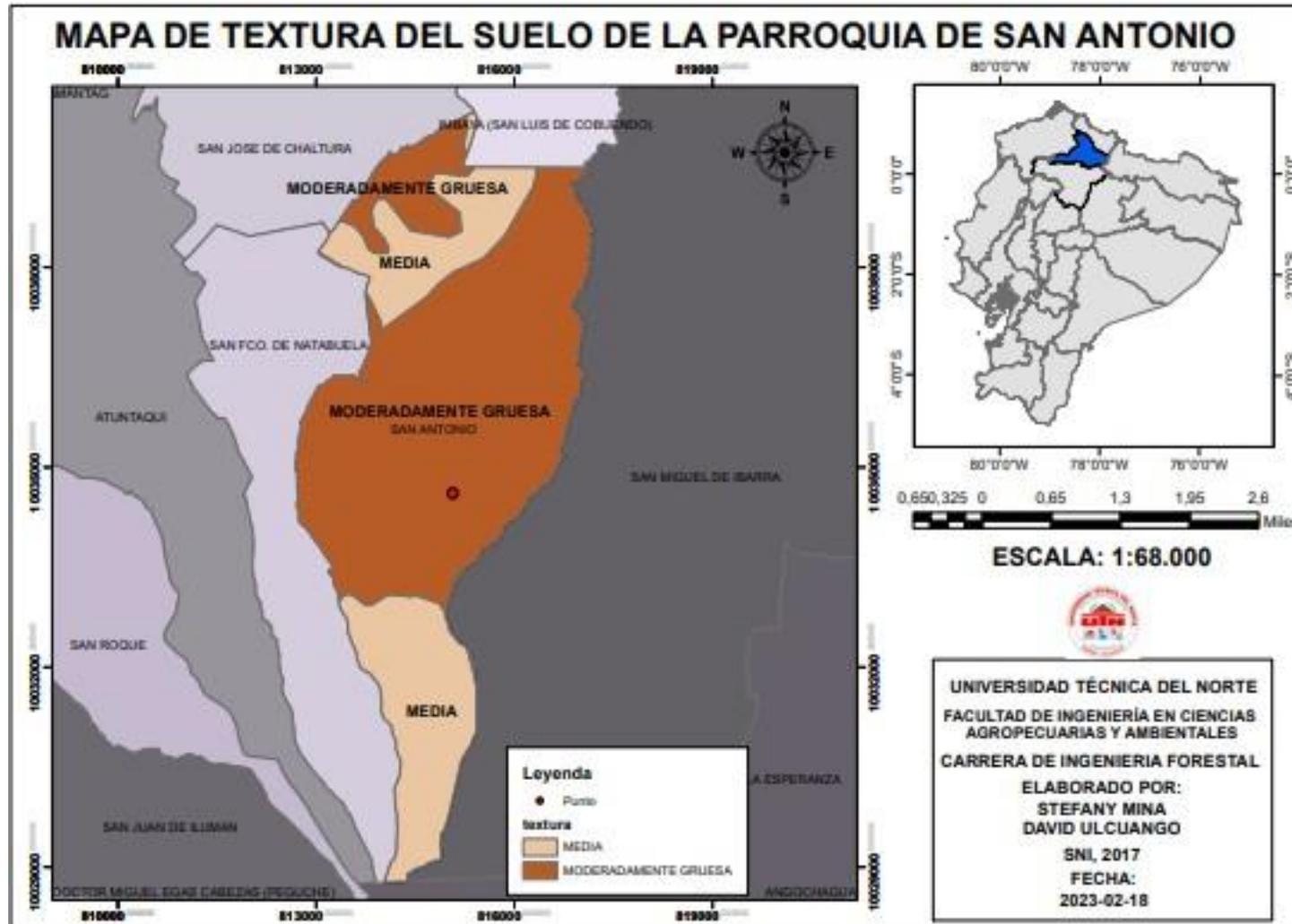


Figura 12.

Mapa de Susceptibilidad de la parroquia San Antonio

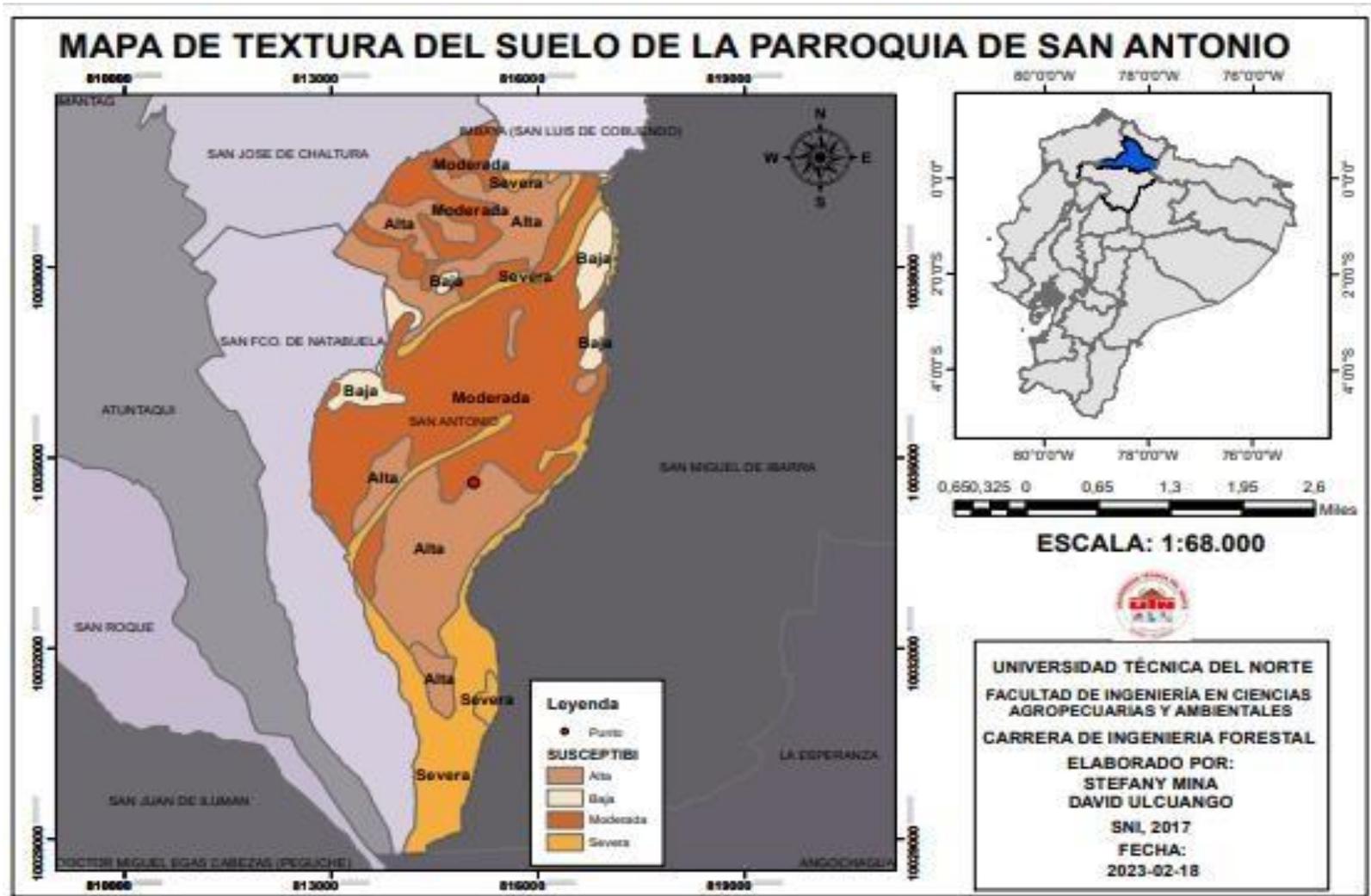


Figura 13.

Mapa de Erosión actual de la parroquia San Antonio

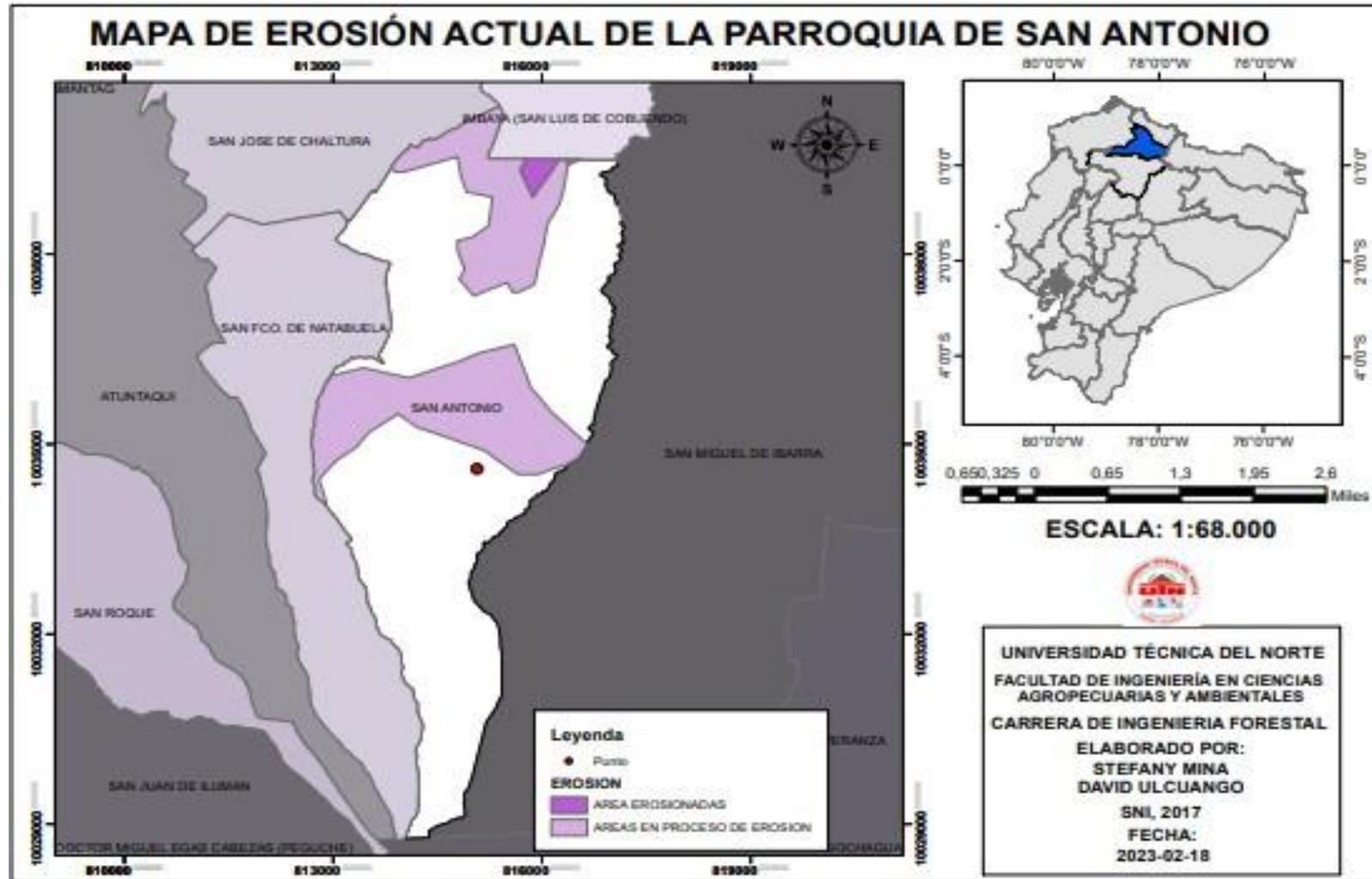


Figura 14.

Mapa de Pendiente actual de la parroquia San Antonio

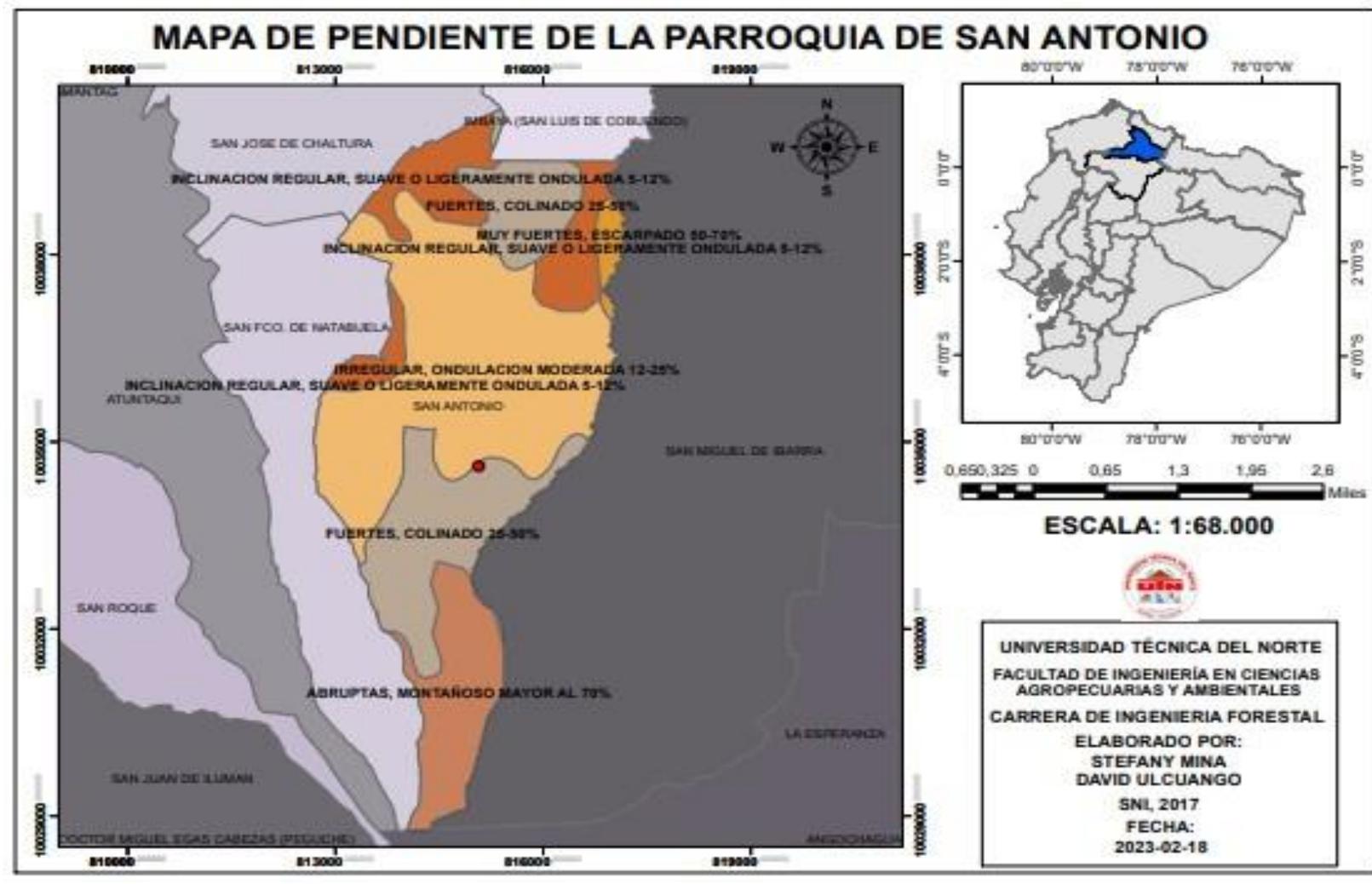
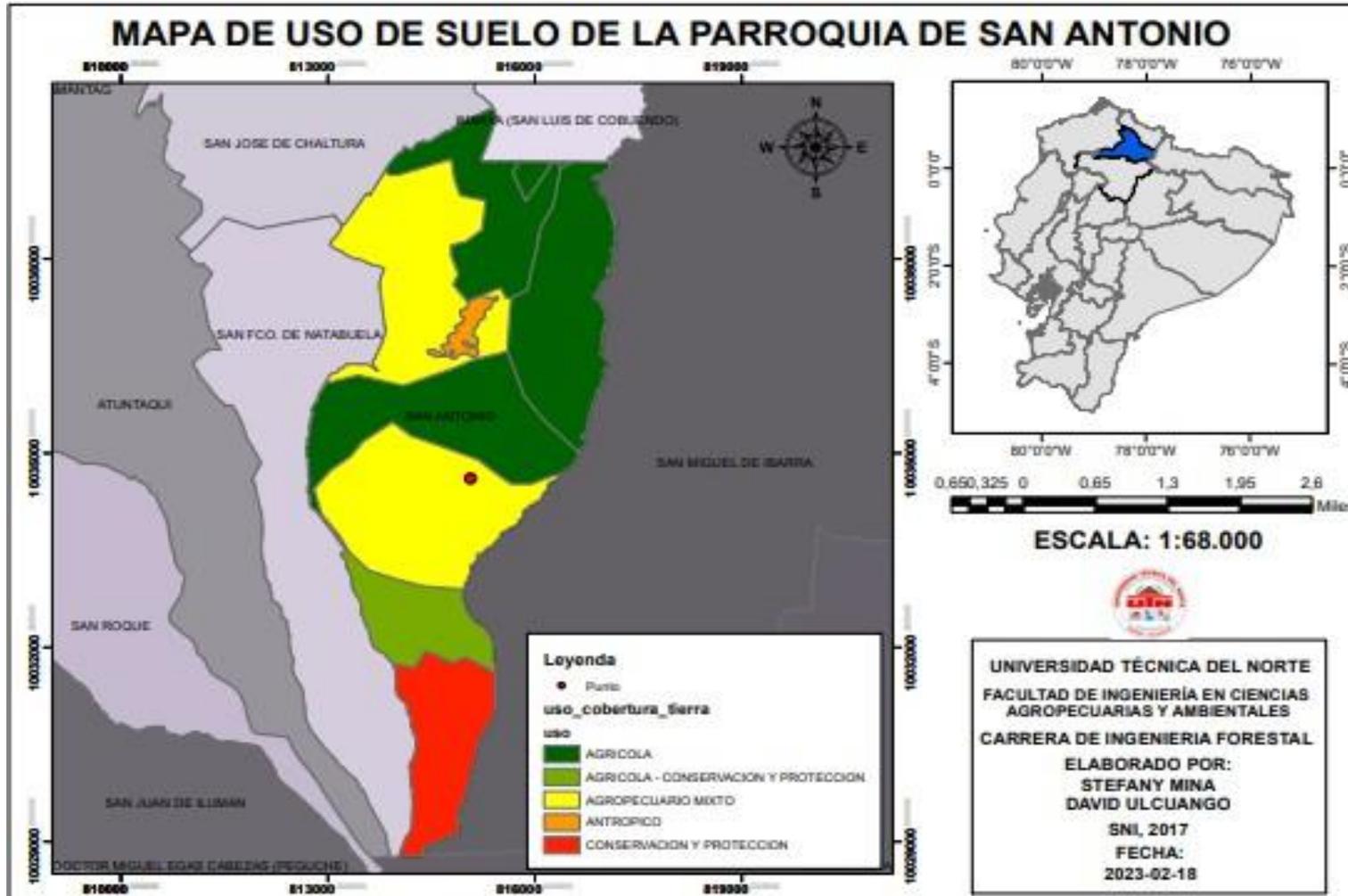


Figura 15.

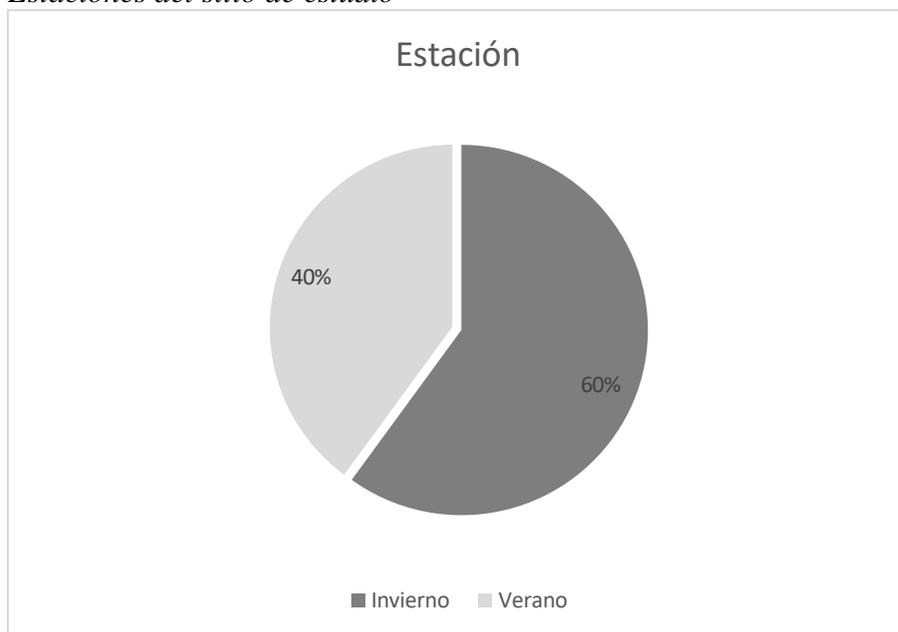
Mapa de Cobertura del suelo de la parroquia San Antonio



## Anexo 2. Encuestas

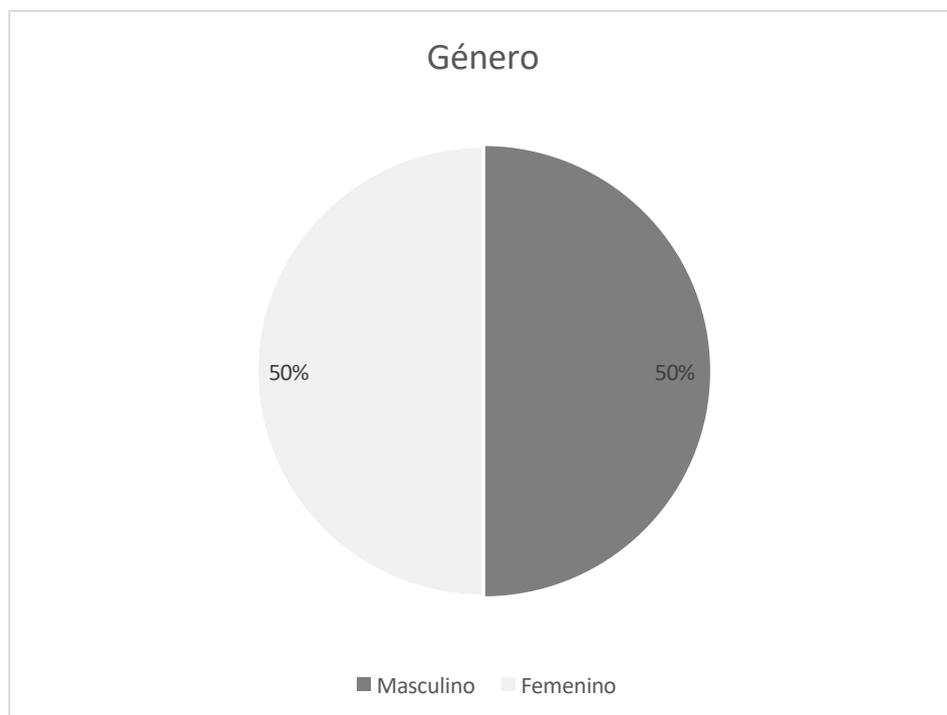
**Figura 16.**

*Estaciones del sitio de estudio*



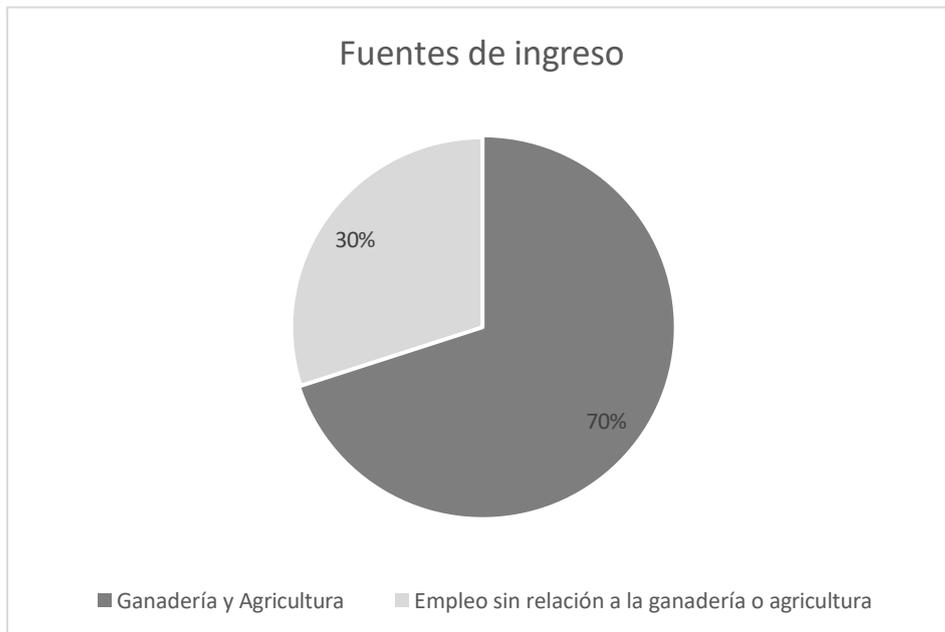
**Figura 17.**

*Género de la población del sitio de estudio*

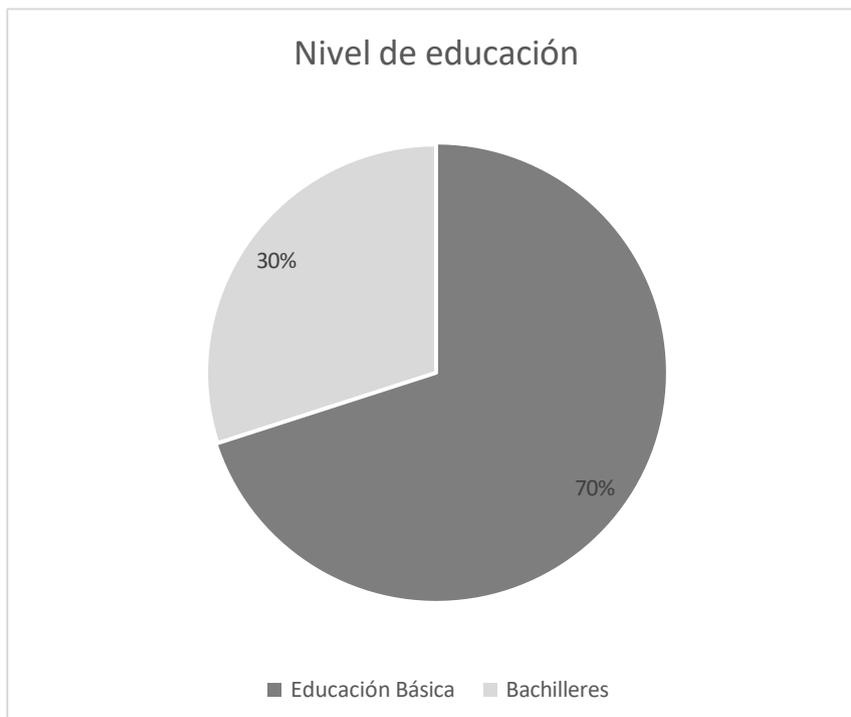


**Figura 18.**

*Fuentes de ingreso de la población del sitio de estudio*

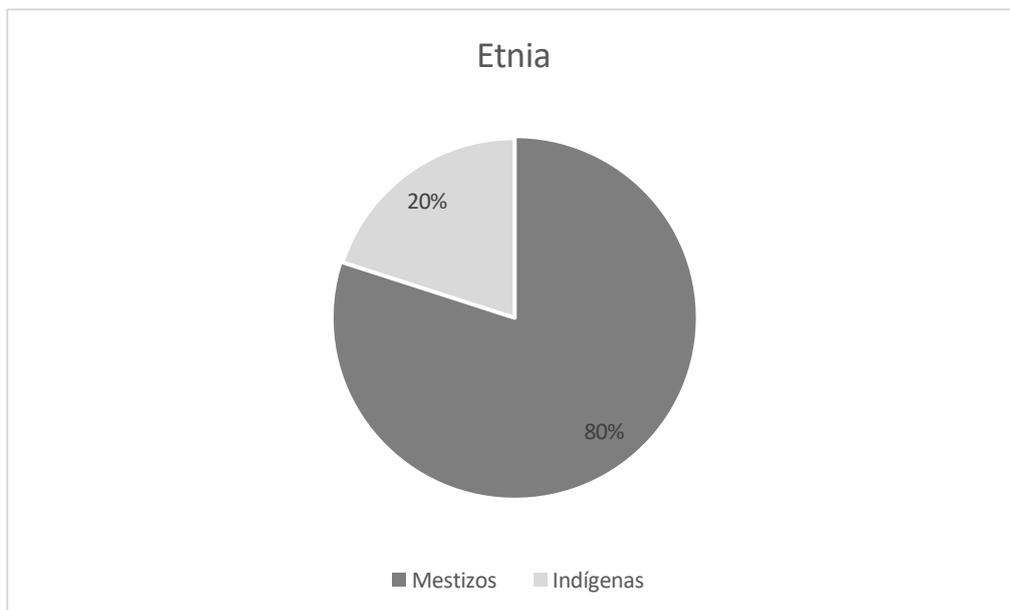
**Figura 19.**

*Nivel de educación de la población del sitio de estudio*

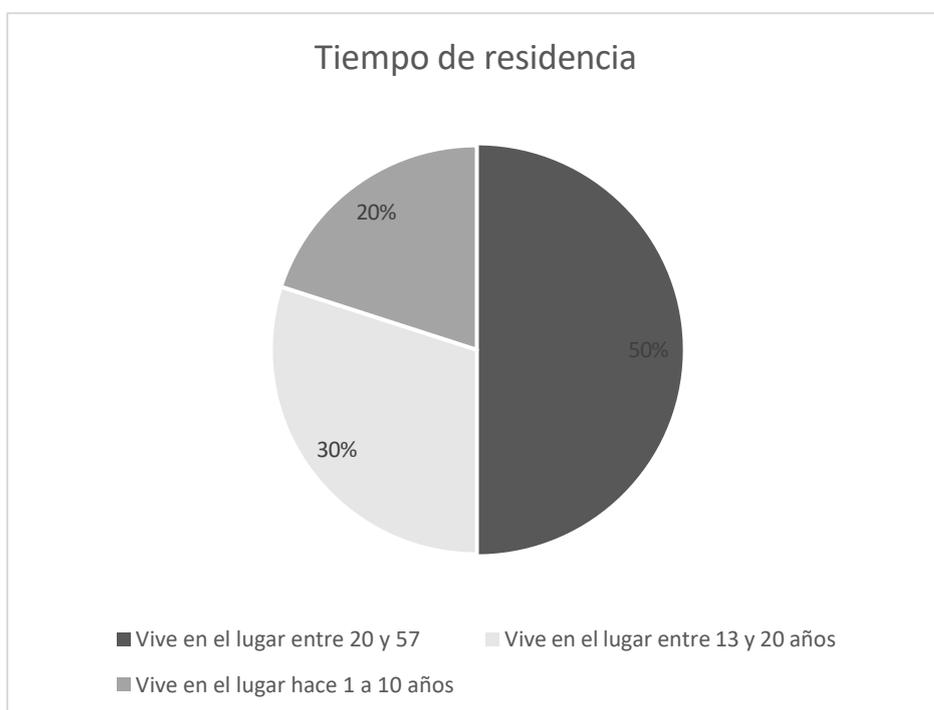


**Figura 20.**

*Etnia de la población del sitio de estudio*

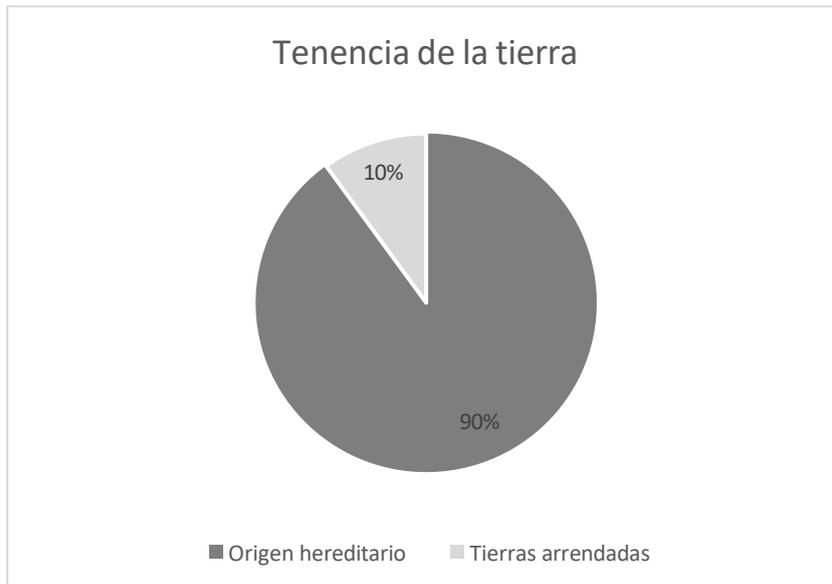
**Figura 21.**

*Tiempo de residencia de la población del sitio de estudio*



**Figura 22.**

*Tenencia de la tierra de la población del sitio de estudio*



### Anexo 3. Fotografías

**Figura 23.**

*Recolección de los frutos*



**Figura 24.**

*Fruto recolectado de la especie*



**Figura 25.**

*Despulpe del fruto para tener las semillas*



**Figura 26.**

*Selección de las semillas para su almacenamiento*



**Figura 27.**

*Almacenamiento de semillas en la nevera*



**Figura 28.**

*Instalación de ensayo en laboratorio y en cajas en campo*



**Figura 29.**

*Fase del proceso de germinación*

