



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS

AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

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

**PROPAGACIÓN SEXUAL DE *Hieronyma macrocarpa* Müll. Arg. EN LA
PARROQUIA HUACA, PROVINCIA DEL CARCHI**

AUTORA

Erazo García Nataly Maricela

DIRECTOR

Ing. Añezco Romero Mario José, PhD.

IBARRA – ECUADOR

2022

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS

AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

PROPAGACIÓN SEXUAL DE *Hieronyma macrocarpa* Müll. Arg. EN LA PARROQUIA

HUACA, PROVINCIA DEL CARCHI.

Trabajo de titulación revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza la presentación

como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERA FORESTAL

APROBADO

Ing. Mario José Añazco Romero, PhD.
Director de trabajo de titulación



Ing. José Gabriel Carvajal, MSc.
Tribunal de trabajo de titulación



Ing. David Daniel Sono Toledo, PhD.
Tribunal de trabajo de titulación



Ibarra – Ecuador

2022



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0450003454		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Erazo García Nataly Maricela		
DIRECCIÓN:	San Pedro de Huaca		
EMAIL:	nmerazog@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2 973 448	TELÉFONO MÓVIL:	0989268400

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	PROPAGACIÓN SEXUAL DE <i>Hieronyma macrocarpa</i> Müll. Arg. EN LA PARROQUIA HUACA, PROVINCIA DEL CARCHI
AUTORA:	Erazo García Nataly Maricela
FECHA:	08/06/2022
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
PROGRAMA:	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Forestal
DIRECTOR:	Ing. Mario José Añazco Romero, PhD.

CONSTANCIA

La autora manifiesta 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 es el titular 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 08 días del mes de junio del 2022

LA AUTORA



Erazo García Nataly Maricela

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA - UTN

Fecha: 08 de junio del 2022

Erazo García Nataly Maricela: **PROPAGACIÓN SEXUAL DE *Hieronyma macrocarpa* Müll. Arg. EN LA PARROQUIA HUACA, PROVINCIA DEL CARCHI** /Trabajo de titulación. Ingeniera Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 91 páginas.

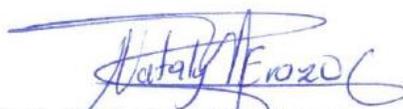
DIRECTOR: Ing. Mario José Añazco Romero, PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar tratamientos pregerminativos y sustratos para romper la latencia física de las semillas de *Hieronyma macrocarpa* Müll. Arg. que faciliten la propagación sexual en vivero, en la parroquia Huaca, cantón San Pedro de Huaca, Provincia del Carchi.

Entre los objetivos específicos se encuentran: Identificar y seleccionar árboles semilleros de *Hieronyma macrocarpa* con base a sus características fenotípicas sobresalientes. Analizar las semillas de *Hieronyma macrocarpa* bajo procedimientos de la norma International Seed Testing Association (ISTA). Determinar el mejor tratamiento pregerminativo y sustrato para la propagación sexual de *Hieronyma macrocarpa*.



Ing. Mario José Añazco Romero, PhD.
Director de trabajo de titulación



Nataly Maricela Erazo García
Autora

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo:

A mi madre, Irene, quien con su inmenso esfuerzo y cariño ha sido mi apoyo y mi fortaleza siempre, mi heroína, mi razón de ser y mi ejemplo a seguir.

A mis hermanos, Domenica, Adrián y Roxana por ser mi mayor inspiración, por su infinito amor y sobre todo por su valiosa compañía.

A Jasú, quien alegra mis días y me inspira a ser mejor.

A mi abuelito, Segundo, por brindarme todo su apoyo incondicional.

En memoria de mi abuelita Lucila, mi ángel de luz, quien ilumina y guía mi camino en cada paso.

Con mucho amor, este logro es por y para ustedes.

AGRADECIMIENTO

A toda mi familia, en especial a mi abuelito, a mi madre y a mis tías Paty, Yoly, Lucy y Gaby, por sus palabras de aliento, su confianza y su apoyo económico y moral durante toda mi formación.

Al Sr. Miguel, Sra. Martha y Pao por brindarme sus valiosos consejos y su cariño.

A todas las personas quienes colaboraron durante el desarrollo de esta investigación, les agradezco infinitamente.

A mi director de tesis, Ing. Mario Añezco, por dirigir este trabajo con mucha paciencia y sabiduría, por sus valiosos aportes y por toda la asesoría técnica brindada desde el inicio de esta investigación.

A mis asesores, Ing. José Gabriel Carvajal e Ing. Daniel Sono, por sus conocimientos y valiosos aportes a este trabajo. A todos aquellos docentes que con su experiencia contribuyeron con mi aprendizaje y formación profesional, en especial al Ing. Hugo Paredes.

Finalmente, a la carrera de ingeniería forestal, a la que siempre me sentiré orgullosa de pertenecer y a todas las personas que formaron parte de mi etapa universitaria, gracias por su cariño y por todas las anécdotas.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
APROBACIÓN	ii
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN	iii
CONSTANCIA.....	iv
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	v
REGISTRO BIBLIOGRÁFICO	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema de investigación.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Hipótesis de investigación.....	4

CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1. Fundamentación legal.....	6
2.1.1. Constitución de la República del Ecuador (2008).....	6
2.1.2. Código Orgánico del Ambiente (COA).....	6
2.1.3. Plan Nacional de Desarrollo 2021 – 2025.....	7
2.1.4. Norma de Semillas Forestales (Acuerdo ministerial No. 003).....	7
2.1.5. Línea de Investigación.....	8
2.2. Fundamentación teórica	8
2.2.1. Fuentes semilleras	8
2.2.2. Descripción de la especie <i>Hieronyma macrocarpa</i> Müll. Arg.....	12
2.2.3. Métodos de propagación	16
2.2.4. La semilla	16
2.2.5. Normas International Seed Testing Association (ISTA).....	18
2.2.6. Factores que influyen en la germinación.....	20
2.2.7. Dormición o latencia	21
2.2.8. Tratamientos pregerminativos.....	22
2.2.9. Sustratos	24
2.2.10. Investigaciones relacionadas	25
CAPÍTULO III	26
MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1. Ubicación del lugar	26

3.1.1.	Política.....	26
3.1.2.	Geografía.....	26
3.1.3.	Datos climáticos.....	27
3.2.	Materiales, equipos y software.....	28
3.2.1.	Materiales de campo.....	28
3.2.2.	Herramientas e Insumos de Vivero.....	28
3.2.3.	Materiales de laboratorio.....	29
3.2.4.	Equipos.....	29
3.2.5.	Software.....	29
3.3.	Metodología.....	29
3.3.1.	Universo.....	29
3.3.2.	Unidad experimental.....	30
3.3.3.	Muestreo.....	30
3.3.4.	Diseño experimental.....	30
3.3.5.	Factores y tratamientos.....	30
3.3.6.	Características del experimento:.....	32
3.4.	Distribución de los tratamientos.....	33
3.5.	Variables.....	33
3.5.1.	Identificar y seleccionar árboles semilleros <i>Hieronyma macrocarpa</i>	33
3.5.2.	Analizar las semillas de <i>Hieronyma macrocarpa</i> bajo procedimientos de la norma International Seed Testing Association (ISTA).....	36
3.5.3.	Determinar el mejor tratamiento pregerminativo y sustrato para la propagación de <i>Hieronyma macrocarpa</i>	37

3.6.	Análisis estadístico	39
3.7.	Instalación del experimento.....	40
3.7.1.	Selección de árboles semilleros.....	40
3.7.2.	Recolección de las semillas	40
3.7.3.	Adecuación del sitio	41
3.7.4.	Preparación del sustrato.....	41
3.7.5.	Desinfección del sustrato.....	41
3.7.6.	Enfundado y distribución en vivero	41
3.7.7.	Aplicación de tratamientos pregerminativos	42
3.7.8.	Desinfección de las semillas.....	42
3.7.9.	Siembra en vivero.....	43
3.7.10.	Labores culturales después del establecimiento.....	43
CAPÍTULO IV		44
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		44
4.1.	Identificación y selección de árboles semilleros de <i>Hieronyma macrocarpa</i>	44
4.2.	Análisis de las semillas de <i>Hieronyma macrocarpa</i> bajo procedimientos de la norma ISTA	47
4.2.1.	Porcentaje de pureza.....	47
4.2.2.	Número de semillas por kilogramo	48
4.2.3.	Contenido de humedad.....	49
4.2.4.	Porcentaje de germinación	50
4.3.	Determinación del mejor tratamiento pregerminativo y sustrato para la propagación sexual de <i>Hieronyma macrocarpa</i>	51

4.3.1. Tiempo de latencia	51
4.3.2. Coeficiente de velocidad de germinación (CVG)	53
4.3.3. Índice de velocidad de germinación (IVG)	55
4.3.4. Gráficas de capacidad de germinación	58
4.3.5. Gráficas de germinación diaria.....	60
4.3.6. Gráficas de germinación acumulada	62
4.3.7. Gráficas de germinación en el tiempo.....	64
4.3.8. Gráficas de la capacidad de germinación en el tiempo	66
CAPÍTULO V	68
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
5.1. Conclusiones	68
5.2. Recomendaciones.....	68
CAPÍTULO VI	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXOS.....	1

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Codificación de los tratamientos de estudio</i>	31
Tabla 2. <i>Distribución de los tratamientos en vivero</i>	33
Tabla 3. <i>Parámetros cuantitativos para la selección de árboles semilleros</i>	34
Tabla 4. <i>Evaluación cuantitativa para la agrupación de árboles semilleros</i>	36
Tabla 5. <i>Análisis de varianza para el índice de velocidad germinación de las semillas de <i>H. macrocarpa</i></i>	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Parámetros cuantitativos evaluados: altura y diámetro a la altura del pecho.</i>	44
Figura 2. <i>Distribución de frecuencias de los parámetros cualitativos de los árboles evaluados.</i>	45
Figura 3. <i>Porcentaje de pureza de las semillas de <i>H. macrocarpa</i>.</i>	47
Figura 4. <i>Numero de semillas por kilogramo de <i>H. macrocarpa</i>.</i>	48
Figura 5. <i>Contenido de humedad de las semillas de <i>H. macrocarpa</i>.</i>	49
Figura 6. <i>Porcentaje de germinación de las semillas de <i>H. macrocarpa</i>.</i>	50
Figura 7. <i>Tiempo de latencia para las semillas de <i>Hieronyma macrocarpa</i>.</i>	51
Figura 8. <i>Inverso del tiempo para el inicio de la germinación de las semillas de <i>H. macrocarpa</i>.</i>	52
Figura 9. <i>Coeficiente de velocidad de germinación de las semillas de <i>H. macrocarpa</i>.</i>	53
Figura 10. <i>Comportamiento del índice de velocidad germinación para las semillas de <i>Hieronyma macrocarpa</i>.</i>	55
Figura 11. <i>Comportamiento de los tratamientos del índice de velocidad germinación de <i>H.</i> <i>macrocarpa</i> a partir de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).</i>	57
Figura 12. <i>Comportamiento de los niveles del factor A para el índice de velocidad de germinación de <i>H. macrocarpa</i> a partir de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).</i>	58
Figura 13. <i>Porcentaje de germinación de las semillas de <i>H. macrocarpa</i>.</i>	59
Figura 14. <i>Porcentaje de germinación diario de las semillas de <i>H. macrocarpa</i> T1 – T8.</i>	61
Figura 15. <i>Porcentaje de germinación diario de las semillas de <i>H. macrocarpa</i> T9 – T16. ..</i>	61

Figura 16. *Porcentaje de germinación acumulada de las semillas de H. macrocarpa T1 – 18.*
..... 63

Figura 17. *Porcentaje de germinación acumulada de las semillas de H. macrocarpa T9 – 16.*
..... 63

Figura 18. *Germinación en el tiempo, relación entre la capacidad y el tiempo de germinación.*
..... 65

Figura 19. *Capacidad de germinación en el tiempo.....* 66

TÍTULO: PROPAGACIÓN SEXUAL DE *Hieronyma macrocarpa* Müll. Arg. EN LA PARROQUIA HUACA, PROVINCIA DEL CARCHI

Autora: Nataly Maricela Erazo García

Director de trabajo de titulación: Ing. Mario José Añazco Romero, PhD.

Año: 2022

RESUMEN

Los bosques andinos del Ecuador sufren un proceso histórico de deforestación generado por varias causas, entre estas la ampliación de la frontera agropecuaria, esto conlleva a la pérdida de la diversidad biológica forestal, entre ella *Hieronyma macrocarpa*, una especie nativa del ecosistema andino. El porcentaje de germinación de sus semillas es bajo debido a la latencia física, este factor constituye un problema para su reproducción sexual. La investigación tuvo como objetivo principal evaluar tratamientos pregerminativos y sustratos para romper la latencia física de las semillas de *H. macrocarpa* que faciliten su propagación sexual; el experimento se estableció en el vivero localizado en la parroquia Huaca, provincia del Carchi. La metodología utilizada fue un diseño irrestricto al azar en arreglo factorial A x B, donde el factor A fueron los tratamientos pregerminativos y el factor B los tipos de sustratos, con cuatro repeticiones por tratamiento y un total de 64 unidades experimentales con 20 semillas cada una. La germinación se evaluó mediante variables descriptivas y analíticas, los resultados del estudio mostraron que el mejor tratamiento pregerminativo y sustrato para la propagación sexual de la especie fue el T1: escarificación mecánica + tierra negra + arena, con el cual se obtuvo un tiempo de latencia de 89 días; un coeficiente de velocidad de germinación de 0,98; un índice de velocidad de germinación de 0,163 y un porcentaje de germinación acumulada de 82,5%. Se concluye que los tratamientos pregerminativos coadyuvan a acelerar el proceso germinativo y a obtener mayor porcentaje de germinación.

Palabras clave: germinación, latencia, tratamientos pregerminativos, escarificación.

TITLE: SEXUAL PROPAGATION OF *Hieronyma macrocarpa* Müll. Arg. IN HUACA PARISH, CARCHI PROVINCE

Author: Nataly Maricela Erazo García

Director of thesis: Ing, Mario José Añazco Romero. PhD.

Year: 2022

ABSTRACT

The Andean forests of Ecuador are suffering a historical process of deforestation generated by various causes, including the expansion of the agricultural frontier, which has led to the loss of forest biodiversity, including *Hieronyma macrocarpa*, a species native to the Andean ecosystem. The germination percentage of its seeds is low due to physical dormancy, which is a problem for its sexual reproduction. The main objective of the research was to evaluate pre-germinative treatments and substrates to break the physical dormancy of *H. macrocarpa* seeds to facilitate its sexual propagation; the experiment was established in the nursery located in the Huaca parish, Carchi province. The methodology used was an unrestricted randomized design in factorial arrangement A x B, where factor A was the pre-germinative treatments and factor B the types of substrates, with four replicates per treatment and a total of 64 experimental units with 20 seeds each. Germination was evaluated by descriptive and analytical variables: the results of the study showed that the best pre-germinative treatment and substrate for the sexual propagation of the species was T1: mechanical scarification + black soil + sand, with which a dormancy time of 89 days was obtained; a germination speed coefficient of 0,98; a germination speed index of 0,163 and a cumulative germination percentage of 82,5%. It is concluded that pre-germinative treatments help to accelerate the germination process and to obtain a higher germination percentage.

Key words: germination, dormancy, pregerminative treatments, scarification.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

- Problemática por investigar

En Ecuador la deforestación y degradación forestal continúa avanzando a un ritmo alarmante, según datos del Ministerio de Ambiente y Agua [MAAE] (2017) en el país se deforestan alrededor de 70 000 ha anuales. La diversidad biológica forestal nativa está constantemente amenazada por factores antropogénicos como: la expansión de la frontera agrícola y pecuaria, el aprovechamiento no sustentable de los recursos forestales, incendios forestales, minería, la producción de carbón vegetal y sumado a esto el limitado conocimiento de la silvicultura de la mayoría de las especies forestales nativas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2020).

La degradación de los últimos remanentes de bosque andino del Ecuador conlleva a la pérdida asociada a la biodiversidad forestal entre ella *Hieronyma macrocarpa*, una especie nativa del ecosistema andino; según la Norma para el Manejo Sustentable de los Bosques Andinos, *H. macrocarpa* se encuentra en la lista de especies de aprovechamiento condicionado, considerándola como una de las principales especies nativas amenazadas en el país (Ministerio de Ambiente [MAE], 2006).

De acuerdo a la fenología, *H. macrocarpa* produce frutos una vez al año, estos tardan entre cinco y seis meses en alcanzar la madurez fisiológica, su tasa de germinación en condiciones naturales es relativamente baja, casi nula, esto se debe a que, sus frutos por su sabor agradable, son recolectados para el consumo de las comunidades locales, en consecuencia, la posibilidad de regeneración natural de la especie disminuye.

La propagación de especies forestales mediante el empleo de semillas es uno de los métodos más eficientes para la producción de plántulas, ya que genera individuos con mayor variabilidad genética, estas características genéticas les confieren a las plantas la resistencia necesaria para su supervivencia y la capacidad de adaptarse a los cambios ambientales. Aunque las semillas son la base para desarrollar procesos que impliquen la producción de plántulas, la información técnica y científica sobre: árboles semilleros, calidad física, manejo, viabilidad, longevidad y latencia de semillas de especies forestales nativas es limitada.

- Formulación del problema de investigación

La semilla de *H. macrocarpa* posee una testa dura, la cual inhibe la germinación, esta actúa como una barrera física que hace que la semilla sea impermeable al agua y al intercambio gaseoso, por ende, las semillas viables no logran completar el proceso germinativo aunque la interacción entre los factores ambientales sea favorable para su desarrollo, en condiciones naturales las semillas de la especie pueden permanecer latentes durante largos periodos de tiempo y germinarán cuando factores como: el agua, la actividad microbiana o sean corroídas por un ácido en el tracto digestivo de un animal, hayan ablandado la cubierta seminal, volviéndolas permeables al agua y al intercambio gaseoso.

Este proceso puede tardar varios meses e incluso años, lo que impulsó a realizar el presente estudio.

1.2. Justificación

La insuficiente información sobre la propagación de la mayoría de las especies forestales nativas ha limitado procesos de restauración, reforestación y forestación en ecosistemas andinos. Por otro lado, en los bosques andinos existen diversas especies forestales que cuentan con gran potencial para uso múltiple, como es el caso de *H. macrocarpa*; la madera de esta especie por su

alta densidad (0,72 g/cm³) y excelente calidad es comúnmente usada en construcciones locales, como postes para cercas o en sistemas agroforestales, adicionalmente se obtienen productos forestales no maderables como sus frutos y hojas.

Los frutos de *H. macrocarpa* tienen pulpa de color morado debido a la presencia de antocianinas las cuales son pigmentos naturales con la capacidad de reemplazar a pigmentos sintéticos en los alimentos, además poseen un alto contenido de antioxidantes y vitamina C, tienen potencial para el desarrollo de propuestas gastronómicas de alimentos y bebidas debido a que poseen características organolépticas y nutricionales excelentes para el consumidor, las comunidades locales los emplean en la preparación de bebidas tradicionales, también forman parte de la dieta de algunas especies de fauna silvestre, como el oso andino, otros mamíferos y en su mayoría especies de aves.

Las hojas de motilón son usadas como forraje para bovinos, además la especie cumple un rol clave en la provisión de servicios ecosistémicos y mantiene los hábitats que permiten la permanencia a largo plazo de la diversidad silvestre, en especial de aves. Sin embargo, el desconocimiento de las técnicas y tratamientos adecuados para su reproducción limita su uso.

Las investigaciones realizadas con *H. macrocarpa* no han logrado determinar los tratamientos pregerminativos adecuados para obtener una alta tasa de germinación, Alvarado y Encalada (2010) señalan, la germinación fue afectada por la latencia impuesta por la cubierta seminal, los autores presentaron como resultado cero semillas germinadas. De igual manera, Benavides y Ruano (2018) a pesar de haber aplicado tratamientos pregerminativos obtuvieron un porcentaje de germinación inferior al 30%, en el tratamiento testigo no registran semillas germinadas. Jarrín et al. (2001) al comparar los tratamientos pregerminativos aplicados con el

testigo, afirman que la semilla de motilón necesita ser sometida a tratamientos pregerminativos que permitan romper la latencia impuesta por la cubierta que retarda la emergencia del embrión.

El porcentaje de germinación de las semillas de *H. macrocarpa* es bajo debido a los mecanismos de latencia impuestos por la cubierta seminal, lo que sugiere que las semillas viables requieren de condiciones favorables durante un periodo de tiempo prolongado para llevar a cabo el proceso germinativo. La aplicación de tratamientos pregerminativos facilita la absorción de agua y oxígeno por parte de la semilla, lo que iniciará la actividad metabólica en el embrión, obteniendo así una buena respuesta germinativa, en mayor porcentaje y en menor tiempo.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar tratamientos pregerminativos y sustratos para romper la latencia física de las semillas de *Hieronyma macrocarpa* Müll. Arg. que faciliten la propagación sexual en vivero, en la parroquia Huaca, cantón San Pedro de Huaca, Provincia del Carchi.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar y seleccionar árboles semilleros de *Hieronyma macrocarpa* con base a sus características fenotípicas sobresalientes.
- Analizar las semillas de *Hieronyma macrocarpa* bajo procedimientos de la norma International Seed Testing Association (ISTA).
- Determinar el mejor tratamiento pregerminativo y sustrato para la propagación sexual de *Hieronyma macrocarpa*.

1.4. Hipótesis de investigación

Ho: Las interacciones entre los tratamientos pregerminativos y los sustratos estudiados no influyen significativamente en la germinación de las semillas de *Hieronyma macrocarpa*.

Ha: Al menos una de las interacciones entre los tratamientos pregerminativos y los sustratos estudiados influyen significativamente en la germinación de las semillas de *Hieronyma macrocarpa*.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentación legal

2.1.1. *Constitución de la República del Ecuador (2008)*

Art. 14.- Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (Asamblea Constituyente del Ecuador, 2008).

Art. 400.- Se declara de interés público la conservación de la biodiversidad y todos sus componentes, en particular la biodiversidad agrícola y silvestre y el patrimonio genético del país (Asamblea Constituyente del Ecuador, 2008).

Art. 409.- En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona (Asamblea Constituyente del Ecuador, 2008).

2.1.2. *Código Orgánico del Ambiente (COA)*

Art. 35.- De la protección de las especies de vida silvestre. Para la protección de la vida silvestre, se establecen las siguientes condiciones a las personas naturales y jurídicas:

3. Proteger todas las especies nativas de vida silvestre terrestres, marinas y acuáticas con especial preocupación por las especies endémicas, las amenazadas de extinción, las migratorias y las listadas por instrumentos internacionales ratificados por el Estado (Asamblea Nacional del Ecuador, 2018).

5. Coordinar acciones interinstitucionales para la conservación in situ de especies de vida silvestre que sean afectadas, o que puedan resultar afectadas por actividades antropogénicas (Asamblea Nacional del Ecuador, 2018).

6. Promover investigaciones sobre vida silvestre para difundir el bioconocimiento dentro del territorio nacional (Asamblea Nacional del Ecuador, 2018).

2.1.3. Plan Nacional de Desarrollo 2021 – 2025

El presente estudio se enmarca en los siguientes ejes, objetivos y políticas:

Eje Transición Ecológica

Objetivo 11: Conservar, restaurar, proteger y hacer un uso sostenible de los recursos naturales.

Política 11.1: Promover la protección y conservación de los ecosistemas y su biodiversidad; así como, el patrimonio natural y genético nacional (Secretaría Nacional de Planificación, 2021).

Política 11.2: Fomentar la capacidad de recuperación y restauración de los recursos naturales renovables (Secretaría Nacional de Planificación, 2021).

2.1.4. Norma de Semillas Forestales (Acuerdo ministerial No. 003)

Art. 7.- Para efectos de la presente norma se considerarán los siguientes tipos de fuentes semilleras:

e) **Fuente semillera identificada.** - Constituyen grupos de árboles fenotípicamente aceptables que, por su baja densidad, por ocupar poca área y/o porque no contienen el número suficiente de árboles aceptables por hectárea, deben aceptarse temporalmente como áreas de producción de semillas, ante la ausencia de otras fuentes. Será establecida a partir de grupos de

árboles con características fenotípicas deseables, que se encuentran en áreas pequeñas y porque no existe el suficiente número de árboles aceptables (Ministerio del Ambiente [MAE], 2004).

Art. 16.- La semilla colectada correspondiente a un lote, deberá ser de al menos 15 árboles de la fuente; a excepción de la fuente semillera identificada. Los frutos o semilla colectada deben ser colocados en un sitio con la suficiente aireación, protegidos de la lluvia e insolación fuerte, en los casos en los que no se la pueda procesar en forma inmediata (MAE, 2004).

Art. 27.- Para la realización de los análisis de calidad física y fisiológica de las semillas forestales; el Ministerio del Ambiente publicará en el Registro Oficial el listado de los laboratorios autorizados para efectuar dichos análisis, los mismos que deben cumplir con las reglas de la International Seed Testing Association (ISTA) (MAE,2004).

2.1.5. Línea de Investigación

El presente estudio se enmarca en la línea de investigación de la Carrera de Ingeniería Forestal: Desarrollo Agropecuario y Forestal Sostenible.

2.2. Fundamentación teórica

2.2.1. Fuentes semilleras

La identificación y selección de fuentes de obtención de semillas es una etapa fundamental en todo proceso que implique la producción de plántulas forestales, estas permiten disponer a corto plazo de semillas de fuentes conocidas con características fenotípicas deseables y de mejor calidad (Samaniego et al., 2005).

Las fuentes semilleras son un conjunto de árboles de la misma especie o de diferentes especies con características fenotípicas sobresalientes, los cuales deben ser manejados técnicamente con el objetivo de incrementar la producción de semillas en cantidad y calidad (Zobel & Talbert, 1988).

2.2.1.1. Tipos de fuentes semilleras

El Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE] (2004) expide la Norma de Semillas Forestales mediante el acuerdo ministerial No. 003 donde se consideran los siguientes tipos de fuentes semilleras:

- **Huerto semillero comprobado**

Plantación de árboles altamente seleccionados, aislada para minimizar la contaminación con polen de árboles inferiores y manejada intensamente para producir abundante semilla y frecuente; y deberá tener las siguientes características:

1. Estar conformado por individuos o clones que han sido evaluados genéticamente mediante ensayos de progenie y depurados genéticamente mediante aclareos; con la finalidad de eliminar individuos inferiores.

2. Tener un área mínima de 1 ha; con un número no menor a 20 individuos en plena capacidad de reproducción; cuando se reproducen en forma sexual.

3. Mantener una distancia mínima de treinta metros entre dos individuos (rametos) de un mismo clon, con la finalidad de favorecer la polinización entre diferentes rametos de distintos clones.

4. Estar aislado al menos en un radio de 500 metros de individuos de la misma especie u otras especies ajenas al huerto, con el objetivo de reducir el riesgo de cruzamiento o de contaminación con individuos no deseables;

- **Huerto semillero no comprobado**

Es aquel que está conformado por individuos o clones que han sido evaluados genéticamente mediante ensayos de progenie, y depurados genéticamente mediante

aclareos; con la finalidad de eliminar individuos inferiores, pero que no ha sido sometido a depuraciones genéticas; (pág. 4)

- **Rodales semilleros**

Es un rodal superior, mejorado por la eliminación de árboles inferiores y luego manejado para una precoz y abundante producción de semillas; y deberán tener las siguientes características:

1. Proceder de por lo menos treinta árboles no emparentados.
2. Las características de los árboles deberán ser mejores que la de rodales presentes en unidades ecológicas similares.
3. Normalmente el número de individuos por hectárea no deberá ser menor a 75, y en casos excepcionales no podrá ser menor a 20, cuando se trate de especies que tengan alta producción de semillas.
4. El 50% de los árboles que componen el rodal, deben haber alcanzado su máxima capacidad de producción de semillas.
5. Con el objetivo de reducir el riesgo de cruzamiento o de contaminación con individuos no deseables entre la misma especie u otras especies ajenas al huerto; éste deberá estar aislado en al menos 500 metros a la redonda;

- **Fuente semillera seleccionada**

Son rodales que no cumplen con uno o varios de los requisitos establecidos para rodales semilleros, principalmente porque no presentan un aislamiento adecuado, menos de 75 árboles aceptables por hectárea o porque aún no han sido sometidos a aclareos de depuración. Las fuentes semilleras seleccionadas serán establecidas a partir de rodales naturales y, plantaciones de cualquier tipo; deberán tener las siguientes características:

1. El rodal deberá ser superior a otros dentro de una misma área ecológica o región de procedencia.
2. La base genética deberá ser amplia, con al menos 200 individuos por hectárea para plantaciones.
3. Deberá haber por lo menos 50 árboles por hectárea con las características fenotípicas deseables según la especie; y,

- **Fuente semillera identificada**

Constituyen grupos de árboles fenotípicamente aceptables que, por su baja densidad, por ocupar poca área y/o porque no contienen el número suficiente de árboles aceptables por hectárea, deben aceptarse temporalmente como áreas de producción de semillas, ante la ausencia de otras fuentes. Será establecida a partir de grupos de árboles con características fenotípicas deseables, que se encuentran en áreas pequeñas y porque no existe el suficiente número de árboles aceptables. (pág. 5)

2.2.1.2. Métodos para la identificación y selección de fuentes semilleras.

En la identificación y selección de fuentes semilleras de especies nativas se siguen tres pasos principales: selección de la especie, trabajo de oficina y trabajo de campo. La selección de la especie va en función del objetivo del programa; en el trabajo de oficina se compila la información referente a distribución geográfica de la especie de interés, fenología y lugares potenciales para la selección de los individuos (Ordoñez et al., 2004).

La fase de campo es la más relevante de todo el proceso, durante esta se realizan visitas y evaluaciones en los lugares potenciales identificados, se toma en cuenta la accesibilidad, el estado general del rodal, el número de árboles y tamaño de la fuente, edad de los árboles, interés del propietario y fenología (Ordoñez et al., 2004).

Posteriormente se hace una valoración fenotípica, Heredia y Hofstede (1999) consideran los siguientes parámetros fenotípicos en la evaluación de fuentes semilleras:

- Forma de fuste
- Altura de bifurcación
- Dominancia del eje principal
- Angulo de inserción de ramas
- Forma de copa
- Diámetro de copa

A los parámetros anteriores en función de las características fenotípicas de los árboles, hábito de crecimiento de la especie y al objetivo de selección de las fuentes semilleras, se les asigna un puntaje y se clasifican en tres categorías: Clase 1 (árboles excelentes), Clase 2 (árboles buenos) y Clase 3 (árboles indeseables).

Los parámetros de evaluación de Heredia y Hofstede (1999) se adaptan a la realidad de la selección de fuentes semilleras de especies nativas, estos son más flexibles con relación a los parámetros de evaluación clásicos que tienen como objetivo producir madera; es decir, se toma en cuenta el uso diversificado de las especies nativas y se consideran algunos aspectos económicos y ecológicos (Ordoñez et al., 2001).

2.2.2. Descripción de la especie *Hieronyma macrocarpa* Müll. Arg.

2.2.2.1. Descripción taxonómica

Familia: Phyllanthaceae

Género: Hieronyma

Epíteto específico: macrocarpa

Autor del epíteto específico: Müll.Arg.

Nombre científico: *Hieronyma macrocarpa* Müll.Arg.

2.2.2.2. Descripción botánica

Árbol de hasta 25 m de altura y 60 cm de diámetro a la altura del pecho (1,30 m), corteza interna rojiza. Hojas simples, alternas, helicoidales, elípticas, obovadas o ligeramente oblongas, coriáceas o crasas, muy quebradizas, haz con escamas dispersas, envés con densas escamas color pardas; nerviación inconspicuamente broquidódroma; peciolo ligeramente engrosados y curvados en el ápice, acanalados. Inflorescencia una panícula de racimos. Flores cremas, de aproximadamente 3 mm de largo, con estambres exsertos. Fruto una drupa obovoide, violácea – rojiza o purpura, 1 – 1,6 mm de largo, una semilla por fruto. En Ecuador la especie es comúnmente conocida como motilón (Palacios, 2016).

2.2.2.3. Distribución geográfica

En Ecuador *Hieronyma macrocarpa* ha sido localizada en ecosistemas de bosque siempreverde montano en la cordillera oriental y occidental de los Andes, la especie se desarrolla en altitudes que van desde los 1 500 hasta los 3 500 m s.n.m. en las provincias de: Carchi, Imbabura, Sucumbíos, Pichincha, Bolívar, Cañar, Azuay y Napo (Prado y Valdebenito, 2000; Ministerio del Ambiente [MAE], 2013; Lojan, 1992).

Según datos del Missouri Botanical Garden (2021), la especie ha sido registrada en las provincias: Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, El Oro, Imbabura, Morona Santiago, Napo, Pichincha, Sucumbíos y Tungurahua; principalmente en ecosistemas de bosque siempreverde montano. En un rango altitudinal que va desde los 1 100 hasta los 3 500 m s.n.m.

H. macrocarpa no posee capacidad de rebrote, su regeneración en condiciones naturales es baja, poco frecuente en bosques primarios y rara en bosques secundarios (Cuamacás y Tipaz, 1995).

2.2.2.4. Fenología

- **Foliación**

H. macrocarpa permanece con hojas casi todo el año, presenta brotes foliares desde marzo hasta julio, en épocas con precipitaciones superiores a 300 mm; entre marzo y mayo alcanza su máxima foliación, en época seca los árboles pierden hasta un 25% de sus hojas (Prado y Valdebenito, 2000).

- **Floración**

Los botones florales se forman desde mediados de marzo hasta mayo durante el fin de la época lluviosa, entre junio y agosto las flores completan su formación, en ese momento la especie alcanza su máxima producción de flores (Prado y Valdebenito, 2000).

- **Fructificación**

Los frutos de *H. macrocarpa* tardan entre cinco y seis meses en alcanzar la madurez fisiológica, este proceso inicia entre abril – mayo y se extiende hasta agosto – septiembre (Prado y Valdebenito, 2000).

En la Reserva Ecológica Cayambe Coca los frutos de esta especie son abundantes durante enero, junio y julio (Troya et al., 2004). En zonas aledañas a la cordillera oriental, en las provincias Carchi y Sucumbíos la fructificación se presenta en los meses entre octubre y febrero.

En las zonas altas es común la presencia abundante de frutos entre los meses de junio a octubre y las partes más bajas en los meses de febrero a mayo (Mueller, 2004). En la provincia de Loja los árboles de motilón presentan frutos durante todo el año, siendo más abundantes en el mes de febrero (Alvarado y Encalada, 2010).

2.2.2.5. Importancia y usos

H. macrocarpa es una especie con un gran potencial para uso múltiple, por su madera de alta densidad, $0,72 \text{ g/cm}^3$, (Cubillos et al., 2019) y excelente calidad es comúnmente usada en fabricación de muebles, construcciones locales (encontrados, pilares, pisos y chapas decorativas), durmientes, postes para cercas y en sistemas agroforestales (Cuamacás y Tipaz, 1995; Lojan, 1992). Adicionalmente se obtienen productos forestales no maderables como sus frutos y hojas.

Los frutos de motilón tienen pulpa color morado debido a la presencia de antocianinas, las cuales son pigmentos naturales con la capacidad de reemplazar a pigmentos sintéticos en los alimentos (Villarreal et al., 2008); además poseen alto contenido de antioxidantes, vitamina C y pigmentos naturales (Mina y Torres, 2015).

De acuerdo con Matute (2019) los frutos de *H. macrocarpa* poseen características organolépticas y nutricionales excelentes para el consumidor, tienen potencial para el desarrollo de propuestas gastronómicas de alimentos y bebidas, estos son muy apetecidos por las comunidades locales para la preparación de bebidas tradicionales, como la colada morada.

Son fuente de alimento para algunas especies de fauna silvestre, principalmente ardillas y aves; son un elemento fundamental en la dieta de osos andinos (Troya et al., 2004), sus hojas son usadas como forraje para bovinos, adicionalmente la especie cumple un rol clave en la provisión de servicios ecosistémicos como captura de carbono, aporte de materia orgánica al suelo y mantiene los hábitats que permiten la permanencia a largo plazo de la diversidad silvestre, en especial de aves.

2.2.3. Métodos de propagación

La propagación de plantas involucra la aplicación de principios biológicos que tienen como objetivo la multiplicación y obtención de individuos de una especie (Osuna et al., 2017), las plantas se propagan generalmente por dos métodos: sexual y asexual.

2.2.3.1. Propagación asexual

Este tipo de propagación se basa en extraer material vegetativo de una planta madre e inducir su enraizamiento para formar una nueva plántula idéntica a su progenitor (Añazco, 2000). La propagación asexual es altamente eficiente en un ambiente estable, pero tiene la principal desventaja de no favorecer la variabilidad genética, lo que hace más sensible a la planta a los cambios ambientales (Santos et al., 2011).

2.2.3.2. Propagación sexual

Este método de propagación se lo efectúa mediante el empleo de semillas, es el más eficiente en la reproducción de plantas y el más usado en la naturaleza, permite que los nuevos individuos mantengan las características genéticas de ambos progenitores, garantizando así la sobrevivencia y adaptación de la especie a las condiciones ambientales cambiantes (Osuna et al., 2017). Mediante la propagación por semillas se obtienen plantas más vigorosas, adaptables y sanas (Añazco, 2000).

2.2.4. La semilla

La semilla es el óvulo fecundado y maduro, es el principal órgano de reproducción de la mayoría de las plantas, tiene la función de multiplicar, dispersar y perpetuar la especie; esta se forma mediante la doble fertilización del óvulo por el grano de polen. Alberga tanto un embrión cigótico que formará la nueva planta como un tejido de almacenamiento para suministrar nutrientes

que apoyan el crecimiento de las plántulas después de la germinación (García y Roselló, 2001; Rajjou et al., 2012).

Morfológicamente las semillas maduras poseen estructuras dedicadas a su protección, estas estructuras les otorgan la capacidad de soportar condiciones extremas como temperaturas altas y bajas, congelación y desecación. La longevidad de la semilla o el período durante el cual la semilla permanece viable es un rasgo importante, no solo para la adaptación de las plantas a los cambios ambientales, sino también para la conservación de la biodiversidad (Sano et al., 2015).

Existen diferentes clasificaciones de las semillas, de acuerdo a la tolerancia a la desecación se pueden distinguir dos grupos.

2.2.4.1. Semillas recalcitrantes

Generalmente tienden a ser más grandes que las ortodoxas y son liberadas con un alto contenido de humedad, aproximadamente 50% del peso húmedo de la semilla. La viabilidad de las semillas recalcitrantes baja rápidamente en cuanto pierden humedad, por lo cual, almacenarlas no es posible o se requieren condiciones específicas para mantener su poder germinativo (Vázquez y Toledo, 2017). Las semillas de este tipo deben permanecer hidratadas durante su almacenamiento, generalmente reteniendo al menos un 20% de agua en forma libre, o ligada a hidrógeno (Akimoto et al., 2004).

2.2.4.2. Semillas ortodoxas

Las semillas ortodoxas poseen una condición fisiológica que les permite mantener su viabilidad durante largos periodos de tiempo, estas al final de su maduración en la planta madre sufren un alto grado de desecación y retienen su potencial de germinación (viabilidad) durante largos períodos de almacenamiento en seco (Rajjou et al., 2012).

Al reducir el contenido de humedad y temperatura de almacenamiento de las semillas ortodoxas estas conservan fácilmente su viabilidad, sin embargo, este tipo de semillas con el pasar del tiempo se deterioran gradualmente hasta perder por completo su capacidad germinativa (Akimoto et al., 2004).

Las semillas del género *Hieronyma* se pueden clasificar como ortodoxas, debido a la factibilidad de almacenarlas a bajo contenido de humedad sin afectar significativamente su porcentaje de germinación, pero el almacenamiento durante largos periodos de tiempo puede afectar su viabilidad (Alvarado y Encalada, 2010; González, 1992).

2.2.5. Normas International Seed Testing Association (ISTA)

Las semillas forestales son consideradas como la fuente más importante de germoplasma, constituyen el material genético mayormente utilizado para la producción masiva de plantas, el análisis de semillas bajo protocolos de la Norma ISTA facilita la obtención de información sobre la calidad de estas antes de ser usadas, una semilla de calidad es altamente viable, la calidad de las semillas determina el éxito de la producción de plántulas en vivero.

2.2.5.1. Muestreo para el análisis

Para el análisis se toma una muestra compuesta, la cual se obtiene combinando muestras primarias de todo el lote de semillas, esta muestra debe tener un tamaño adecuado para los análisis específicos, es necesario que tanto el lote de semillas, como la muestra estén contenidas en un recipiente sellado, que no cause daños a la semilla, limpio y respectivamente marcado o etiquetado (The International Seed Testing Association [ISTA], 2017).

El muestreo debe realizarse mediante la aplicación de técnicas y equipos apropiados, limpios y en buenas condiciones. La intensidad del muestreo varía de acuerdo con el número total del lote semillas (ISTA, 2017).

2.2.5.2. Análisis de pureza

El análisis de pureza determina la composición porcentual de: semilla pura, que corresponda a la especie en estudio, de materia inerte y estructuras no definidas como semilla pura. Al final del análisis se obtienen tres componentes: semillas puras, otras semillas y materia inerte, el porcentaje de cada parte está determinado por su peso. Para separar la semilla pura de la muestra se puede utilizar: lupas, luz reflejada, tamices y sopladores, siempre que no perjudiquen su capacidad germinativa (ISTA, 2017).

2.2.5.3. Determinación de número de semillas por kilogramo

Se expresa como el número de semillas puras por unidad de peso, en este caso kilogramo. Para determinar el número de semillas por kilogramo; de la muestra usada para el análisis de pureza se separa ocho submuestras de 100 semillas puras y se pesa cada submuestra individualmente en gramos con aproximación a uno o dos decimales (ISTA, 2017).

2.2.5.4. Análisis de la germinación

De acuerdo con ISTA (2017) la germinación es el surgimiento y desarrollo de una plántula, a tal punto en que el aspecto de sus estructuras indique que esta sea capaz de desarrollarse de forma satisfactoria en condiciones favorables en el campo.

El porcentaje de germinación determina la proporción en número de semillas que han sido capaces de dar origen a una plántula clasificada como normal en un tiempo establecido. El análisis de germinación se debe hacer con una muestra de semillas puras, en los medios de cultivo permitidos por la norma, aplicando procedimientos para promover la germinación de semillas en estado latente según lo especificado por ISTA, en caso de utilizar sustancias químicas para la desinfección de las semillas se debe detallar en los resultados. Los resultados del análisis se

expresan como porcentajes de plántulas normales, anormales y semillas duras, frescas y muertas (ISTA, 2017).

2.2.5.5. Determinación del contenido de humedad

De acuerdo con ISTA (2017) el contenido de humedad de una muestra es la diferencia de entre el peso inicial de la muestra y el peso cuando se seca, expresado en porcentaje. ISTA plantea diferentes métodos para calcular el contenido de humedad los cuales están diseñados para eliminar la humedad de la muestra tanto como sea posible. Los resultados del análisis deben incluir: el método utilizado, su duración y temperatura.

2.2.5.6. Germinación

La germinación comprende una serie de procesos morfogénicos y metabólicos que tienen como resultado la transformación de un embrión en un ser autótrofo, inicia con la absorción de agua o imbibición de la semilla seca y madura, desencadenando un conjunto de procesos celulares y termina cuando la radícula o el eje embrionario, atraviesa las estructuras que envuelven la semilla, marcando el fin de la germinación y el inicio del crecimiento de la plántula (Rajjou et al., 2012; de Wit et al., 2016; Santos et al., 2011).

2.2.6. Factores que influyen en la germinación

2.2.6.1. Factores internos

Los principales factores internos que intervienen en la germinación son: la madurez y viabilidad de las semillas. Una semilla es considerada madura cuando ha completado su desarrollo morfológico y fisiológico. Por otro lado, la viabilidad de las semillas es el periodo durante el cual conservan su poder germinativo para dar origen a una plántula. Este periodo viable depende esencialmente del tipo de semilla y las condiciones de almacenamiento (García y Roselló, 2001).

2.2.6.2. Factores externos

Para que inicie el proceso germinativo son necesarias una serie de condiciones ambientales favorables como: humedad, temperatura adecuada, disponibilidad de oxígeno y nutrientes, y no debe haber sustancias inhibidoras presentes, sin embargo, las semillas viables de muchas especies son incapaces de germinar aun cuando la interacción de factores externos es favorable. Esto sucede cuando la semilla se encuentra en un estado de dormición o latencia (Taiz y Zeiger, 2006; de Wit et al., 2016, García y Roselló, 2001).

2.2.7. Dormición o latencia

El periodo de dormición o latencia de las semillas es un factor de bloqueo en una semilla viable, el cual le impide completar el proceso germinativo en condiciones favorables (Azcón y Talón, 2008). Una semilla durmiente no posee la capacidad de germinar en un período de tiempo concreto, a pesar de que existan las condiciones medioambientales que, en otras circunstancias favorecerían su germinación (García y Roselló, 2001).

Este factor se desarrolló como un mecanismo de adaptación, retrasa el inicio de la germinación de las semillas viables, les proporciona un tiempo adicional para que se dispersen a grandes distancias, de esta manera en condiciones adecuadas puede incrementarse la sobrevivencia de las plántulas, gracias a que evita que se lleve a cabo la germinación en condiciones adversas para su crecimiento (Taiz y Zeiger, 2006).

El estado de dormición de las semillas depende de sus características fisiológicas y morfológicas. Azcón y Talón (2008) proponen cinco tipos de dormición: fisiológica, morfológica, morfofisiológica, física y combinatoria. Taiz y Zeiger (2006) reconocen que existen dos tipos de latencia, la primera impuesta por la cubierta seminal y la segunda inducida por el embrión, por

otro lado, García y Roselló (2001) clasifican la latencia en tres grupos: exógena, endógena y latencia combinada.

Jarrín et al. (2001) en su estudio determinaron que la testa de la semilla de *Hieronyma macrocarpa* actúa como una barrera física, la cual retarda la emergencia del embrión y por ende el desarrollo de la plántula.

2.2.7.1. Latencia impuesta por la cubierta seminal

Denominada también latencia exógena, la dormición del embrión impuesta por la anatomía de la cubierta del embrión u otros tejidos que lo encierran. Los embriones de estas semillas iniciarán su proceso germinativo sin problema una vez que la cubierta haya sido eliminada o debilitada (Taiz y Zeiger, 2006). En este tipo de latencia, la cubierta presenta cinco mecanismos para inhibir la germinación: impermeabilidad al agua, interferencias para el intercambio gaseosos, resistencia mecánica a la penetración de la radícula, retención o producción de hormonas y sustancias inhibitoras (Werker, 1980; García y Roselló, 2001; Taiz y Zeiger, 2006).

2.2.7.2. Latencia inducida por el embrión

Denominada también latencia endógena, está determinada por las características: anatómicas, fisiológicas y morfológicas propias del embrión, en este caso el embrión es incapaz de germinar incluso en condiciones favorables (Taiz y Zeiger, 2006; García y Roselló, 2001).

2.2.8. Tratamientos pregerminativos

Los tratamientos pregerminativos son procedimientos que se aplican para romper la latencia de las semillas, estos métodos varían de acuerdo con el tipo de latencia que posee la semilla, los tratamientos más comunes son:

2.2.8.1. Estratificación

La escarificación se emplea para romper la latencia inducida por el embrión, consiste en colocar las semillas en capas o estratos húmedos, como arena, el periodo de estratificación varía según la especie. La estratificación fría es aquella que se realiza a temperaturas bajas (0 a 10 °C) y la escarificación cálida a temperaturas altas (22 a 30 °C) (Varela & Arana, 2011).

2.2.8.2. Escarificación

Algunas especies forestales no germinan debido a la latencia impuesta por la cubierta seminal, este tratamiento consiste en alterar o debilitar físicamente la estructura de la cubierta, provocando su ablandamiento, haciéndola permeable sin dañar el embrión. La escarificación puede ser de dos tipos: mecánica y química (Doll et al., 2013; Werker, 1980).

La escarificación mecánica consiste en debilitar la cubierta seminal, mediante el uso de lijas, limas, pinzas o martillo. Por otro lado, la escarificación química consiste en remojar las semillas por un breve periodo en compuestos químicos, este periodo de tratamiento varía según la especie (Viveros et al., 2015).

2.2.8.3. Lixiviación

Se basa en remojar las semillas en agua corriente o cambiando de agua con frecuencia, con el objetivo de remover los inhibidores químicos presentes en la cubierta. Este tratamiento es empleado para debilitar la testa. El tiempo de remojo puede variar de acuerdo a la composición de la cubierta seminal (Doll et al., 2013; Werker, 1980; Varela y Arana, 2011).

2.2.8.4. Inmersión

La inmersión consiste en sumergir las semillas en agua caliente con la finalidad de ablandar la semilla y romper la latencia impuesta por la cubierta, sin causar daños al embrión, el tiempo de

inmersión varía de acuerdo con el tipo de semilla, lo recomendable es entre dos a cinco minutos (González y Mendoza, 2008).

2.2.8.5. Hormonas o estimuladores químicos

Se basa en la aplicación de compuestos que estimulan la germinación: entre los más usados están: ácido giberélico, citoquininas, nitrato de potasio, etileno, entre otros. La concentración de la sustancia y el tiempo de remojo dependen del tipo de semilla (Varela y Arana, 2011).

2.2.9. Sustratos

El sustrato es el material físico diferente del suelo, mineral u orgánico, que brindará soporte y nutrientes para el desarrollo inicial de la planta (Pastor, 1999). El tipo de sustrato utilizado en la propagación de plantas es un factor que influye significativamente en la uniformidad del proceso germinativo, en el desarrollo de raíces y en el crecimiento de las plántulas (Alvarado y Solano, 2002).

Un sustrato es un sistema en el cual se encuentran en interacción constante; el agua, el oxígeno y los nutrientes, de esta dinámica depende la densidad de raíces, el desarrollo de la plántula y la uniformidad de la germinación (Valenzuela, 2015).

La selección de los componentes y proporción del sustrato depende de varios factores que afectan el crecimiento de las plántulas, como: pH, capacidad de intercambio catiónico, salinidad, contenido de materia orgánica y factores operativos como costo, disponibilidad, facilidad de manejo, entre otros (Puerta et al., 2012).

2.2.9.1. Características del sustrato

Para garantizar sustratos con la calidad adecuada para el desarrollo de las plantas, es necesario conocer las propiedades físicas, químicas y biológicas de los componentes. Puerta et al. (2012) afirman que las características físicas determinan la calidad del sustrato, las características

físicas más relevantes son: densidad aparente, porosidad, retención de agua, porosidad, y dentro de las propiedades químicas el valor de pH y la capacidad de intercambio catiónico son las más importantes.

2.2.10. Investigaciones relacionadas

Jarrín et al. (2001) señalan que por medio de la escarificación mecánica de la cubierta de las semillas de *Hieronyma macrocarpa* se reduce significativamente el tiempo de emergencia del embrión y se obtiene un mayor porcentaje de germinación. En cuanto al medio de cultivo los autores señalan que en un sustrato con aserrín se logra una mayor tasa de germinación, posiblemente porque en este tipo de sustrato se tiene un mejor control de la humedad y una buena aireación, lo que evita la aparición de agentes patógenos que interfieran en el proceso germinativo.

Iglesias (2016) con la inmersión de las semillas de motilón en agua a 100 °C logró romper la latencia inducida por la cubierta y por ende disminuye el tiempo de germinación. Adicionalmente asegura que el sustrato capote de monte influye directamente en la emergencia y desarrollo de las plántulas, ya que posee altos contenidos de materia orgánica y nutrientes que favorecen el crecimiento de estas.

Benavides y Ruano (2018) al evaluar la germinación de *Hieronyma asperifolia*, especie morfológicamente muy similar a *H. macrocarpa*, señalan que, aunque aplicaron tratamientos pregerminativos no obtuvieron una tasa de germinación superior al 30%, por lo que sugieren aplicar diferentes tipos de sustratos y tratamientos para inducir la germinación de motilón.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del lugar

3.1.1. *Política*

La presente investigación tuvo lugar en tres escenarios:

- Sitio de estudio 1

La identificación y selección de árboles semilleros, y la recolección de semillas se realizó de árboles dispersos y de árboles en linderos en la propiedad del señor Silvio Hernández ubicada en el caserío El Chamizo, cantón Montufar, provincia del Carchi.

- Sitio de estudio 2

El análisis de semillas bajo procedimientos de la norma International Seed Testing Association (ISTA) (versión 6.0, 2017) se desarrolló en el laboratorio de maderas y xiloteca ubicado en la Granja Experimental Yuyucocha, parroquia Caranqui, cantón Ibarra, provincia de Imbabura.

- Sitio de estudio 3

La evaluación de tratamientos pregerminativos y sustratos se realizó en un vivero, en la propiedad del señor Segundo García ubicado en la parroquia Huaca, cantón San Pedro de Huaca, provincia del Carchi.

3.1.2. *Geografía*

- Sitio de estudio 1

La propiedad del señor Silvio Hernández se encuentra a 0°32'32,49'' latitud N, 77°46'14,65'' longitud W, a una altitud de 2 800 m s.n.m. (Anexo 1).

- Sitio de estudio 2

La Granja Experimental Yuyucocha, se encuentra a 00°21'53'' latitud N, 78°06'32'' longitud W, a una altitud de 2 243 m s.n.m.

- Sitio de estudio 3

El estudio a nivel de vivero en la parroquia Huaca se encuentra a 00°38'40,4'' latitud N, 77°43'37,8'' longitud W, a una altitud de 2 900 m s.n.m. (Anexo 1).

3.1.3. Datos climáticos

- Sitio de estudio 1

El cantón Montufar presenta un rango de temperatura que oscila entre 6 °C y 12 °C, con una precipitación media anual entre 1 000 y 1 500 mm, la distribución de la precipitación es relativamente regular durante todo el año, siendo los junio y septiembre los meses menos húmedos, con una humedad relativa del 87% (GAD Montúfar, 2015).

- Sitio de estudio 2

La Granja Experimental Yuyucocha presenta una precipitación media anual de 630mm, humedad relativa de 76% y temperatura media 17,6 °C (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], 2018).

- Sitio de estudio 3

La parroquia Huaca se presenta una temperatura media anual de 12 °C, con una precipitación anual entre 1 200 y 2 000 mm; presentando mayor precipitación en los meses de abril con 113 mm y noviembre con 109 mm, por el contrario, agosto con 36 mm y enero con 72 mm son los meses más secos, con una humedad relativa del 80% (GAD San Pedro de Huaca, 2019).

3.2. Materiales, equipos y software

Los materiales de campo y laboratorio, herramientas e insumos de vivero, equipos y software empleados en el desarrollo del estudio fueron:

3.2.1. *Materiales de campo*

- Cinta métrica
- Hoja de campo
- Machete
- Útiles de escritorio
- Lupa (10x, 20x)
- Tijera podadora
- Podadora aérea
- Fundas zipper
- Gaveta

3.2.2. *Herramientas e Insumos de Vivero*

- Desinfectante de suelo y semillas
- Fundas de polietileno (4x7)
- Manguera para riego o regadera
- Bomba de mochila
- Pala, azadón
- Carretilla
- Malla polisombra
- Plástico
- Estacas

- Tamiz
- Componentes del sustrato (tierra negra, arena, cascarilla de arroz, abono orgánico)

3.2.3. *Materiales de laboratorio*

- Cajas Petri
- Bisturí
- Papel aluminio

3.2.4. *Equipos*

- Cámara fotográfica
- Balanza electrónica
- Estufa
- Hipsómetro de Suunto
- GPS Garmin

3.2.5. *Software*

- Microsoft Office 2016
- UTM Geo Map
- InfoStat
- ArcGis 10.5
- Google Earth Pro

3.3. Metodología

3.3.1. *Universo*

Se identificaron individuos de la especie *Hieronyma macrocarpa* en la propiedad del señor Silvio Hernández ubicada en el caserío El Chamizo, cantón Montúfar, provincia del Carchi.

3.3.2. *Unidad experimental*

Al tratarse de una investigación de tipo experimental se trabajó con unidades experimentales constituidas por 20 semillas y cuatro repeticiones por tratamiento a evaluar.

El tamaño de la unidad experimental se determinó en función del coeficiente de variación del peso de las semillas, se aplicó el método gráfico para verificar el punto en el que el coeficiente de variación entra en equilibrio y no disminuye significativamente.

3.3.3. *Muestreo*

Para obtener la unidad experimental se seleccionaron árboles de *Hieronyma macrocarpa* con características fenotípicas superiores, mediante un muestreo no probabilístico, aplicando la metodología de selección de Heredia y Hofstede (1999), adaptada por Ordoñez et al. (2001), en la cual se considera las características fenotípicas individuales de los árboles, simultáneamente con la de Lombardi et al. (2013) en la cual se evalúan las características dasométricas de los mismos.

3.3.4. *Diseño experimental*

El estudio se desarrolló bajo un Diseño Irrestricto al Azar (DIA) en arreglo factorial A x B, con cuatro niveles en cada factor.

3.3.5. *Factores y tratamientos*

Factor A: tratamientos pregerminativos.

- A1: escarificación mecánica (lija no 80, por 05 min)
- A2: inmersión en agua caliente (90-100 °C, por 10 min)
- A3: inmersión en agua fría (24 horas, cambio de agua cada 12 horas)
- A0: sin tratamiento pregerminativo.

Factor B: tipos de sustratos

- B1: tierra negra (80%) + arena (20%)
- B2: tierra negra (50%) + abono orgánico (50%)
- B3: tierra negra (70%) + cascarilla de arroz (30%)
- B4: tierra negra

Tabla 1*Tratamientos de estudio*

Tratamiento	Código	Descripción
T1	A1 B1	Escarificación mecánica (lija no 80, por 5 min) + tierra negra (80%) + arena (20%)
T2	A2 B1	Inmersión en agua caliente (90-100 °C, por 10 min) + tierra negra (80%) + arena (20%)
T3	A3 B1	Inmersión en agua fría (24 horas, cambio de agua a las 12 horas) + tierra negra (80%) + arena (20%)
T4	A0 B1	Sin tratamiento pregerminativo + tierra negra (80%) + arena (20%)
T5	A1 B2	Escarificación mecánica (Lija No 80, por 5 min) tierra negra (50%) + abono orgánico (50%)
T6	A2 B2	Inmersión en agua caliente (90-100 °C, por 10 min) tierra negra (50%) + abono orgánico (50%)
T7	A3 B2	Inmersión en agua fría (24 horas, cambio de agua a las 12 horas) tierra negra (50%) + abono orgánico (50%)
T8	A0 B2	Sin tratamiento pregerminativo tierra negra (50%) + abono orgánico (50%)

Continúa

Continuación

Tratamiento	Código	Descripción
T9	A1 B3	Escarificación mecánica (Lija No 80, por 5 min) + tierra negra (70%) + cascarilla de arroz (30%)
T10	A2 B3	Inmersión en agua caliente (90-100 °C, por 10 min) + tierra negra (70%) + cascarilla de arroz (30%)
T11	A3 B3	Inmersión en agua fría (24 horas, cambio de agua a las 12 horas) + tierra negra (70%) + cascarilla de arroz (30%)
T12	A0 B3	Sin tratamiento pregerminativo + tierra negra (70%) + cascarilla de arroz (30%)
T13	A1 B4	Escarificación mecánica (Lija No 80, por 5 min) + tierra negra
T14	A2 B4	Inmersión en agua caliente (90-100 °C, por 10 min) + tierra negra
T15	A3 B4	Inmersión en agua fría (24 horas, cambio de agua a las 12 horas) + tierra negra
T16	A0 B4	Sin tratamiento pregerminativo + tierra negra

Nota. La tabla indica la codificación de los 16 tratamientos de estudio y sus características.

3.3.6. Características del experimento:

Las características del experimento fueron las siguientes:

- Número total de tratamientos: 16
- Numero de repeticiones: 4
- Número de unidades experimentales: 64
- Número de semillas por unidad experimental: 20 semillas

3.4. Distribución de los tratamientos

En la Tabla 2 se presenta la distribución de los tratamientos en campo, de acuerdo a lo establecido en el diseño experimental.

Tabla 2

Distribución de las unidades experimentales en vivero

Platabanda 1			Platabanda 2		
T9 IV	T2 II	T10 II	T12 IV	T7 I	T11 I
T8 IV	T15 II	T16 IV	T5 III	T3 I	T14 II
T4 II	T6 III	T7 III	T8 III	T10 IV	T1 II
T13 III	T12 I	T16 II	T14 IV	T6 I	T8 I
T3 II	T14 III	T1 I	T11 II	T9 I	T15 III
T10 I	T9 II	T13 IV	T15 IV	T13 II	T7 II
T5 II	T16 III	T4 I	T3 IV	T2 I	T12 III
T11 III	T4 IV	T8 II	T6 IV	T1 IV	T9 III
T2 IV	T5 I	T14 I	T11 IV	T6 II	T3 III
T10 III	T1 III	T12 II	T7 IV	T2 III	T15 I
T13 I	T5 IV	T4 III		T16 I	

3.5. Variables

3.5.1. Identificar y seleccionar árboles semilleros *Hieronyma macrocarpa*

Las variables determinantes en campo para la selección de los árboles fueron: parámetros cuantitativos; altura total y diámetro a la altura del pecho, y parámetros cualitativos; rectitud del fuste, altura de bifurcación, ángulo de inserción de ramas, forma de copa, diámetro de copa, estado fitosanitario y estado fenológico.

3.5.1.1. Parámetros cuantitativos

- **Diámetro a la altura de pecho (DAP)**

Se midió el diámetro del fuste empleando una cinta métrica a 1,30 metros del nivel del suelo.

- **Altura total**

Se midió con ayuda de un hipsómetro Suunto, situándose a una distancia de 10 metros desde la base del árbol.

3.5.1.2. Parámetros cualitativos

En el análisis cualitativo se tomó en cuenta los siguientes parámetros y puntajes:

Tabla 3

Parámetros cuantitativos para la selección de árboles semilleros

Parámetro	Puntaje
Rectitud de fuste	6 recto
	4 ligeramente torcido
	2 torcido
	1 muy torcido
Altura de bifurcación	6 no bifurcado
	4 bifurcado 1/3 superior
	2 bifurcación 1/3 medio
Ángulo de inserción de ramas	1 bifurcación 1/3 inferior
	1 de 0 a 30°
	2 de 0 a 60°
	3 de 60 a 90°

Continúa

Continuación

Parámetro	Puntaje
Forma de la copa	6 circular
	5 circular irregular
	4 medio círculo
	3 menos de medio círculo
	2 pocas ramas
Diámetro de la copa (promedio)	1 principalmente rebrotes
	7 copa vigorosa ≥ 10 m
	3 copa promedio entre 10 y 5m
	1 copa pequeña, \leq de 5 m.

Nota. La tabla detalla los parámetros cualitativos utilizados para la evaluación y selección de árboles semilleros. Fuente: (Heredia y Hofstede, 1999) adaptada por (Ordóñez et al., 2001).

Para la síntesis de los resultados obtenidos en los parámetros cualitativos (evaluación fenotípica), los árboles fueron agrupados en tres clases de acuerdo a su puntaje como se observa en la tabla 4.

Tabla 4*Evaluación cuantitativa para la agrupación de árboles semilleros*

Clase	Puntaje	Condiciones
1	28 - 24	Árboles excelentes, con fustes ligeramente torcidos, sin bifurcaciones en la parte inferior, estado fitosanitario bueno, sanos y vigorosos.
2	23 - 19	Árboles buenos, fuste ligeramente torcido, con bifurcaciones en la parte media del fuste, que presente un estado fitosanitario bueno.
3	18 - 14	Árboles indeseables, suprimidos, enfermos y muy torcidos, con defectos en el fuste, dichos parámetros no pueden ser considerado como árbol semillero.

Nota. En la tabla se describen las condiciones para la agrupación de los árboles semilleros evaluados en clases de acuerdo a su puntaje. Fuente: (Heredia y Hofstede, 1999) adaptada por (Ordóñez et al., 2001).

3.5.2. Analizar las semillas de *Hieronyma macrocarpa* bajo procedimientos de la norma International Seed Testing Association (ISTA)

3.5.2.1. Porcentaje de pureza

El cálculo del porcentaje de pureza se lo determinó con el peso en gramos de la muestra original y el peso en gramos de la semilla libre de impurezas, mediante la fórmula:

$$\text{Porcentaje de pureza} = \frac{\text{peso de la semilla pura}}{\text{peso de la muestra original}} \times 100$$

Ec. 1

3.5.2.2. Número de semillas por kilogramo

El número de semillas por kilogramo se lo obtuvo mediante el peso de las semillas puras del análisis de pureza, empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Número de semillas por kg} = \frac{100 * 1000}{\text{peso de 100 semillas}}$$

Ec. 2

3.5.2.3. Contenido de humedad

El contenido de humedad se lo determinó mediante el peso inicial en gramos de la semilla y el peso en gramos de la semilla secada en horno a una temperatura constante de 103 °C por 17 horas,

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso en seco}}{P \text{ inicial}} \times 100$$

Ec. 3

3.5.2.4. Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación se lo calculó mediante el empleo de la siguiente fórmula.

$$\text{Porcentaje de germinación} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número de semillas sembradas}} \times 100$$

Ec. 4

3.5.3. *Determinar el mejor tratamiento pregerminativo y sustrato para la propagación de Hieronyma macrocarpa*

Los datos primarios de germinación se obtuvieron mediante el conteo del número de semillas germinadas por día, el registro de estos datos se lo realizó en la matriz del Anexo 4. Para determinar el mejor tratamiento pregerminativo y sustrato, se analizó los resultados de germinación mediante las siguientes variables:

3.5.3.1. Tiempo de latencia

Representa el tiempo necesario para el inicio de la germinación, demuestra el efecto de los tratamientos en el rompimiento de la latencia (Come, 1968).

3.5.3.2. Coeficiente de velocidad de germinación

Se basa en el número de semillas germinadas inversamente relacionado con el tiempo y el número de semillas germinadas por día (Kotowski, 1926).

$$CV = \frac{\sum n_i}{\sum (n_i t_i)} \times 100$$

Ec. 5

Donde:

CV= coeficiente de velocidad.

n= número de semillas germinadas el día i.

t_i= número de días desde la siembra.

3.5.3.3. Índice de velocidad de germinación

Es la relación entre el número de semillas germinadas y el tiempo de germinación (Maguire, 1962).

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

Ec. 8

Donde:

M= velocidad de germinación

n_i= número de semillas germinadas el día i.

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

Adicionalmente se analizó la germinación mediante los siguientes métodos descriptivos:

3.5.3.4. Gráficas de capacidad de germinación

Describe el número final de semillas germinadas o el porcentaje final de germinación en función de cada tratamiento (González y Orozco, 1996).

3.5.3.5. Gráficas de germinación diaria

Muestran el número de semillas que germinaron cada día, describe la distribución de la germinación en el tiempo (González y Orozco, 1996).

3.5.3.6. Gráficas de germinación acumulada

Muestran la máxima capacidad de germinación y el tiempo (día) en que se alcanza, la forma en que se incrementa la germinación, y su tiempo de inicio (González y Orozco, 1996).

3.5.3.7. Gráficas de germinación en el tiempo

Consiste en dividir la muestra de semillas en poblaciones porcentuales, tomando como 100% el número de semillas sembradas en cada tratamiento (González y Orozco, 1996).

3.5.3.8. Gráficas de la capacidad de germinación en el tiempo

Representa gráficamente el tiempo necesario para alcanzar el 25, 50, 75 y 100% de germinación acumulada, del total de semillas germinadas (González y Orozco, 1996).

3.6. Análisis estadístico

Para el primero y segundo objetivo se realizó estadísticas descriptivas de las variables estudiadas, en el tercer objetivo se determinó que los datos cumplan con los supuestos paramétricos de Normalidad (Prueba de Shapiro Wilks; $p\text{-valor} \geq 0,05$) y Homocedasticidad (Prueba de Levene; $p\text{-valor} \geq 0,05$).

A los datos que cumplieron con los supuestos paramétricos se aplicó el Análisis de la Varianza, en los casos que hubo diferencias significativas entre los tratamientos, se aplicó la prueba

de Tukey con un $\alpha = 0,05$, en los casos que no cumplieron los supuestos se aplicó la prueba de Kruskal Wallis un $\alpha = 0,05$.

3.7. Instalación del experimento

El experimento se instaló siguiendo cronológicamente los siguientes pasos:

3.7.1. Selección de árboles semilleros

Para la selección de árboles semilleros se evaluó en campo las variables: altura total, diámetro a la altura del pecho, rectitud de fuste, altura total, diámetro, área basal, altura de bifurcación, ángulo de intersección de, forma de copa, diámetro de copa, estado fitosanitario y estado fenológico. Los datos se registraron en la matriz del Anexo 3.

3.7.2. Recolección de las semillas

El protocolo para la obtención de las semillas se lo desarrolló de acuerdo con lo propuesto por Di Sacco et al. (2020):

- Planificación y preparación de materiales, equipos para la recolección y permisos de acceso.
- Recolección de las semillas e información asociada.
- Las semillas recolectadas fueron almacenadas en fundas zipper, separadas y etiquetadas de acuerdo con cada fuente semillera.
- El transporte se lo realizó en contenedores o gavetas, es importante resaltar que, por las características del fruto se mantuvo una buena ventilación en los recipientes de almacén, para no amenazar la viabilidad de las semillas.
- Manejo postcosecha de las semillas; extracción de la pulpa, lavado, secado a media sombra y almacenamiento en recipientes herméticos a temperatura ambiente de aproximadamente 12 °C.

3.7.3. Adecuación del sitio

El ensayo fue establecido bajo plástico blanco y malla sarán, colocados a una altura de dos metros, adicionalmente se colocó un cerramiento con malla sarán para evitar el ingreso de animales que pudieran afectar el desarrollo del estudio.

3.7.4. Preparación del sustrato

En la preparación del sustrato se emplearon cuatro componentes: tierra negra, arena, abono orgánico y cascarilla de arroz, en cuatro diferentes combinaciones:

- **Sustrato 1:** 80% tierra negra + 20% arena.
- **Sustrato 2:** 50 % tierra negra + 50% abono orgánico
- **Sustrato 3:** 70% tierra negra + 30% cascarilla de arroz.
- **Sustrato 4:** 100% tierra negra.

3.7.5. Desinfección del sustrato

Para la desinfección del sustrato se aplicó, con ayuda de una bomba de mochila; una solución de 15 ml de Nockeo más 20 g de Novak por cada 10 L de agua, posteriormente se cubrió el sustrato con un plástico negro por 48 horas para asegurar su desinfección.

3.7.6. Enfundado y distribución en vivero

Se llenaron en total 1 280 fundas de polietileno de color negro, de 4 x 7 pulgadas, 320 fundas por cada tipo de sustrato, realizando una ligera compactación para evitar la formación de bolsas de aire que afecten el desarrollo de las raíces.

Las fundas llenas se distribuyeron en las 64 unidades experimentales, adicionalmente se colocaron letreros de identificación en cada unidad experimental para diferenciar los tratamientos y facilitar la toma de datos diarios.

3.7.7. Aplicación de tratamientos pregerminativos

Para efectos del presente estudio se aplicaron tres tratamientos pregerminativos además del tratamiento considerado sin tratamiento (testigo).

3.7.7.1. Escarificación mecánica

Con ayuda de una lija de grano 80 se desgastó la cubierta de la semilla por cinco minutos, el lijado se realizó de manera uniforme, evitando causar daños al embrión el cual está adherido a la testa.

3.7.7.2. Inmersión en agua caliente

Se calentaron dos litros agua destilada hasta alcanzar una temperatura de aproximadamente 90 °C, se eliminó la fuente de calor y se remojaron las semillas durante 10 minutos, pasado el tiempo de remojo se procedió a sembrar.

3.7.7.3. Inmersión en agua fría

Se remojaron las semillas en dos litros de agua destilada a temperatura ambiente por un lapso de 24 horas, realizando un cambio de agua a las 12 horas.

3.7.7.4. Sin tratamiento

Este tratamiento está considerado como referencia con el cual se compararán los resultados de los otros tres tratamientos.

3.7.8. Desinfección de las semillas

Una vez aplicados los tratamientos pregerminativos, las semillas fueron desinfectadas con vitabax.

3.7.9. Siembra en vivero

Antes de la siembra se regó el sustrato para que tenga suficiente humedad, posteriormente mediante lo establecido en el diseño experimental del estudio, se colocó las semillas en las fundas ya distribuidas, a una profundidad del doble de su tamaño y se cubrió con el mismo sustrato.

3.7.10. Labores culturales después del establecimiento

3.7.10.1. Riego

Los riegos se realizaron mediante el uso de una bomba de mochila, dos veces al día; en la mañana y en la tarde.

3.7.10.2. Deshierbe

La eliminación de malezas se realizó las veces que fueron necesarias, para evitar la competencia por nutrientes.

3.7.10.3. Control fitosanitario

Se realizó las veces que fueron necesarios ante la presencia de organismos patógenos

3.7.10.4. Seguimiento diario

Se registró el número de semillas germinadas diariamente mediante la matriz del Anexo 4.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

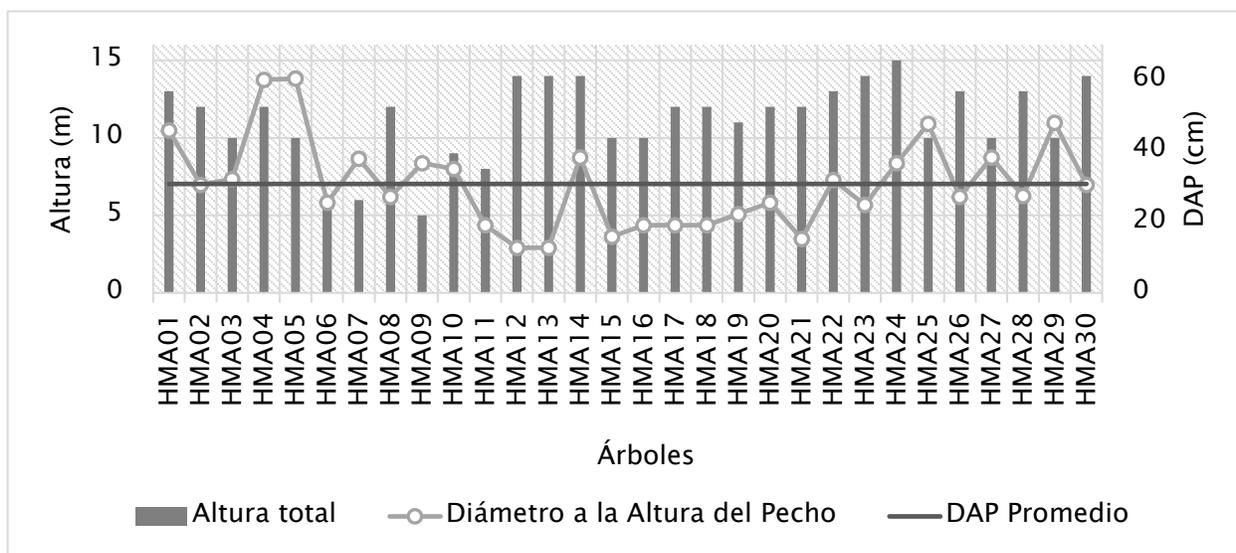
4.1. Identificación y selección de árboles semilleros de *Hieronyma macrocarpa*.

Se evaluaron un total de 30 árboles de *Hieronyma macrocarpa*, los cuales fueron codificados, etiquetados y georreferenciados como se muestra en el Anexo 2.

Los individuos seleccionados se encuentran en un rango altitudinal que va desde los 2 752 hasta los 2 813 m s.n.m., estos presentaron un promedio de 11,2 m de altura y 30,75 cm de diámetro a la altura del pecho (1,30 m), como se observa en la Figura 1.

Figura 1

Parámetros cuantitativos evaluados



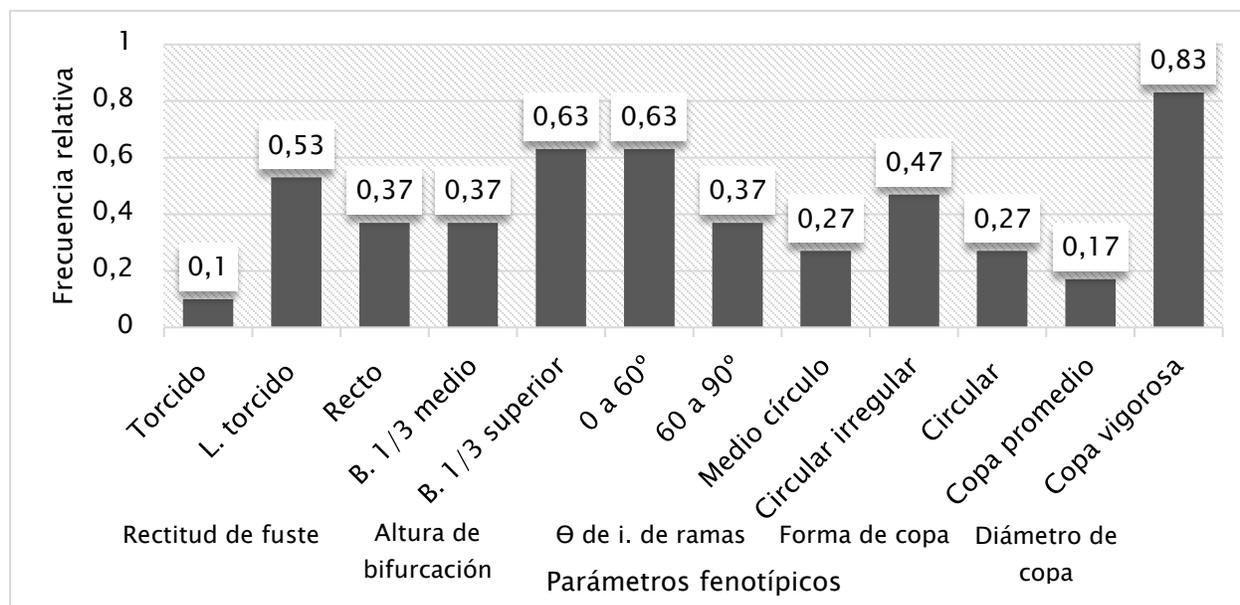
Nota. Datos de altura y diámetro a la altura del pecho por árbol evaluado.

De acuerdo a los parámetros fenotípicos (Anexo 3) el 53,3% de los árboles presentaron un fuste ligeramente torcido; el 63,3% presentó un fuste fuertemente bifurcado en el tercio superior. En el ángulo de inserción se observó ángulos que van desde 30° a 90°, obteniendo una ponderación

de 2 a 3 puntos. En la forma de la copa el 46,7% de los individuos se comportaron de manera similar en el orden 5, correspondiente a circular irregular, en cuanto al diámetro de copa el 83,3% de los árboles presentó una copa vigorosa (Figura 2).

Figura 2

Parámetros cualitativos de los árboles evaluados



Nota. Distribución de frecuencias de los parámetros fenotípicos (cualitativos) de los individuos de *H. macrocarpa* evaluados.

Con respecto al estado fitosanitario, todos los individuos estaban sanos, sin presencia de plagas o enfermedades, al momento de la evaluación, los individuos se encontraban en estado de fructificación.

La suma total del puntaje obtenido en cada uno de los parámetros fenotípicos indica que el 33,3% de los individuos se encuentran en la clase uno (árboles excelentes), mientras que el 46,7% pertenecen a la clase dos (árboles buenos) y el 20% restante se encuentra en la clase tres (árboles

indeseables). Ordóñez et al. (2005) indican, para obtener semillas de buena calidad los individuos de las clases uno y dos son ideales para ser fuentes semilleras, en efecto, en la presente investigación el 80% de los individuos fueron considerados como árboles semilleros.

El análisis de correlación (Anexo 5) muestra que existe asociación lineal positiva moderada entre las variables: altura total - altura de bifurcación; altura total - forma de copa; rectitud de fuste - altura de bifurcación; forma de copa - diámetro de copa, mientras que entre las variables restantes el coeficiente de correlación (Pearson) mostró valores que van desde -0,32 (relación lineal negativa débil) hasta 0,00 (nula) - 0,44 (relación lineal positiva débil).

La división de árboles semilleros en clases de acuerdo a sus características fenotípicas sobresalientes permite conocer la proveniencia de la semilla según los fines forestales que se les atribuyan (Maldonado, 2015), los individuos de las clases uno son las más recomendables para la colecta de semillas, en ese sentido en el presente estudio los árboles semilleros seleccionados pertenecientes a la clase uno por sus características fenotípicas sobresalientes pueden ser tomados en cuenta como fuentes semilleras en proyectos de mejoramiento genético o plantaciones forestales con fines de comercialización.

Los individuos seleccionados que se encuentran en la clase dos, el 46,7% de los árboles semilleros seleccionados en el presente estudio, por su alto valor ecológico, pueden ser tomados en cuenta como fuentes de obtención de semillas a ser empleadas en proyectos con fines de restauración, recuperación de la cubierta vegetal, cercas vivas y otras actividades de importancia ecológica.

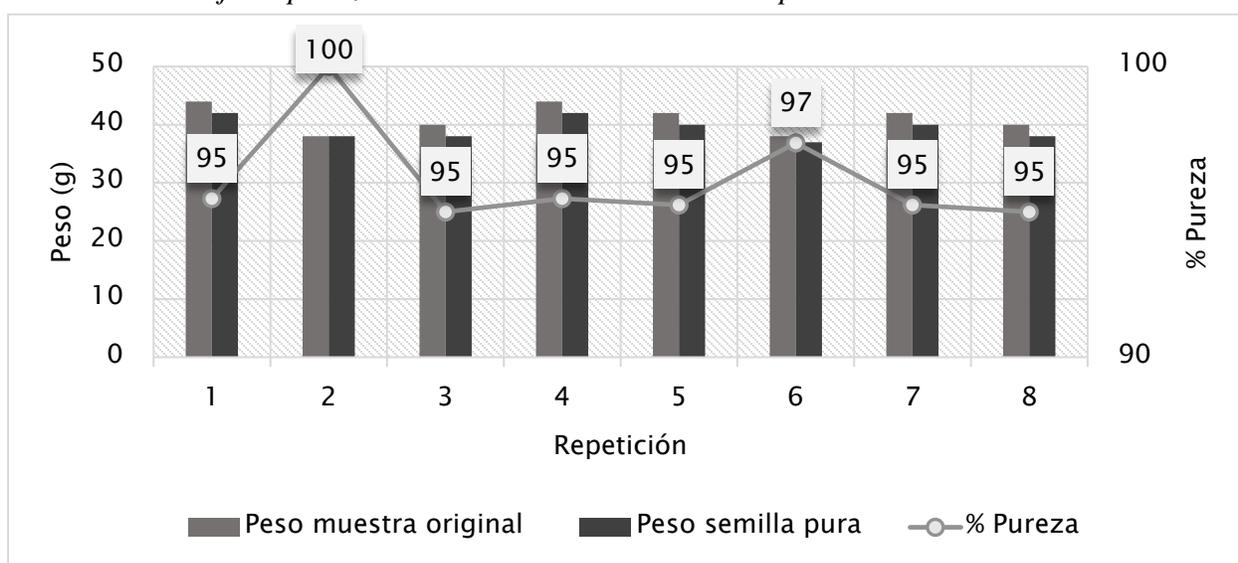
4.2. Análisis de las semillas de *Hieronyma macrocarpa* bajo procedimientos de la norma ISTA

4.2.1. Porcentaje de pureza

El porcentaje de pureza de las semillas de *H. macrocarpa* fue de 96%; en la repetición dos el 100% corresponde a semilla pura, mientras que los valores más bajos se obtuvieron en las repeticiones tres y nueve (Figura 3).

Figura 3

*Porcentaje de pureza de las semillas de *H. macrocarpa**



Nota. En la figura se observa el porcentaje de pureza por repetición de acuerdo a lo establecido en ISTA.

El porcentaje de pureza es similar al 94,8% obtenido por Alvarado y Encalada (2010) donde el análisis físico fue realizado con semillas de *H. asperifolia*, especie morfológicamente similar, con diferencias poco evidentes a *H. macrocarpa*.

Por otro lado, Quiroz (2019) calculó un porcentaje de pureza del 42% en semillas de *H. asperifolia*, en este caso, la autora consideró como impureza la pulpa del fruto y como semilla pura

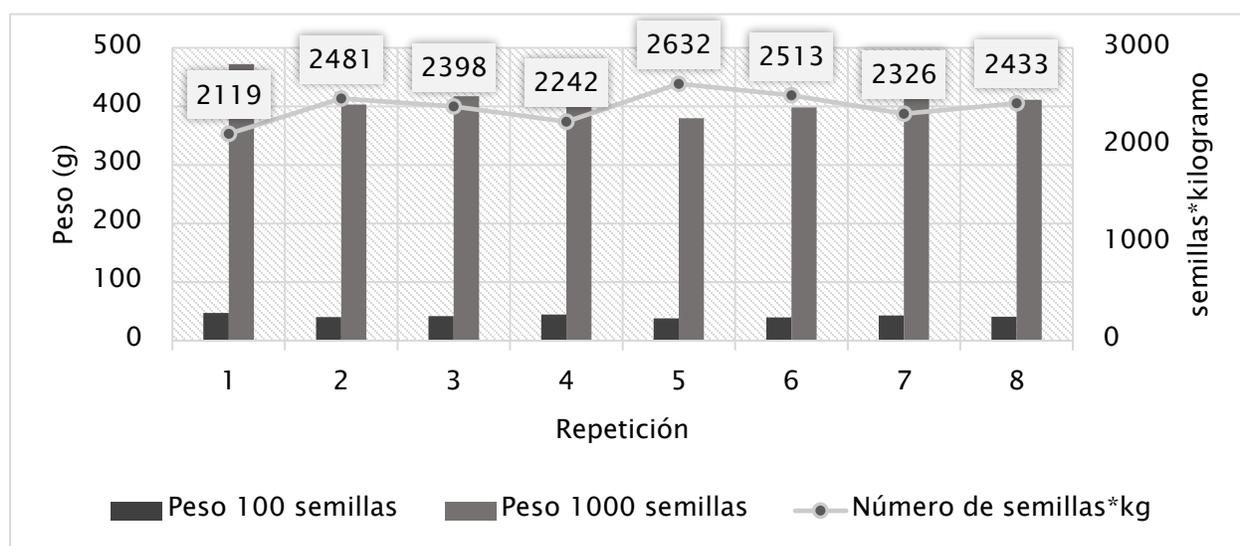
la semilla sin la pulpa, por esta razón los porcentajes obtenidos en las dos investigaciones mostraron valores diferentes.

4.2.2. Número de semillas por kilogramo

El coeficiente de variación del peso de las semillas reflejó un valor de 2,88%, este valor es inferior al máximo prescrito por ISTA (4%), lo que demostró que la muestra era homogénea y no fue necesario tomar nuevas muestras.

Figura 4

Numero de semillas por kilogramo de H. macrocarpa.



En la Figura 4 se muestran los resultados detallados del número de semillas por kilogramo por cada repetición, se definió que un kilogramo de semillas de *H. macrocarpa* contiene en promedio 2383,08 semillas; adicionalmente se observó que la repetición cinco presentó el mayor número de semillas por kilogramo.

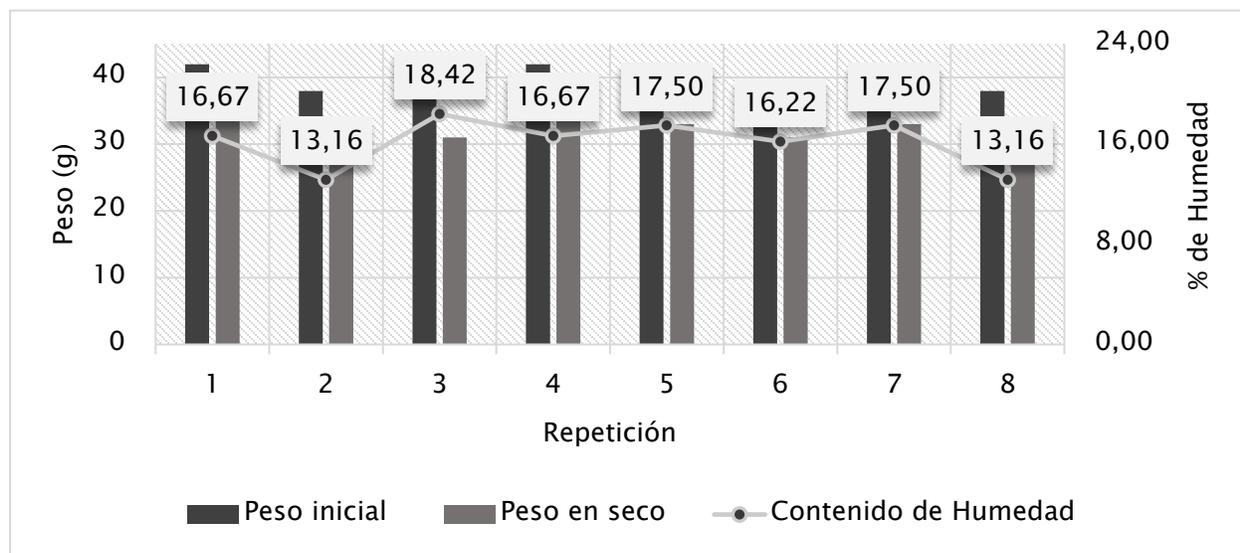
El resultado obtenido difiere de lo presentado por García y Morocho (2003) donde, obtuvieron 9800 semillas por kilogramo. Por otra parte, Alvarado y Encalada (2010) determinaron 2836,07 semillas por kilogramo de *Hieronyma asperifolia*.

4.2.3. Contenido de humedad

El contenido de humedad promedio de las semillas de *H. macrocarpa* fue de 16,14% (Figura 5).

Figura 5

Contenido de humedad de las semillas de H. macrocarpa.



El contenido de humedad obtenido discrepa del resultado de Quito y Yunga (2019) donde las semillas de *H. macrocarpa* presentaron 53,06% de humedad, la diferencia entre los resultados se debe a que las autoras realizaron el análisis físico de las semillas sin la cubierta seminal o endocarpio.

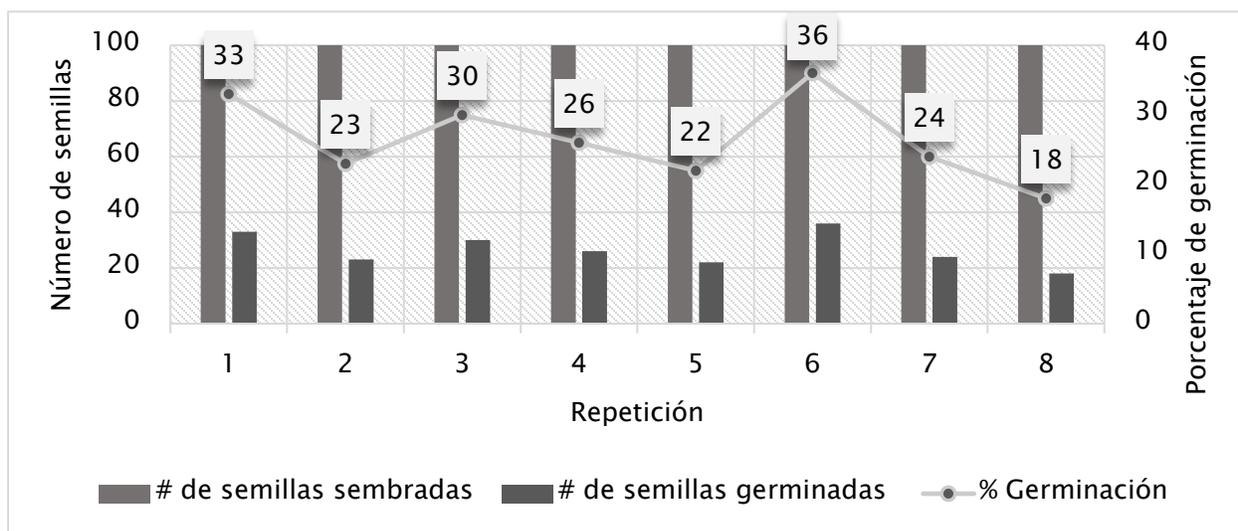
Por otro lado, el contenido de humedad de *H. macrocarpa* es similar a lo obtenido por Quiroz (2019) en un estudio realizado con semillas de *H. asperifolia*, las cuales presentaron 15,63% de humedad.

4.2.4. Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación promedio de *H. macrocarpa* fue de 26,5%, la repetición seis (36%) alcanzó el máximo valor, en otro sentido, la repetición ocho presentó 18% de germinación, siendo el valor más bajo (Figura 6).

Figura 6

Porcentaje de germinación de las semillas de H. macrocarpa.



Los resultados obtenidos son similares a los presentados por Quito y Yunga (2019) donde el porcentaje de germinación de *H. macrocarpa* fue de 30%, de igual manera Chicaiza (2018) obtuvo un porcentaje de germinación de 29% en semillas de *H. alchorneoides*.

4.3. Determinación del mejor tratamiento pregerminativo y sustrato para la propagación sexual de *Hieronyma macrocarpa*.

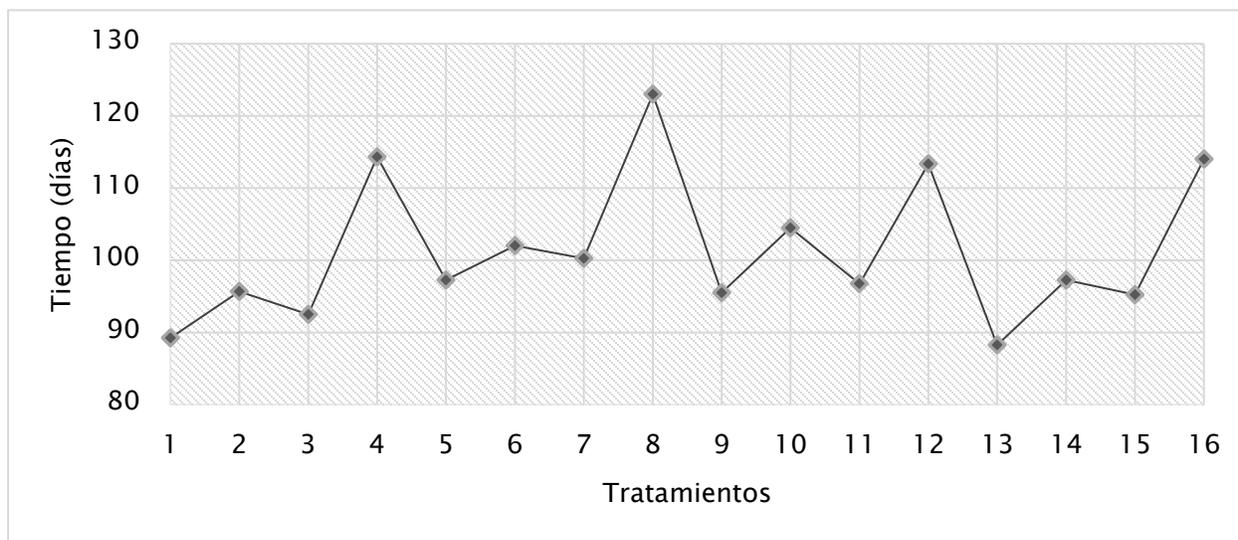
– Métodos analíticos

4.3.1. Tiempo de latencia

Las semillas presentaron menor tiempo de latencia en los tratamientos T1 (escarificación mecánica + tierra negra + arena) y T13 (escarificación mecánica + tierra negra) con 89 y 88 días respectivamente; en contraste con las semillas de los tratamientos de control, estas últimas necesitaron mayor tiempo para iniciar la germinación (Figura 7).

Figura 7

Tiempo de latencia para las semillas de Hieronyma macrocarpa.



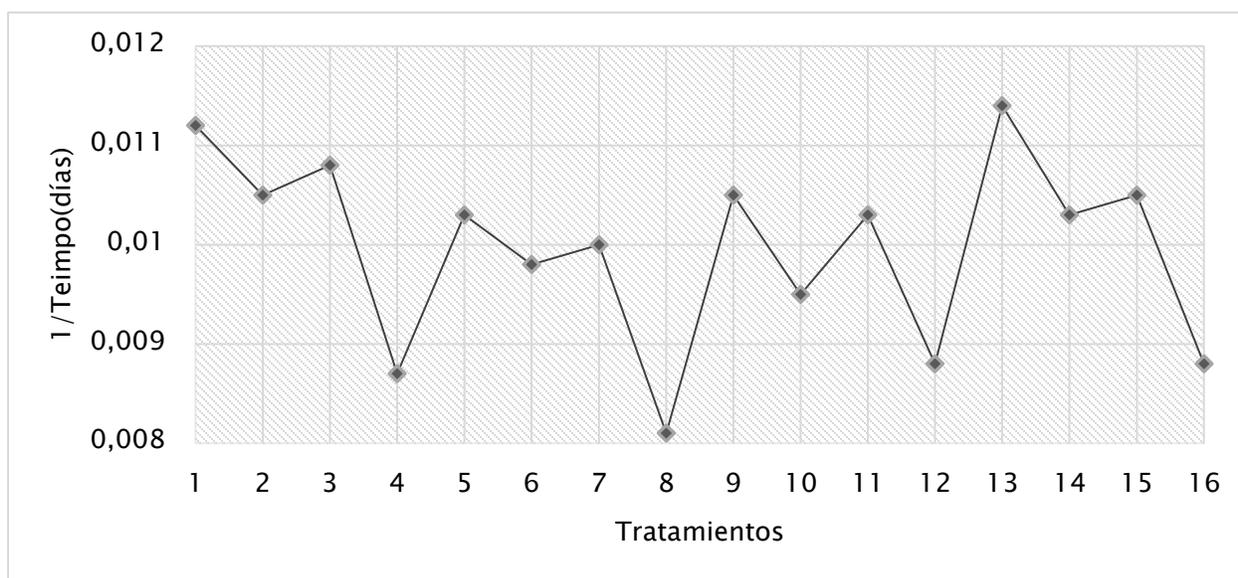
El coeficiente de variación reflejó un valor de 6,64%, los datos cumplen con los supuestos paramétricos de normalidad (Shapiro Wilks, p-valor = 0,6121), pero no con los de homocedasticidad de varianzas (Levene, p-valor = 0,0072), por ello se realizó una transformación de datos, sin embargo, no se logró cumplir con los supuestos de homocedasticidad y se procedió a analizar los datos mediante un análisis de la varianza no paramétrica utilizando la prueba de Kruskal Wallis con un $\alpha = 0,05$.

Mediante la prueba de medias (Anexo 6) se determinó que al menos uno de los tratamientos estudiados influyó significativamente en el comportamiento del tiempo de latencia, a partir de la prueba se reflejó que el tratamiento T13, con un tiempo de latencia de 88,25 días, fue el más efectivo para romper la latencia física de las semillas de *H. macrocarpa*.

González y Orozco (1996) señalan que las diferencias entre el tiempo de latencia se visualizan mejor cuando se grafica el inverso del tiempo, en el presente estudio se coincide con los autores, puesto que, los valores más altos representan menor tiempo necesario para el inicio de la germinación (Figura 8).

Figura 8

Inverso del tiempo para el inicio de la germinación de las semillas de H. macrocarpa.



En la presente investigación la germinación de las semillas de *H. macrocarpa* inició a los 88 días después de la siembra bajo el tratamiento T13, el tiempo de latencia obtenido discrepa del resultado de Jarrín et al. (2001) donde bajo el tratamiento de escarificación mecánica (lija No 80, por 05 min) las semillas rompieron la latencia a los 62 días, esta diferencia entre los tiempos de

latencia se debe probablemente a los factores climáticos de los sitios de estudio y a los componentes del sustrato.

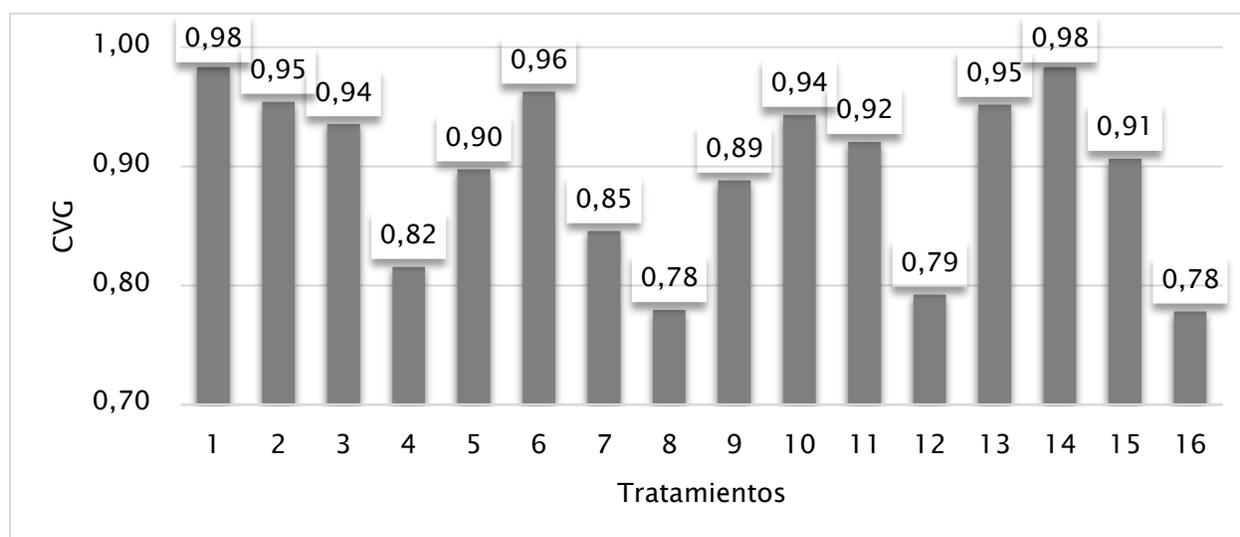
En el presente estudio bajo el tratamiento de inmersión en agua caliente, el tiempo de latencia fue de 100 días; en el estudio de Iglesias (2016) bajo el mismo tratamiento, la germinación inició 40 días, esto se debe posiblemente a la interacción entre los factores ambientales de los sitios de estudio. Además, las diferencias se deben a los tratamientos utilizados y al periodo de inmersión.

4.3.2. Coeficiente de velocidad de germinación (CVG)

El coeficiente de velocidad de germinación se comportó de forma similar en cinco tratamientos, donde el CVG osciló entre 0,95 y 0,98 en los tratamientos: T1, T14 (inmersión en agua caliente + tierra negra), T6 (inmersión en agua caliente tierra negra + abono orgánico), T2 (inmersión en agua caliente + tierra negra + arena) y T13; los tratamientos de control presentaron los valores más bajos (Figura 9).

Figura 9

*Coeficiente de velocidad de germinación de las semillas de *H. macrocarpa*.*



Los resultados del coeficiente de velocidad de germinación cumplen con los supuestos paramétricos de normalidad (Shapiro Wilks, p-valor = 0,201) pero no con los de homocedasticidad de varianzas (Levene, p-valor = 0,0251), por lo que se realizó una transformación de datos, pero no se logró la homocedasticidad deseada (Levene, p= 0,05) y se procedió a analizar los datos mediante el análisis de la varianza no paramétrica con la prueba de Kruskal Wallis con un $\alpha = 0,05$.

A partir de la prueba de medias (Anexo 7) se determinó que al menos uno de los tratamientos estudiados influyó significativamente en el comportamiento del coeficiente de velocidad de germinación de *H. macrocarpa*, los tratamientos de control (T4, T12, T8, T16) presentaron los valores más bajos, mientras que los tratamientos T1 y T14 presentaron el máximo CVG de 0,98%, lo cual permite inferir que los tratamientos pregerminativos aplicados incrementaron el coeficiente de velocidad de germinación de las semillas de *H. macrocarpa*.

Horak y Wax (1991) mencionan que los valores del coeficiente de velocidad de germinación alto indican incrementos en la germinación y mayor velocidad de germinación, en la presente investigación se presentaron dos resultados de distinta naturaleza, por un lado, hay coincidencia con los autores en los tratamientos de control, donde el CVG fue bajo, con un promedio de 0,79% en cambio, el T14 presentó un CVG de 0,98%, pero menor porcentaje de germinación.

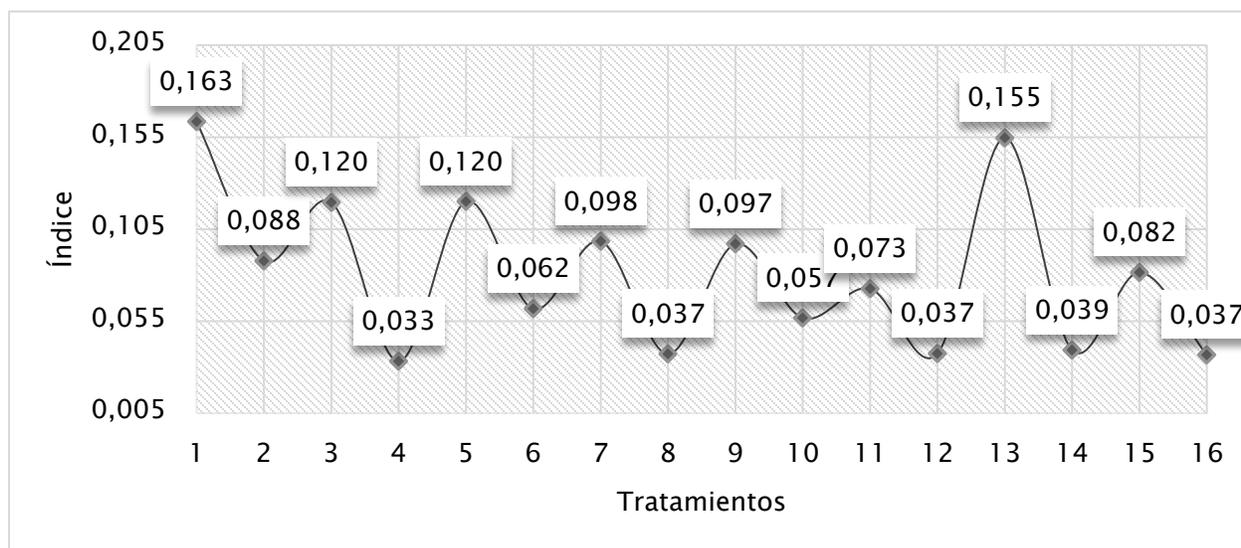
En el presente estudio la aplicación de tratamientos pregerminativos incrementó el CVG de forma significativa, siendo el T1 el que presentó el coeficiente más alto, estos resultados concuerdan con los obtenidos por Rodríguez (s.f.) en la germinación de *Hieronyma oblonga*, la autora sostiene que mediante la aplicación de tratamientos de escarificación con lija la germinación presentó mejores resultados y mayor velocidad de germinación.

4.3.3. Índice de velocidad de germinación (IVG)

Los valores del índice de velocidad de germinación fueron mayores para todos los tratamientos, en comparación con los tratamientos de control (T4, T8, T12, T16), registrando valores que van desde 0,039 hasta 0,163, en cambio los tratamientos de control presentaron un IVG de 0,033 y 0,037 (Figura 10).

Figura 10

Comportamiento del índice de velocidad germinación para las semillas de Hieronyma macrocarpa.



El coeficiente de variación reflejó un valor de 36,61%, se realizó una transformación de datos a raíz cuadrada y se logró un coeficiente de variación de 20,5%, los datos cumplen con los supuestos paramétricos de normalidad (Shapiro Wilks, p-valor = 0,4875) y homocedasticidad de varianzas (Levene, p-valor = 0,1498), por ello se procedió a realizar el análisis de varianza como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5

Análisis de varianza para el índice de velocidad germinación de las semillas de H. macrocarpa.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	0,32	15	0,02	6,56	<0,0001
Factor A: Tratamientos pregerminativos	0,25	3	0,08	26,47	<0,0001
Factor B: Tipos de sustratos	0,02	3	0,01	2,05	0,1216
Factor A*B	0,03	9	3,00E-03	0,95	0,4926
Error	0,13	41	3,20E-03		
Total	0,45	56			

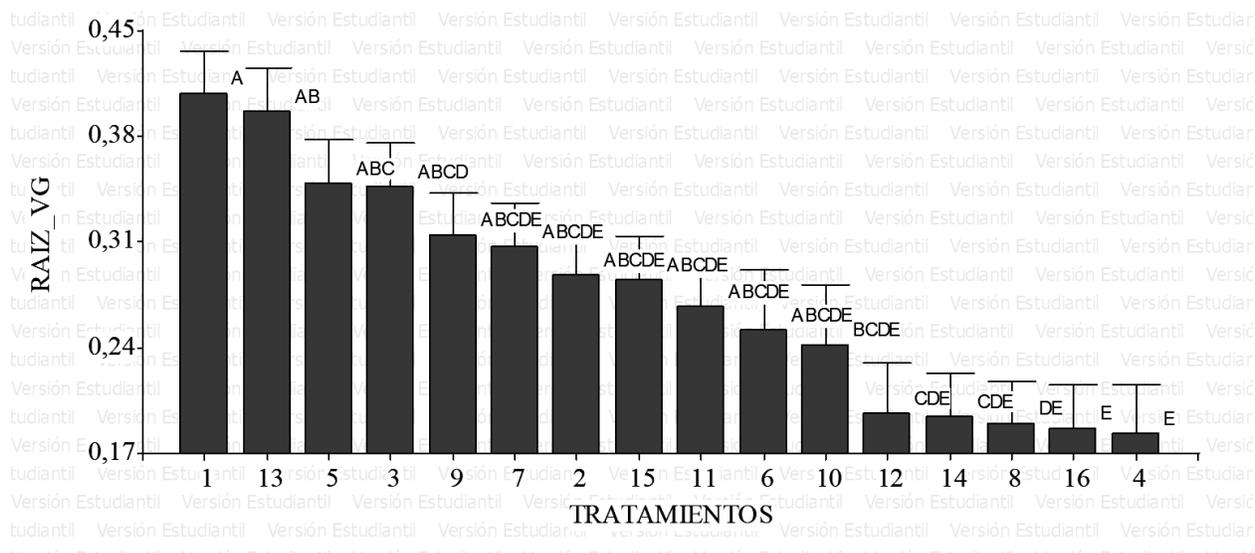
Nota. F.V: Fuente de Variación; SC: Suma de cuadrados; Gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculado.

El análisis de varianza reflejó diferencias altamente significativas entre los tratamientos estudiados y los niveles del factor A, por otro lado, los tipos de sustratos utilizados no son significativamente diferentes, esto indica que los sustratos no influyeron en el índice de velocidad de germinación de *H. macrocarpa*.

Mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) se determinó, el tratamiento T1 con un IVG de 0,163 semillas germinadas/día fue el tratamiento con el mejor efecto, le sigue el tratamiento T13 con una diferencia mínima; a excepción del T14, el resto de tratamientos presentaron un IVG mayor con respecto a los tratamientos de control (T4, T8, T12, T16) como se observa en la Figura 11.

Figura 11

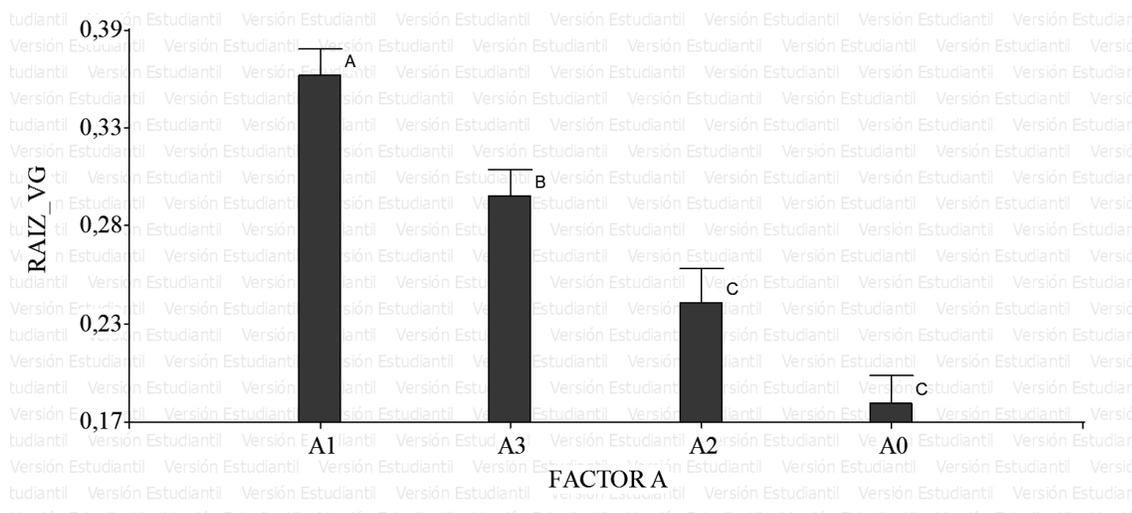
Comportamiento de los tratamientos del índice de velocidad germinación de H. macrocarpa a partir de la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$).



El ADEVA determinó la existencia de diferencias altamente significativas entre los niveles del factor A: tratamientos pregerminativos. Se aplicó la prueba de Tukey $\alpha = 0,05$ (Figura 12) para determinar el mejor tratamiento pregerminativo, mediante la cual se identificaron tres grupos, en el grupo A el nivel A1: escarificación mecánica; grupo B el nivel A3: inmersión en agua fría y grupo C los niveles A0: sin tratamiento pregerminativo y A2: inmersión en agua caliente.

Figura 12

Comportamiento de los niveles del factor A para el índice de velocidad de germinación de H. macrocarpa a partir de la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$).



El tratamiento A1: escarificación mecánica resultó ser el que presentó el índice de velocidad de germinación más alto en las semillas de *H. macrocarpa*.

En la presente investigación, el tratamiento de inmersión en agua caliente por 10 minutos no fue un tratamiento pregerminativo efectivo para incrementar el IVG de *H. macrocarpa*, resultado que no concuerda con lo señalado por Iglesias (2016) donde, bajo el tratamiento de inmersión en agua caliente por cinco minutos y manteniendo en inmersión las semillas durante 48 horas, el IVG fue de 0,57.

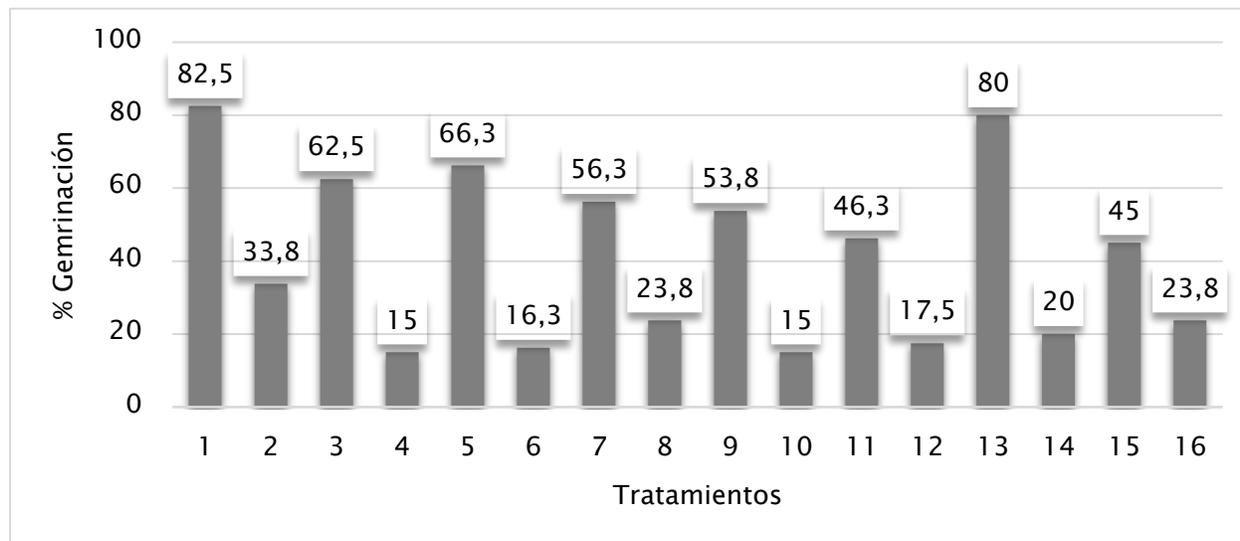
- **Métodos descriptivos**

4.3.4. Gráficas de capacidad de germinación

La capacidad germinativa de *H. macrocarpa* se incrementó en los tratamientos donde se aplicaron tratamientos pregerminativos, siendo esta entre 45% y 82,5% (Figura 13), a excepción de los de inmersión en agua caliente; marcando una notoria diferencia con respecto a los de control.

Figura 13

*Porcentaje de germinación de las semillas de *H. macrocarpa*.*



En la presente investigación los tratamientos T1 y T13 presentaron los porcentajes de germinación más altos, con valores de 82,5% y 80% respectivamente, los resultados obtenidos no concuerdan con los porcentajes de germinación presentados por Jarrín et al (2001) donde, al comparar varios tratamientos de escarificación, bajo el tratamiento con lija número 80 por cinco minutos se obtuvo 25,3% de semillas germinadas, la diferencia entre los porcentajes de germinación de *H. macrocarpa* puede deberse a varios factores ambientales que condicionaron la germinación.

En el presente estudio la aplicación de tratamientos pregerminativos incrementó significativamente el porcentaje de germinación, excepto el tratamiento de inmersión en agua caliente por 10 minutos, donde el máximo porcentaje se obtuvo en el T2, con 33,8%, mientras que, Iglesias (2016) bajo el tratamiento de inmersión en agua caliente por cinco minutos + capote de monte obtuvo 75,34%, por otro lado, Benavides y Ruano (2018) en el tratamiento de inmersión en

agua caliente por 20 horas + tierra negra + humus+ cascarilla de arroz obtuvieron 23,53% de germinación de *H. asperifolia*.

Aunque en el presente estudio no existieron diferencias significativas entre los tipos de sustratos empleados, se obtuvo el máximo porcentaje de germinación, de 82,5%, en un sustrato combinado por tierra negra y arena, Iglesias (2016) registró el máximo porcentaje de germinación, 75,34%, en un sustrato compuesto por capote de monte, el cual presentó similares propiedades químicas (Anexo 8) al compuesto por tierra negra y arena, usado en la presente investigación.

4.3.5. Gráficas de germinación diaria

La germinación diaria de las semillas de *H. macrocarpa* no se presentó de manera uniforme (Figuras 14 y 15). La germinación en los tratamientos de escarificación (T1, T5, T9, T13) inició entre los 86 y 90 días, para los tratamientos de inmersión en agua caliente (T2, T7, T10, T14) comenzó entre los días 89 y 103, en los tratamientos de inmersión en agua fría (T3, T6, T11, T15) el proceso germinativo inició entre los 90 y 94 días, finalmente en los tratamientos de control (T4, T8, T12, T16) comenzó entre los días 100 y 117.

Los mayores porcentajes de germinación se presentaron el día 99 bajo el T1 con 11,25% (Figura 14); el día 109 en el T5 con 11,25%; le sigue T13 con 7,5% en el día 89 y el T11 en el día 102 con 7,5% (Figura 15).

En el presente estudio la germinación diaria de las semillas de *H. macrocarpa* en el tratamiento T14 empezó el día 90 y finalizó el día 109, con un porcentaje de germinación de 20%, presentó mayor energía germinativa el día 105 con 6,25%; estos resultados difieren de los obtenidos por Iglesias (2016) donde la germinación inició el día 40 y terminó el día 99 bajo el tratamiento de inmersión en agua caliente, con un porcentaje de germinación de 75,34%, registró mayor energía germinativa el día 85 con 12%.

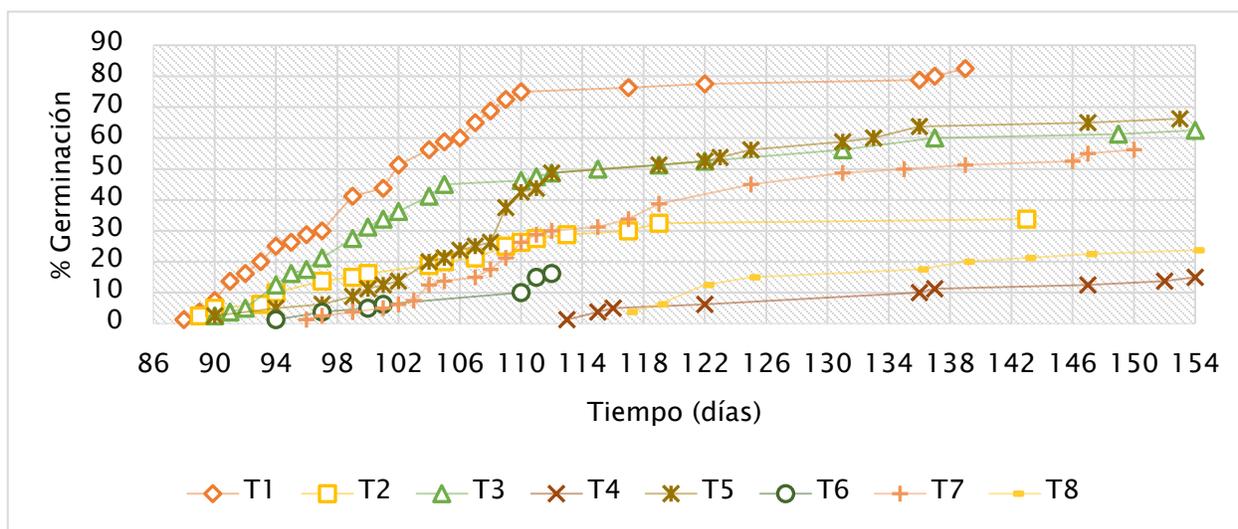
En la presente investigación la germinación de *H. macrocarpa* en el tratamiento T1 inició a los 86 días y finalizó a los 154 días con un porcentaje de 82,5%, el máximo porcentaje de germinación diaria se presentó en el día 99 con 11,25%, estos resultados son distintos a los obtenidos por Quiroz (2019) donde, las semillas de *H. asperifolia* bajo un tratamiento combinado de escarificación mecánica, inmersión en agua fría y aplicación de GA₃, iniciaron la germinación a los 49 días y culminaron a los 99 días, con un porcentaje de germinación de 72,82%, la máxima energía germinativa se presentó en el día 81 con 3,33%.

4.3.6. Gráficas de germinación acumulada

La máxima capacidad de germinación de las semillas de *H. macrocarpa* se alcanzó entre los 139 y 154 días en los tratamientos de escarificación (T1, T5, T9, T13), para los tratamientos de inmersión en agua caliente (T2, T6, T10, T14) se presentó entre los días 109 y 143 (Figuras 16 y 17).

Figura 16

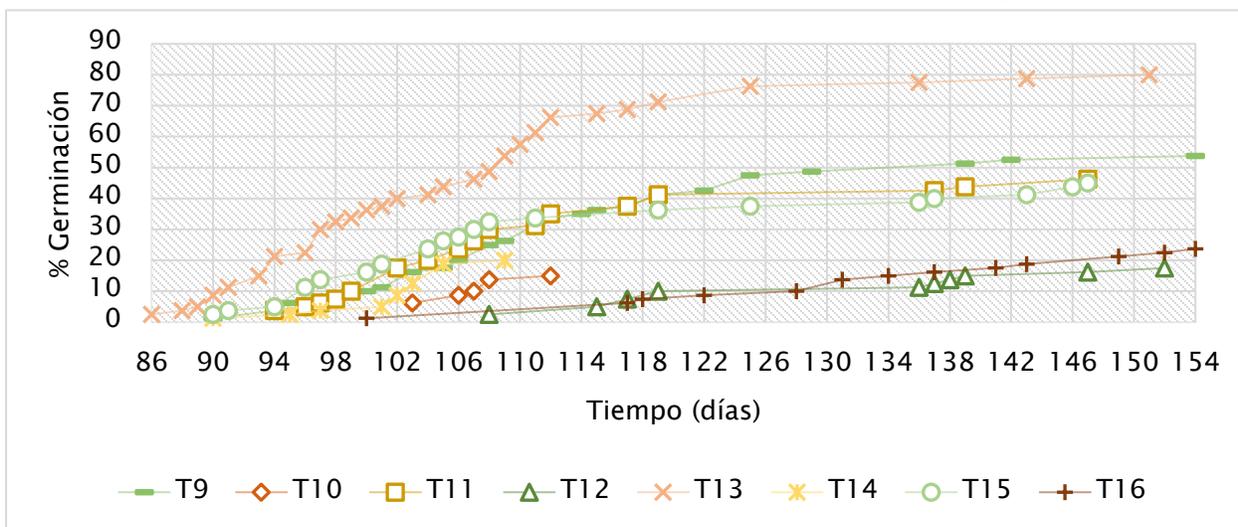
Porcentaje de germinación acumulada de las semillas de H. macrocarpa T1 – 18.



En los tratamientos de inmersión en agua fría (T3, T7, T11, T15) se alcanzó entre los 147 y 154 días, finalmente en los tratamientos sin tratamiento pregerminativo (T4, T8, T12, T16) la máxima capacidad germinativa se dio entre los 152 y 154 días (Figuras 16 y 17).

Figura 17

Porcentaje de germinación acumulada de las semillas de H. macrocarpa T9 – 16.



Entre las semillas que fueron sometidas a tratamientos pregerminativos, el tratamiento que alcanzó el máximo porcentaje de germinación acumulada fue el T1 con 82,5%, en un lapso de 50 días, le sigue el tratamiento T13 con 80%, en un lapso de 65 días. Los resultados obtenidos en los tratamientos de escarificación mecánica difieren de los presentados por Jarrín et al. (2001) donde, el tratamiento de escarificación con lija número 80 por cinco minutos presentó la máxima capacidad germinativa de 25,3% en un lapso de 13 días.

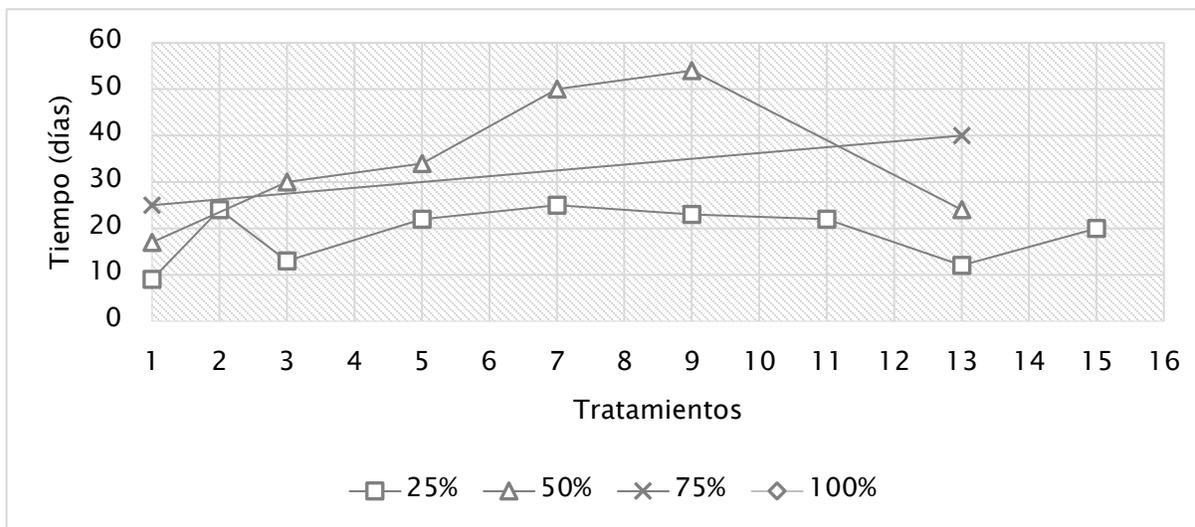
Por otra parte, el tratamiento con la capacidad germinativa más baja fue el T14 con 20%, en un lapso de 19 días, este resultado es diferente al obtenido por Iglesias (2016) donde, bajo el tratamiento de inmersión en agua caliente el porcentaje de emergencia acumulada fue de 75,34% en un lapso de 60 días. Estas diferencias en el tratamiento de inmersión en agua caliente se dieron principalmente por el tiempo de inmersión de las semillas.

4.3.7. Gráficas de germinación en el tiempo

En la Figura 18 se muestra el tiempo necesario para alcanzar el 25, 50, 75 y 100% de germinación acumulada del total de semillas sembradas; la máxima capacidad de germinación se presentó en los tratamientos T1 y T13 con un porcentaje de 82,5% y 80% respectivamente, ninguno de los tratamientos estudiados logró el 100% de germinación, mientras que, en los tratamientos de escarificación mecánica e inmersión en agua fría, a excepción de T11 y T15, alcanzaron el 50% de semillas germinadas, finalmente los tratamientos T4, T6, T8, T10, T12, T14 y T16 presentaron un porcentaje de germinación inferior al 25%.

Figura 18

Germinación en el tiempo, relación entre la capacidad y el tiempo de germinación.



En la presente investigación en los tratamientos de control: T4, T8, T12 y T16, la capacidad de germinación de *H. macrocarpa* no alcanzó el 25%, estos resultados concuerdan con los obtenidos por Quito y Yunga (2019) donde, en el tratamiento de control las semillas alcanzaron 8,86% de germinación, de igual forma, Jarrín et al. (2001) lograron un porcentaje de germinación de 6% en el tratamiento testigo; por otro lado, Iglesias (2016) a los 100 días después de la siembra registró 0% de germinación en los tratamientos de control, al igual que Alvarado y Encalada (2010) donde, obtuvieron 0% de semillas germinadas de *H. asperifolia*.

En cuanto a los tratamientos de inmersión en agua caliente: T2, T6, T10 y T14, únicamente el tratamiento T2 obtuvo un porcentaje de germinación superior al 25%, mientras que los tratamientos restantes presentaron porcentajes bajos, lo que coincide con Benavides y Ruano (2018) donde, bajo el tratamiento de inmersión en agua caliente las semillas de *H. asperifolia* alcanzaron 23,53% de germinación.

Alvarado y Encalada (2010) indican que la germinación de las semillas de *H. asperifolia* fue afectada por la dureza e impermeabilidad de su testa, en el presente estudio se coincide con los autores debido al porcentaje de germinación de las semillas en las cuales se aplicaron tratamientos pregerminativos es superior al obtenido en los tratamientos de control.

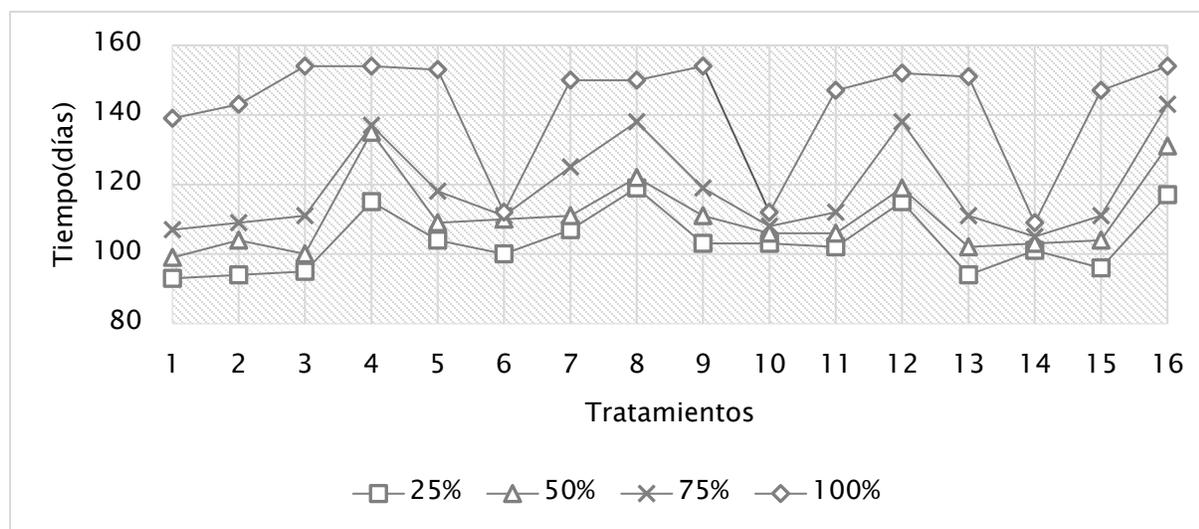
4.3.8. Gráficas de la capacidad de germinación en el tiempo

En la Figura 19 se observa el tiempo necesario para alcanzar el 25, 50, 75 y 100% de germinación acumulada, del total de semillas germinadas. El tiempo necesario para alcanzar el 25, 50 y 75% de germinación fue similar en la mayoría de los tratamientos a excepción de los tratamientos de control (T4, T8, T12 y T16) donde la germinación presentó tiempos más prolongados.

Para completar el 100% de germinación los tratamientos T6, T10 y T14 alcanzaron la capacidad de germinación máxima el día 102, mientras que los tratamientos restantes requirieron entre 139 y 154 días para completar el 100% de semillas germinadas.

Figura 19

Capacidad de germinación en el tiempo.



Los resultados presentados coinciden con Mueller (2004) quien señala el tiempo necesario fue de 200 días para alcanzar la máxima capacidad germinativa de *H. macrocarpa*, de igual manera, Montero et al. (2007) mencionan, la máxima capacidad de germinación de las semillas de *H. alchorneoides* tarda entre 15 y 60 días, pero puede extenderse hasta por 200 días si no se aplican tratamientos pregerminativos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los individuos identificados y seleccionados presentan características fenotípicas sobresalientes, en su mayoría un fuste ligeramente torcido bifurcado en el tercio superior y una copa vigorosa de forma circular irregular.
- La calidad física de las semillas de *H. macrocarpa* es buena, el porcentaje de pureza es alto, un kilogramo contiene un buen número de semillas, en cuanto al contenido de humedad es bajo y el porcentaje de germinación es inferior al 50% en el ensayo de la norma ISTA.
- El mejor tratamiento pregerminativo y sustrato para la propagación sexual de *H. macrocarpa* fue el T1: escarificación mecánica + tierra negra + arena.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda evaluar permanentemente las características fenotípicas de los árboles semilleros, por cuanto estas cambian por influencia de factores naturales y antropogénicos.
- Aplicar tratamientos pregerminativos de escarificación combinados con inmersión a las semillas de *H. macrocarpa* para mejorar los niveles de germinación.
- Se recomienda continuar con la investigación a nivel de plantación por cuanto, *H. macrocarpa* es una especie con mucho potencial para generar productos forestales maderables, no maderables y servicios ambientales.
- Se recomienda difundir los resultados a nivel de los actores que participaron en la investigación de manera particular, propietarios de los predios donde se encuentran los árboles y familias que participaron en el proceso de producción de plántulas; también a

quienes tienen la responsabilidad de tomar decisiones en materia de proyectos de forestación, reforestación y restauración.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akimoto, T., Cho, S., Yoshida, H., Furuta, H., y Esashi, Y. (2004). Involvement of Acetaldehyde in Seed Deterioration of Some Recalcitrant Woody Species through the Acceleration of Aerobic Respiration. *Plant and Cell Physiology*, 45(2), 201-210. <https://doi.org/10.1093/pcp/pch023>
- Alvarado, C., y Enacalada, D. (2010). *Estudio fenológico, análisis y almacenamiento de semillas, de seis especies forestales nativas en bosque tropical montano, potenciales para la reforestación en la Estación Científica San Francisco (ECSF)*. (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Loja.
- Alvarado, M., y Solano, A. (2002). *Producción de Sustratos para Viveros*. VIFINEX.
- Añazco R, M. (2000). *Producción de Plantas*. CAMAREN.
- Asamblea Constituyente del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Montecristi, Ecuador.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2018). Código Orgánico del Ambiente. Quito, Ecuador
- Azcón, J., y Talón, M. (2013). *Fundamentos de fisiología vegetal* (2.a ed.). McGraw-Hill Education.
- Benavides, E., y Ruano, M. (2018). *Evaluación de tasas de germinación, supervivencia y desarrollo de cuatro especies nativas altoandinas en vivero y en un área degradada en la provincia Carchi*. (Tesis pregrado). Universidad Técnica del Norte.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza [CATIE]. (2000). *Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina* (Vol. 1). Proyecto de Semillas Forestales.

- Chicaiza, F. (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*. (Tesis pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Come, D. 1968. Problemes of terminologie posés par la germination et ses obstacles. Bulletin Societé Franase Physiologie Végétale 14:3-9
- Cuamacás, S., y Tipaz, G. (1995). *Arboles de los bosques interandinos del norte del Ecuador*. Casa de la Cultura Ecuatoriana.
- Cubillos, A. M., Pinilla, C. A., Vanegas, K., Alfonso, M. F., y Hernández, M. Á. (2019). PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA DE CHUGUACA (*Hyeronima macrocarpa Schltr.*) PARA LA IDENTIFICACIÓN DE SU USO POTENCIAL. *Boletín Semillas Ambientales*, 13(2), 36-48.
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/bsa/article/view/15871/15472>
- De Wit, M., Galvão, V. C., y Fankhauser, C. (2016). Light-Mediated Hormonal Regulation of Plant Growth and Development. *Annual Review of Plant Biology*, 67(1), 513-537.
<https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-043015-112252>
- Di Sacco, A., Way, M., León, P., Suárez, C., y Díaz, J. (2020). *Manual de recolección, procesamiento y conservación de semillas de plantas silvestres*. Royal Botanic Gardens, Kew e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
<https://doi.org/10.34885/175>
- Doll, U., Fredes V, M., y Soto V, C. (2013). Efecto de distintos tratamientos pregerminativos sobre la germinación de seis especies nativas de la región mediterránea de Chile. *Idesia (Arica)*, 31(3), 71-76. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292013000300010>

- FAO y PNUMA 2020. El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca8642es>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Pedro de Huaca. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Montúfar. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*.
- García, F., y Roselló, J. (2001). *Iniciación a la Fisiología de las Plantas*. Universidad Politécnica de Valencia. <https://doi.org/10.13140/2.1.5057.1045>
- García, R. Y Morocho, D. 2003. Identificación de fuentes semilleras y estudio fenológico de cinco especies forestales nativas del sitio Uritusinga, cantones Loja y Catamayo. (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Loja. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Loja-Ecuador. Pág. 116.
- González, E. (1992). Humedad y germinación de semillas de *Hyeronima alchorneoides* (Euphorbiaceae). *REVISTA DE BIOLOGÍA TROPICAL*, 139-141. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/24505/24703>
- González, L., y Orozco, A. (1996). Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Botanical Sciences*, 58, 15-30. <https://doi.org/10.17129/botsci.1484>
- González, Y., y Mendoza, F. (2008). *Effect of hot water on the germination of seeds from Leucaena leucocephala cv. Peru*. Scielo. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942008000100004
- Hartmann, H., & Kester, D. (1997). *Plant Propagation: Principles and Practices*. Compañía Editorial Continental.

- Heredia, R. y Hofstede R. (1999). Metodología para la identificación, evaluación y clasificación de fuentes semilleras aplicable a especies nativas. Proyecto EcoPar.
- Horak, M. J.; Wax, L. M. 1991. Germination and seedling development of Bigroot Morningglory (*Ipomoea heredacea*) in cotton (*Gossypium hirsutum*). *Weed Science* 39: 390-396.
- Iglesias, G. (2016). *Evaluación de la propagación de Hyeronima macrocarpa Schltr. (Motilón) en tres tipos de sustratos, en la parroquia Ulba, cantón Baños de Agua Santa, provincia de tungurahua*. (Tesis pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). 2018. Datos de la estación meteorológica Yuyococha.
- Jarrín, F., Leonel, H., y Ortiz, E. (2001). Evaluación de la germinación de las semillas de motilón dulce *Hyeronima macrocarpa* Muell Arg. bajo tres métodos de escarificación y dos sustratos de suelo. *Revista de Ciencias Agrícolas*.
<https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/1002>
- Kotowsky W. 1926 Temperature relations to germination of vegetables seed. *Proceedings American Society Horticulture Science* 23: 176-184
- Lojan, L. (1992). *El Verdor de los Andes* (1.^a ed., Vol. 1). Proyecto Desarrollo Forestal Participativo en los Andes.
- Lombardi, I., Garnica, C., Carranza, J., Ortiz, H., Rodríguez, C., Cuba, K., ... Huamaní, J. (2013). *Manual para la Evaluación de Árboles Semilleros y la Regeneración de Caoba (Swietenia Macrophylla King.) y Cedro (Cedrela spp.)*. Lima, Perú: MINAM.
- Magnitskiy, Stanislav y Plaza. (2007). Fisiología de semillas recalcitrantes de árboles tropicales. *Agronomía Colombiana*, 25 (1), 96-

103. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652007000100011&lng=en&lng=es.

Maguire, J. D. (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2: 176-177

Maldonado, D. (2015). *Identificación y selección de árboles semilleros de cinco especies forestales nativas de la Microcuenca el Padmi, provincia de Zamora Chinchipe*. (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Loja.

Matute, T. (2019). *Caracterización de las propiedades organolépticas y bromatológicas de la fruta exótica motilón de la zona de Sevilla de Oro y propuesta de aplicación en bebidas, postres y salsas*. (Tesis pregrado). Universidad de Cuenca.

Mina, J., y Torres, F. (2015). Extracción de pigmentos naturales a partir de cerote (*Hesperomeles heterophylla*), motilón (*Hyeronima macrocarpa*), mortiño (*Vaccinium loribundum*) y su aplicación en la elaboración de yogurt de mora (*rubus glaucus benth*). *SATHIRI*, 9, 87. <https://doi.org/10.32645/13906925.449>

Ministerio del Ambiente [MAE]. (2013). Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental. *Subsecretaría de Patrimonio Natural*.

Ministerio del Ambiente y Agua [MAAE]. (2017). Deforestación del Ecuador continental periodo 2014-2016. Quito – Ecuador.

Ministerio del Ambiente [MAE]. (2006). Norma para el Manejo Sustentable de los Bosques Andinos.

Ministerio del Ambiente [MAE]. (2004). Norma de Semillas Forestales (Acuerdo ministerial No. 003).

- Missouri Botanical Garden. (2021). *Hyeronima spp.* Tropicos.org.
<http://legacy.tropicos.org/Home.aspx>
- Montero, M., Santos, H., & Kanninen, M. (2007). *Hyeronima alchorneoides: Ecología y silvicultura en Costa Rica* (N.º 354). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Mueller, J. (2004). El Motilón, *Hyeronima macrocarpa*: especie promisoría para la región Andina Ecuatoriana. Proyecto Apoyo al Desarrollo Forestal Comunal de los Andes del Ecuador.
- Ordoñez, L., Aguirre, N. y Hofstede, R. (2001). Sitios de recolección de semillas Forestales andinas del Ecuador. Ecopar.
- Ordoñez, L., Arbeláez, M., & Prado, L. (2004). Manejo de Semillas Forestales de la Sierra del Ecuador y Norte de Perú. EcoPar Fosefor Samiri.
- Ordóñez, O., Prado, L., Samaniego, C., y Morocho, M. (2005). Fuentes semilleras y semillas forestales nativas de Loja y Cañar: participación social en el manejo. FOSEFOR.
- Osuna, H. R., Osuna, A. M., y Fierro, A. (2017). *Manual de propagación de plantas superiores*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Palacios, W. (2016). *Árboles del Ecuador. Familias y Géneros*. (1.a ed.). Universidad Técnica del Norte.
- Pastor Sáez, J. Narciso (1999). Utilización de sustratos en viveros. Terra Latinoamericana, 17(3),231-235. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57317307>
- Prado, L., y Valdebenito, H. (2000). *Contribución a la fenología de especies forestales nativas Andinas de Bolivia y Ecuador*. Intercoperation-FOSEFOR.

- Puerta, C., Russián, T., y Ruiz, C. (2012). Producción de plántulas de pimentón (*Capsicum annuum* L.) en sustratos orgánicos a base de mezclas con fibra de coco. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(2), 298-306. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4688395>
- Quiroz, J. (2019). *Efecto del ácido giberélico en la germinación de semilla de Hieronyma asperifolia Pax & K. Hoffm. (Chupica)*. (Tesis de pregrado). Universidad de Cajamarca.
- Quito, A., y Yunga, A. (2019). *Técnica de encapsulamiento de embriones en alginato de sodio para la germinación de: Vasconcellea cundinamarcensis y Hieronima macrocarpa, provincia Azuay*. (Tesis pregrado). Universidad de Cuenca.
- Rajjou, L., Duval, M., Gallardo, K., Catusse, J., Bally, J., Job, C., y Job, D. (2012). Seed Germination and Vigor. *Annual Review of Plant Biology*, 63(1), 507-533. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042811-105550>
- Rodríguez, L. (s. f.). *Tratamientos pregerminativos para algunas especies forestales nativas de la Región Huetar Norte de Costa Rica*. CATIE. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0018s/A0018S29.pdf>
- Sano, N., Rajjou, L., North, H. M., Debeaujon, I., Marion-Poll, A., y Seo, M. (2015). Staying Alive: Molecular Aspects of Seed Longevity. *Plant and Cell Physiology*, 57(4), 660-674. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcv186>
- Santos, F., Martínez, J. L., y Planelló, M. (2011). *Fundamentos básicos de fisiología vegetal y animal*. Pearson Educación.
- Salazar, R., & González, A. (s.f.). Efecto de la madurez de los frutos de *Hieronyma alchorneoides* en la germinación de las semillas. *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)*.

- Samaniego, C., Ordoñez, O., Prado, L., & Morocho, M. (2005). Las fuentes semilleras y semillas forestales nativas de Loja y Cañar: participación social en el manejo. (FOSEFOR). Fundación Ecológica Arcoiris.
- Sautu, A., Deago, J., & Condit, R. (2000). Recolección y germinación de semillas de 50 especies arbóreas nativas de Panamá. *Centro de Ciencias Forestales del Trópico*.
<http://www.sidalc.net/repdoc/A0017S/a0017s26.pdf>
- Secretaría Nacional de Planificación. (2021). *Plan de Creación de Oportunidades 2021 – 2025*. CONSEJO NACIONAL DE PLANIFICACIÓN (CNP).
<https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/Plan-de-Creacion-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado.pdf>
- Sobrevilla, J. A., Romero, L., & López, A. L. (2013). Evaluación de diferentes tratamientos pregerminativos y osmóticos en la germinación de semillas *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd) M. C. Johnston. *Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas*. 12.
https://digitalcommons.unl.edu/hidalgo/12/?utm_source=digitalcommons.unl.edu%2Fhidalgo%2F12&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages
- Taiz, L., y Zeiger, E. (2006). *Fisiología Vegetal* (3.a ed., Vol. 2). Universidad Jaume I. Servicio de Comunicación y Publicaciones.
- Taylor, J. P., Wester, D. B., & Smith, L. M. (1999). Soil disturbance, flood management, and riparian woody plant establishment in the Rio Grande floodplain. *Wetlands*, 19(2), 372–382. <https://doi.org/10.1007/bf03161769>

- The International Seed Testing Association (ISTA). (2016). *Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas*. Zürichstr. https://vri.umayor.cl/images/ISTA_Rules_2016_Spanish.pdf
- Troya, V., Cuesta, F., y Peralvo, M. (2004). Food habits of Andean bears in the Oyacachi River Basin, Ecuador. *Ursus*, 15(1), 57-60. [https://doi.org/10.2192/1537-6176\(2004\)015%3C0057:FHOABI%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.2192/1537-6176(2004)015%3C0057:FHOABI%3E2.0.CO;2)
- Valenzuela, O. (2015). *Tecnología de sustratos: propiedades de los diferentes componentes*. Conferencia 1° Simposio Regional de Viveros Cítricos Bajo Cubierta. <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/4525>
- Varela, S., y Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. *INTA*, 12-22.
- Vásquez, W., & Salazar, R. (1998). Técnicas avanzadas en secado y almacenamiento de semillas de *Hieronyma alchornoides* en Costa Rica. *10. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)*.
- Vazquez, C., y Toledo, J. R. (2017). El almacenamiento de semillas en la conservación de especies vegetales. Problemas y aplicaciones. *Botanical Sciences*, 49, 61. <https://doi.org/10.17129/botsci.1366>
- Villarreal, J. H., Hurtado, N., Jiménez, J. P., y Cruz, S. (2008). Estudio de la actividad antioxidante y eficiencia anti-radical in-vitro en extractos de pulpa de motilón dulce (*Hieronyma macrocarpa*). *REVISTA CENTRO DE ESTUDIOS EN SALUD*, 1(10), 109-119. <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/usalud/article/view/228>
- Viveros, H., Hernández, J., Hernández, D., Velasco García, M., Robles, R., Ruiz, C., Aparicio, A., Martínez, M., y Hernández, M. L. (2015). Análisis de semilla, tratamientos

pregerminativos de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. y su crecimiento inicial.

Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 6(30), 52-65.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322015000400005yscript=sci_abstractytlng=en

Werker, E. (1980). SEED DORMANCY AS EXPLAINED BY THE ANATOMY OF EMBRYO

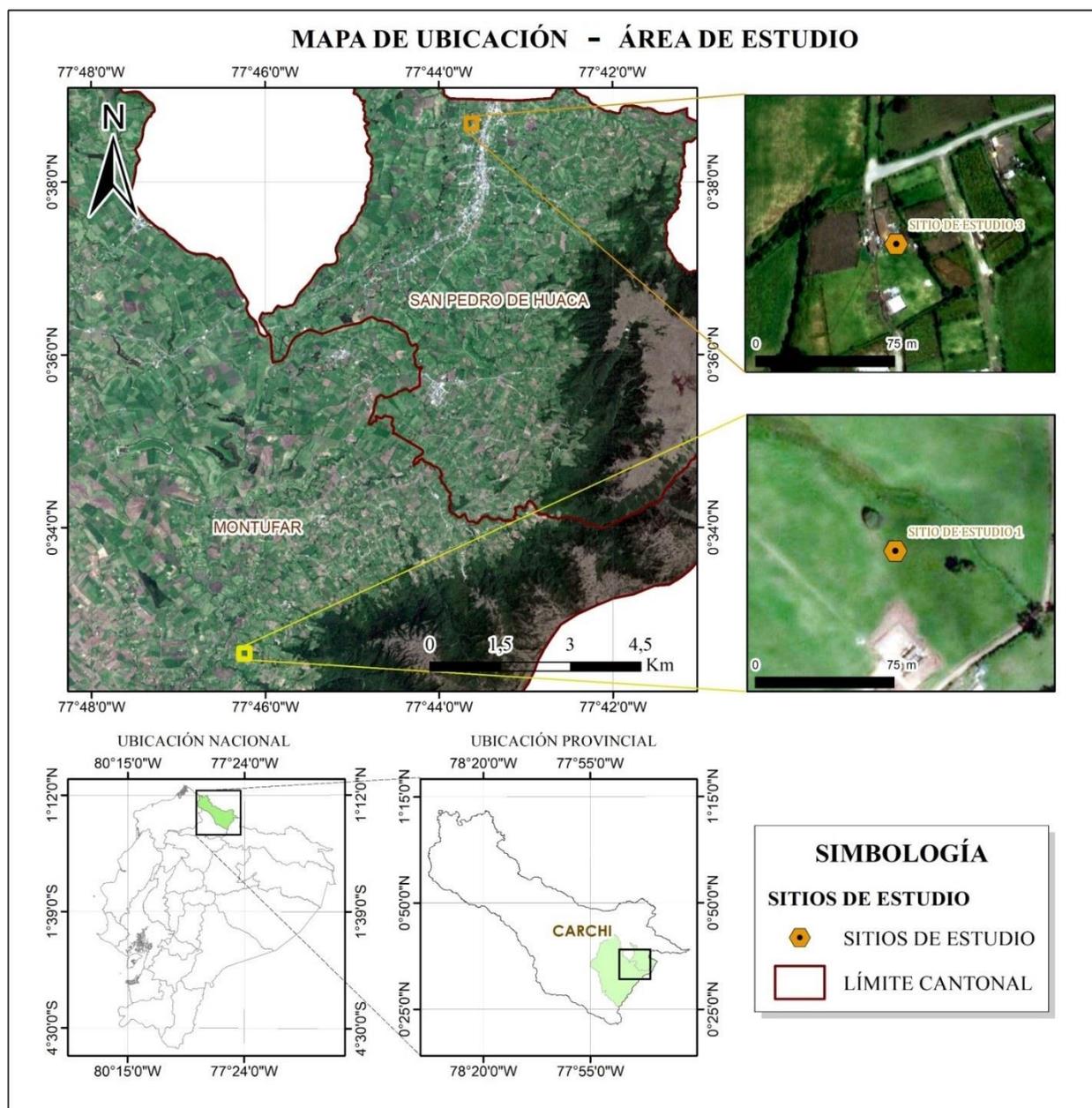
ENVELOPES. *Israel Journal of Botany*, 29, 22-44.

<https://doi.org/10.1080/0021213X.1980.10676874>

Zobel, B., & Talbert, J. (1988). *Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales*. Limusa.

ANEXOS

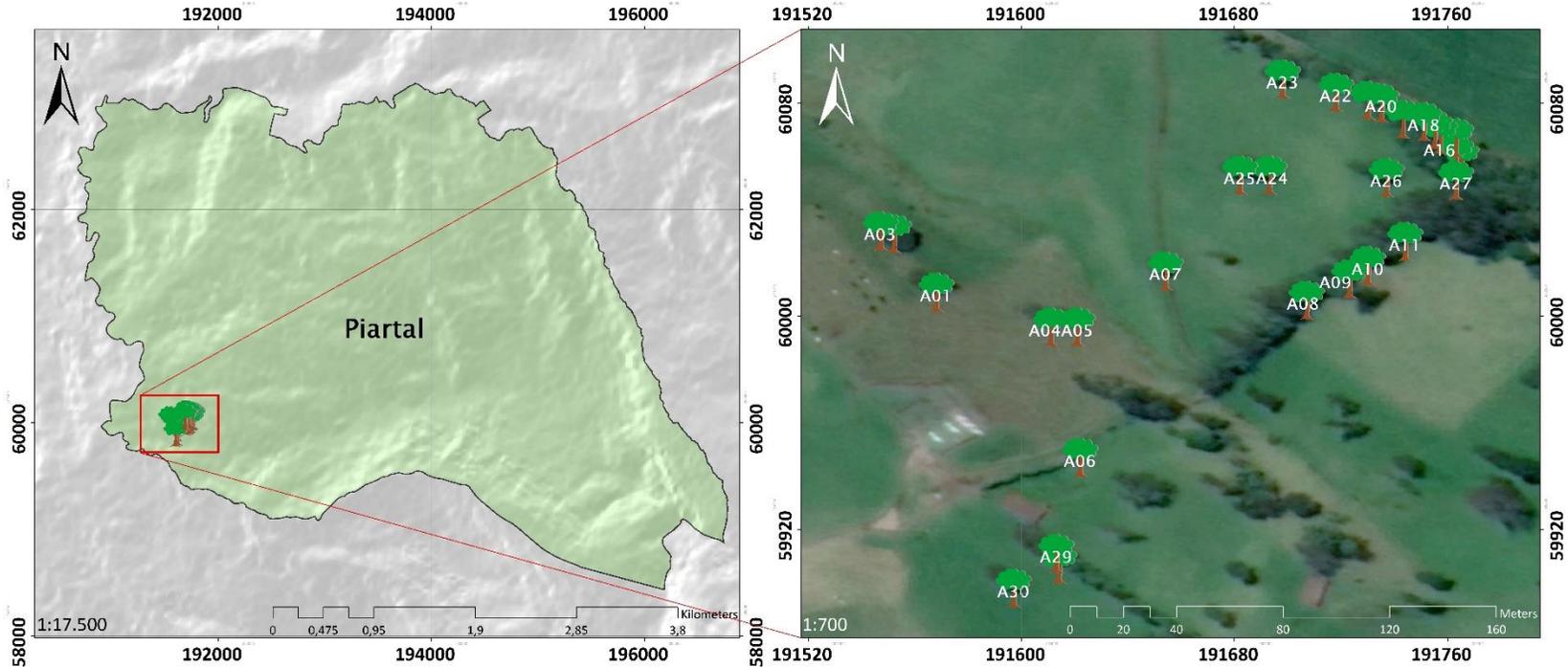
Anexo 1. Mapa de ubicación de los sitios de estudio 1 y 3



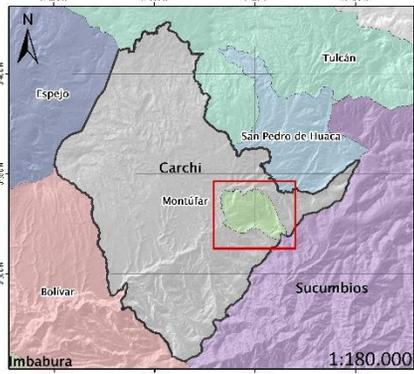
Nota. La figura muestra la ubicación exacta de los sitios de estudio 1 y 3.

Anexo 2. Mapa de ubicación de los árboles semilleros seleccionados de *Hieronyma macrocarpa*

MAPA DE UBICACIÓN – ÁRBOLES SEMILLEROS



UBICACIÓN A NIVEL CANTONAL – MONTÚFAR



COORDENADAS UTM ZONA 18N (DATUM WGS 84)

Árbol	X	Y	Árbol	X	Y
HMA01	191579,84	60020,773	HMA19	191761,05	60073,52
HMA02	191562,37	60041,52	HMA20	191754,89	60075,564
HMA03	191562,37	60041,52	HMA21	191754,78	60080,498
HMA08	191669,52	60028,523	HMA22	191754,78	60080,498
HMA09	191724,9	60007,387	HMA23	191754,78	60080,498
HMA10	191723,04	60025,159	HMA24	191749,55	60086,251
HMA11	191740,97	60030,901	HMA25	191713,93	60096,433
HMA12	191765,15	60059,272	HMA26	191753,09	60058,498
HMA13	191737,41	60067,261	HMA27	191757,42	60048,294
HMA16	191763,66	60067,064	HMA28	191626,37	59924,662
HMA17	191761,05	60073,52	HMA29	191623,24	59924,664
HMA18	191761,05	60073,52	HMA30	191611,87	59910,311

SIMBOLOGÍA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

Mapa de Ubicación de Árboles Semilleros de *Hieronyma macrocarpa*

Elaborado por: Nataly Maricela Erazo García

Anexo 3. Evaluación de las características fenotípicas para la identificación y selección de árboles semilleros

N°	Código	Datos Geográficos				Características del árbol						Evaluación	
		Coordenadas 18 N UTM WGS 84		Altitud	Altura total	Diámetro a la altura del pecho	Rectitud de fuste	Altura de bifurcación	Ángulo de inserción de ramas	Forma de copa	Diámetro de copa	Puntaje total	Clase
1	HMA01	191579,84E	60020,773N	2761,79	13	45,84	6	4	2	5	7	24	1
2	HMA02	191562,37E	60041,52N	2752,49	12	30,56	4	2	2	6	7	21	2
3	HMA03	191562,37E	60041,52N	2752,49	10	32,15	6	4	2	6	7	25	1
4	HMA04	191614,348E	60013,077N	2765,79	12	60,16	2	2	3	4	7	18	3
5	HMA05	191622,714E	60010,551N	2768,99	10	60,48	2	2	3	4	7	18	3
6	HMA06	191618,792E	60011,257N	2767,29	6	25,46	4	2	3	4	7	20	3
7	HMA07	191623,996E	59957,015N	2768,19	6	37,88	2	2	3	4	3	14	3
8	HMA08	191669,522E	60028,523N	2783,39	12	27,06	4	2	2	5	7	20	2
9	HMA09	191724,902E	60007,387N	2789,59	5	36,61	4	2	3	5	7	21	2
10	HMA10	191723,043E	60025,159N	2797,59	9	35,01	4	2	2	5	7	20	2
11	HMA11	191740,973E	60030,901N	2800,79	8	19,1	6	4	2	4	3	19	2
12	HMA12	191765,152E	60059,272N	2802,09	14	12,73	4	4	2	6	7	23	2
13	HMA13	191737,405E	60067,261N	2801,79	14	12,73	6	4	2	5	7	24	1
14	HMA14	191762,543E	60071,331N	2799,39	14	38,2	4	4	3	4	3	18	3
15	HMA15	191764,41E	60069,846N	2790,99	10	15,92	4	2	2	4	3	15	3
16	HMA16	191763,662E	60067,064N	2790,99	10	19,1	6	4	2	4	3	19	2
17	HMA17	191761,05E	60073,52N	2796,59	12	19,1	4	4	2	5	7	22	2
18	HMA18	191761,05E	60073,52N	2796,59	12	19,1	4	2	2	5	7	20	2
19	HMA19	191761,05E	60073,52N	2796,59	11	22,28	4	2	2	5	7	20	2
20	HMA20	191754,888E	60075,564N	2795,09	12	25,46	4	4	2	5	7	22	2

Continúa

Continuación

N°	Código	Datos Geográficos				Características del árbol					Evaluación		
		Coordenadas 18 N		Altitud	Altura total	Diámetro a la altura del pecho	Rectitud de fuste	Altura de bifurcación	Ángulo de inserción de ramas	Forma de copa	Diámetro de copa	Puntaje total	Clase
		UTM WGS 84											
21	HMA21	191754,778E	60080,498N	2788,19	12	15,28	4	4	2	5	7	22	2
22	HMA22	191754,778E	60080,498N	2788,19	13	31,83	6	4	2	5	7	24	1
23	HMA23	191754,778E	60080,498N	2791,29	14	24,83	4	4	3	6	7	24	1
24	HMA24	191749,552E	60086,251N	2790,19	15	36,61	6	4	3	6	7	26	1
25	HMA25	191713,925E	60096,433N	2790,69	10	47,75	6	4	2	5	7	24	1
26	HMA26	191753,088E	60058,498N	2813,69	13	27,06	6	4	3	6	7	26	1
27	HMA27	191757,415E	60048,294N	2806,99	10	38,2	4	4	2	5	7	22	2
28	HMA28	191626,372E	59924,662N	2794,39	13	27,37	6	4	3	6	7	26	1
29	HMA29	191623,235E	59924,664N	2787,19	10	48,06	4	4	2	5	7	22	2
30	HMA30	191611,874E	59910,311N	2784,59	14	30,56	6	4	3	6	7	26	1

Anexo 4. Número de semillas germinadas por tratamiento.

Días después de la siembra	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
88	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
89	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
90	3	2	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	3	1	2	0
91	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0
92	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
93	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
94	4	2	2	0	2	1	0	0	2	0	3	0	5	0	1	0
95	1	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0
96	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	5	0
97	1	1	1	0	1	2	1	0	0	0	1	0	6	1	2	0
98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0
99	9	0	1	0	2	0	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0
100	0	0	1	0	2	1	0	0	3	0	0	0	2	0	2	1
101	2	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	2	0
102	6	0	0	0	1	0	1	0	0	0	6	0	2	3	0	0
103	0	0	0	0	0	0	1	0	4	5	0	0	0	3	0	0
104	4	0	0	0	5	0	4	0	0	0	2	0	1	0	4	0
105	2	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	2	5	2	0
106	1	0	0	0	2	0	0	0	2	2	3	0	0	0	1	0
107	4	1	0	0	1	0	1	0	0	1	2	0	2	0	2	0
108	3	0	0	0	1	0	2	0	4	3	3	2	2	0	2	0
109	3	0	0	0	9	0	3	0	1	0	0	0	4	1	0	0
110	2	1	1	0	4	3	4	0	0	0	0	0	3	0	0	0
111	0	0	0	0	1	4	2	0	4	0	1	0	3	0	1	0
112	0	0	0	0	4	1	1	0	2	1	3	0	4	0	0	0

Continúa

Continuación

Días después de la siembra	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
113	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
114	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
115	0	0	1	2	0	0	1	0	1	0	0	2	1	0	0	0
116	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
117	1	1	0	0	0	0	2	3	1	0	2	2	1	0	0	4
118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
119	0	2	0	0	2	0	4	2	3	0	3	2	2	0	2	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
122	1	0	0	1	1	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	1
123	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
125	0	0	0	0	2	0	5	2	4	0	0	0	4	0	1	0
126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
127	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
129	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
131	0	0	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
133	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
134	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
135	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
136	1	0	0	3	3	0	0	2	0	0	0	1	1	0	1	0
137	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Continúa

Continuación

Días después de la siembra	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
139	2	0	0	0	0	0	1	2	2	0	1	1	0	0	0	0
140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
141	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
142	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
143	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1
144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
145	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
146	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0
147	0	0	0	1	1	0	2	1	0	0	2	1	0	0	1	0
148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
149	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
150	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
151	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
152	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
153	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
154	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
155	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
156	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
157	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
158	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
159	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	66	13	12	12	53	13	45	19	43	12	37	14	64	16	36	19

Nota. La tabla muestra los datos del número de semillas germinadas por día.

Anexo 5. Correlación entre las variables evaluadas

Variable 1	Variable 2	Pearson	Correlación
Altura total	Altura total	1,00	Perfecta
Altura total	DAP	-0,15	Muy débil
Altura total	Rectitud de fuste	0,33	Débil
Altura total	Altura de bifurcación	0,50	Moderada
Altura total	Ángulo de inserción de ramas	-0,03	Nula
Altura total	Forma de copa	0,53	Moderada
Altura total	Diámetro de copa	0,29	Débil
DAP	Altura total	-0,15	Muy débil
DAP	DAP	1,00	Perfecta
DAP	Rectitud de fuste	-0,32	Débil
DAP	Altura de bifurcación	-0,18	Muy débil
DAP	Ángulo de inserción de	0,37	Débil
DAP	Forma de copa	-0,20	Nula
DAP	Diámetro de copa	0,17	Muy débil
Rectitud de fuste	Altura total	0,33	Débil
Rectitud de fuste	DAP	-0,32	Débil
Rectitud de fuste	Rectitud de fuste	1,00	Perfecta
Rectitud de fuste	Altura de bifurcación	0,65	Moderada
Rectitud de fuste	Ángulo de inserción de ramas	-0,21	Débil
Rectitud de fuste	Forma de copa	0,44	Débil
Rectitud de fuste	Diámetro de copa	0,05	Nula
Altura de bifurcación	Altura total	0,50	Moderada
Altura de bifurcación	DAP	-0,18	Muy débil
Altura de bifurcación	Rectitud de fuste	0,65	Moderada
Altura de bifurcación	Altura de bifurcación	1,00	Perfecta

Continúa

Continuación

Variable 1	Variable 2	Pearson	Correlación
Altura de bifurcación	Ángulo de inserción de ramas	-0,14	Muy débil
Altura de bifurcación	Forma de copa	0,38	Débil
Altura de bifurcación	Diámetro de copa	0,03	Nula
Ángulo de inserción de ramas	Altura total	-0,03	Nula
Ángulo de inserción de ramas	DAP	0,37	Débil
Ángulo de inserción de ramas	Rectitud de fuste	-0,21	Débil
Ángulo de inserción de ramas	Altura de bifurcación	-0,14	Muy débil
Ángulo de inserción de ramas	Ángulo de inserción de ramas	1,00	Perfecta
Ángulo de inserción de ramas	Forma de copa	0,00	Nula
Ángulo de inserción de ramas	Diámetro de copa	-0,03	Nula
Forma de copa	Altura total	0,53	Moderada
Forma de copa	DAP	-0,20	Débil
Forma de copa	Rectitud de fuste	0,44	Débil
Forma de copa	Altura de bifurcación	0,38	Débil
Forma de copa	Ángulo de inserción de ramas	0,00	Nula
Forma de copa	Forma de copa	1,00	Perfecta
Forma de copa	Diámetro de copa	0,61	Moderada
Diámetro de copa	Altura total	0,29	Débil
Diámetro de copa	DAP	0,17	Muy débil
Diámetro de copa	Rectitud de fuste	0,05	Nula
Diámetro de copa	Altura de bifurcación	0,03	Nula
Diámetro de copa	Ángulo de inserción de ramas	-0,03	Nula
Diámetro de copa	Forma de copa	0,61	Moderada
Diámetro de copa	Diámetro de copa	1,00	Perfecta

Nota. La tabla muestra el análisis de correlación entre las variables cuantitativas y cualitativas evaluadas.

Anexo 6. Prueba de Kruskal Wallis para el tiempo de latencia de las semillas de *Hieronyma macrocarpa*.

Tratamientos	Medias						p-valor
T13	88,25	A					0,0003
T1	89,25	A					
T3	92,5	A	B				
T2	95,67	A	B				
T15	95,25	A	B	C			
T9	95,5	A	B	C			
T5	97,25	A	B	C			
T14	97,25	A	B	C	D		
T11	96,75	A	B	C	D		
T7	100,25	A	B	C	D	E	
T6	102	A	B	C	D	E	
T10	104,5		B	C	D	E	
T12	113,33			C	D	E	
T4	114,33			C	D	E	
T16	114				D	E	
T8	123					E	

Anexo 7. Prueba de Kruskal Wallis para el coeficiente de velocidad de germinación de las semillas de *Hieronyma macrocarpa*.

Tratamientos	Medias								p-valor	
T16	0,78	A								0,0002
T8	0,78	A	B							
T12	0,79	A	B	C						
T4	0,82	A	B	C	D					
T7	0,85	A	B	C	D					
T9	0,89	A	B	C	D	E				
T5	0,9	A	B	C	D	E	F			
T15	0,91		B	C	D	E	F	G		
T11	0,92			C	D	E	F	G		
T3	0,94				D	E	F	G		
T10	0,94				D	E	F	G		
T6	0,96				D	E	F	G		
T13	0,95					E	F	G		
T2	0,96					E	F	G		
T1	0,98						F	G		
T14	0,98							G		

Anexo 8. Análisis del suelo (tierra negra) usado para la preparación de los sustratos.



L A B O N O R T

LABORATORIOS NORTE

Av. Cristobal de Troya 4-93 y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS									
DATOS DE PROPIETARIO					DATOS DE LA PROPIEDAD				
Nombre: NATALY ERAZO					Provincia: Carchi				
Ciudad:					Cantón: Huaca				
Teléfono: 0989268400					Parroquia: Huaca				
Fax:					Sitio: La Primavera				
DATOS DEL LOTE					DATOS DE LABORATORIO				
Sitio: La Primavera					Nro Reporte.: 10294				
Superficie:					Tipo de Análisis: Completo				
Número de Campo: Lote 1					Muestra: Suelo, lote 1				
Cultivo Actual:					Fecha de Ingreso: 2021-06-04				
A Cultivar: Motilón					Fecha de Reporte: 2021-06-09				
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION						
N	28.75	ppm							
P	41.16	ppm							
S	7.75	ppm							
K	0.98	meq/100 ml							
Ca	13.35	meq/100 ml							
Mg	1.66	meq/100 ml							
			BAJO	MEDIO	ALTO				
Zn	13.28	ppm							
Cu	1.42	ppm							
Fe	58.56	ppm							
Mn	7.25	ppm							
			BAJO	MEDIO	ALTO				
B	0.14	ppm							
			BAJO	MEDIO	ALTO	TOXICO			
pH	6.50								
			0	Requiere Cal	5.5	6.5	7.0	7.5	8.0
			Acido	Lig. Acido	Pract. Neutro	Lig. Alcalino	Alcalino		
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml							
Al		meq/100 ml							
Na		meq/100 ml							
			BAJO	MEDIO	ALTO				
Ce	0.240	mS/cm							
			No Salino	Lig. Salino	Salino	Muy Salino			
MO	15.44	%							
			BAJO	MEDIO	ALTO				
Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	(%)			Clase Textural
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
8.04	1.69	15.32	15.99			63.60	29.60	6.80	Franco Arenoso
Dr. Quim. Edison M. Miño M. Responsable Laboratorio									