



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

CARRERA: INGENIERIA FORESTAL

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

TEMA:

**“EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS EN
SEMILLAS DE *Vachellia macracantha* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Seigler
& Ebinger, EN CAMPUS YUYUCOCHA”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero forestal

Línea de investigación: Desarrollo agropecuario y forestal sostenible

Autor: Josselyn Ivonne Angulo Cuero

Director: Ing. Mario José Añazco Romero, Ph.D.

Ibarra, 2023



**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:	0804365278	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Angulo Cuero Josselyn Ivonne	
DIRECCIÓN:	Av. 17 de Julio y Panamericana norte	
EMAIL:	jianguloc@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:	2715 – 887	TELÉFONO MÓVIL: 0991038813


DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS EN SEMILLAS DE <i>Vachellia macracantha</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Seigler & Ebinger, EN CAMPUS YUYUCOCHA
AUTOR (ES):	Angulo Cuero Josselyn Ivonne
FECHA: DD/MM/AAAA	27/11/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Forestal
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Mario José Añazco Romero, Ph.D.

CONSTANCIAS

El autor 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 que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad encaso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 27 de noviembre del 2023

EL AUTOR:

Firma..........

Nombre: Angulo Cuero Josselyn Ivonne

**CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTERGRACIÓN
CURRICULAR**


Ibarra, 27 de noviembre del 2023

Ing. Mario José Añazco Romero, PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

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

(f): .....

Ing. Mario José Añazco Romero, Ph.D.

C.C.: 0701574329

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “**EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS EN SEMILLAS DE *Vachellia macracantha* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Seigler & Ebinger, EN CAMPUS YUYUCOCHA**” elaborado por Josselyn Ivonne Angulo Cuero, previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f): 

Ing. Mario José Añezco Romero, Ph.D.

C.C.: 0701574329

(f): 

Ing. Eduardo Jaime Chagna Ávila, Mgs.

C.C: 1001579422

DEDICATORIA

A Dios, por darme la sabiduría y la fuerza que necesito día con día para seguir adelante,

A mis padres Jaime y Alexandra, por demostrarme de todas las formas posibles que siempre puedo contar con ellos, gracias por ese amor incondicional que no juzga y nunca abandona,

A mi hermana Suanny, por estar siempre para mí y apoyarme cuando lo necesito,

A mi tía Fernanda, y a toda mi familia.

Por y para ustedes todo mi esfuerzo y dedicación.

AGRADECIMIENTO

A Dios que pone en mi camino de la forma más acertada las condiciones y personas que necesito,

A mis padres y hermana por su apoyo moral y económico durante todo este viaje,

A mi director de tesis Ing. Mario Añazco y asesor Ing. Eduardo Chagna por brindarme las guías necesarias para llevar adelante este trabajo,

Gracias a la Universidad por permitirme ser un profesional, de esta maravillosa carrera, gracias a cada maestro que hizo parte de este proceso integral de formación,

A mis compañeros/as y amigos/as, en especial a mi mejor amiga Samara que a pesar de la distancia me alienta a continuar,

A Miguel Nazareno, por hacerme parte de su hermosa familia todo este tiempo lejos de la mía,

Y como no, a mi querido Ronald, gracias amor por siempre estar para mí.

RESUMEN EJECUTIVO

Los bosques secos andinos constantemente se han enfrentado a las presiones de deforestación, agricultura y ganadería. Esto conlleva a la pérdida asociada a la diversidad forestal, entre ella *Vachellia macracantha* ex *Acacia macracantha*, especie nativa cuya propagación es limitada debido al bajo porcentaje de germinación de las semillas por su estado de dormancia. El objetivo de esta investigación fue estudiar las respuestas de germinación de las semillas de *Vachellia macracantha* al ser sometidas a diferentes tratamientos pre-germinativos. La metodología utilizada fue un diseño completamente aleatorio con seis tratamientos, cuatro repeticiones, dando un total de 24 unidades experimentales y empleando 20 semillas para cada una. Se aplicó tratamientos de inmersión en agua, lijado y combinados, más el testigo. Los resultados se evaluaron por medio de variables descriptivas y analíticas; el tratamiento que presentó mayores resultados de germinación fue el T3 (Lijado por 30 segundos, lija grano 100) con 85,83 %, con un tiempo latencia de ocho días, coeficientes de velocidad de germinación de 5,19. Concluyendo que la aplicación de tratamientos pre-germinativos influye significativamente en la germinación de semillas de *Vachellia macracantha*.

Palabras claves: árboles sobresalientes, semillas, latencia.

ABSTRACT

Andean dry forests have consistently faced pressures from deforestation, agriculture, and cattle ranching. This leads to the loss associated with forest diversity, including *Vachellia macracantha* ex *Acacia macracantha*, native species whose propagation is limited due to the low germination percentage of the seeds due to its dormant state. The aim of this research was to study the germination responses of *Vachellia macracantha* seeds when subjected to different pre-germination treatments. The methodology used was a completely randomized design with six treatments, four replications, and a total of 24 experimental units and using 20 seeds for each. Immersion treatments in water, sanding and combinations were applied, plus the control. The results were evaluated using descriptive and analytical variables; the treatment with the highest germination results was T3 (Sanding for 30 seconds, 100 grit sandpaper) with 85.83 %, with a latency time of eight days, germination rate coefficients of 5.19. Concluding that the application of pre-germination treatments significantly influences the germination of *Vachellia macracantha* seeds.

Keywords: outstanding trees, seeds, dormancy.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	16
Problema de investigación	16
Justificación	17
Objetivos	17
<i>Objetivo General</i>	17
<i>Objetivos Específicos</i>	17
Hipótesis o preguntas de investigación.....	18
CAPÍTULO I	19
MARCO TEÓRICO.....	19
1.1 Silvicultura.....	19
1.2 Método de propagación de <i>Vachellia macracantha</i>	19
1.3 Árboles semilleros	20
<i>1.3.1 Aspectos metodológicos para la selección y recolección de fuente semilleras o árboles semilleros</i>	20
1.4 Normas International Seed Testing Association (ISTA)	21
<i>1.4.1 Muestreo</i>	22
<i>1.4.2 Pureza de semilla</i>	22
<i>1.4.3 Peso de semilla</i>	22
<i>1.4.4 Determinación de contenido de humedad</i>	22
<i>1.4.5 Análisis de germinación</i>	23

	11
1.5 Germinación.....	23
1.5.1 Clasificación de las semillas de acuerdo con su almacenamiento (ortodoxas y recalcitrantes) y germinación (epigea e hipogea).....	24
1.6 Latencia.....	25
1.6.1 Latencia endógena.....	25
1.6.2 Latencia exógena.....	26
1.7 Tratamientos pre-germinativos.....	27
1.7.1 Escarificación.....	27
1.7.2 Lixiviación.....	28
1.8 Caracterización de <i>Vachellia macracantha</i>	28
1.8.1 <i>Habitad</i>	28
1.8.2 <i>Distribución geográfica</i>	28
1.8.3 <i>Descripción botánica</i>	29
1.9 Estudios similares.....	29
CAPITULO II.....	31
MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
2.1. Ubicación del lugar.....	31
2.1.1 <i>Política</i>	31
2.1.2. <i>Geografía del sitio investigación</i>	31
2.1.3 <i>Límites</i>	31
2.2. Caracterización edafoclimática del lugar.....	32

	12
2.2.1. Suelo	32
2.2.2. Clima	32
2.3. Materiales, equipos y software	32
2.4. Metodología.....	33
2.4.1. Investigación experimental	33
2.4.2 Instalación del experimento	35
2.4.3 Aplicación de tratamientos pre-germinativos.....	36
2.4.4 Desinfección de semillas.....	37
2.4.5 Distribución de las semillas.....	37
2.4.6 Labores post establecimiento.....	37
2.5 Variables	37
2.5.1 Selección los árboles semilleros de <i>Vachellia macracantha</i>	37
2.5.2 Evaluación de calidad de las semillas de <i>Vachellia macracantha</i> bajo normas ISTA...40	40
2.5.3 Valoración de datos de germinación en <i>Vachellia macracantha</i>	41
CAPÍTULO III.....	45
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
3.1. Selección de árboles fenotípicamente sobresalientes de <i>Vachellia macracantha</i>	45
3.2 Evaluación de calidad de semillas de <i>Vachellia macracantha</i> bajo normas ISTA (2016) 46	46
3.2.1. Porcentaje de pureza	46
3.2.2. Número de semillas por kilogramo.....	47
3.2.3. Contenido de humedad	48

3.2.4 Porcentaje de germinación en laboratorio.....	49
3.3. Tatamientos pre-germinativos aplicados a las semillas de <i>Vachellia macracantha</i>	50
3.3.1 Método descriptivo.....	50
3.3.2. Método analítico	54
CAPÍTULO IV.....	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
4.1. Conclusiones.....	63
4.2. Recomendaciones	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
ANEXOS	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Materiales, equipos y software a emplear en la investigación.</i>	33
Tabla 2 <i>Tratamientos del estudio</i>	34
Tabla 3 <i>Parámetros cuantitativos para la selección de árboles semilleros.</i>	38
Tabla 4 <i>Parámetros cualitativos para la selección de árboles semilleros.</i>	39
Tabla 5 <i>Evaluación cuantitativa para la agrupación de árboles semilleros.</i>	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Parámetros cuantitativos de árboles evaluados</i>	45
Figura 2 <i>Parámetros cualitativos de árboles seleccionados</i>	46
Figura 3 <i>Porcentaje de pureza de las semillas de Vachellia macracantha</i>	47
Figura 4 <i>Número de semillas por kilogramo de Vachellia macracantha</i>	48
Figura 5 <i>Contenido de humedad de las semillas de Vachellia macracantha</i>	49
Figura 6 <i>Porcentaje de germinación en laboratorio de las semillas de Vachellia macracantha</i>	50
Figura 7 <i>Germinación diaria de las semillas de Vachellia macracantha</i>	51
Figura 8 <i>Germinación acumulada por intervalos de tiempo de las semillas de Vachellia macracantha</i>	52
Figura 9 <i>Germinación en el tiempo de las semillas de Vachellia macracantha</i>	53
Figura 10 <i>Capacidad de germinación en el tiempo de las semillas de Vachellia macracantha</i>	54
Figura 11 <i>Tiempo de latencia de las semillas de Vachellia macracantha</i>	56
Figura 12 <i>Coefficiente de velocidad de germinación de las semillas de Vachellia macracantha</i>	58
Figura 13 <i>Índice de germinación de las semillas de Vachellia macracantha</i>	59
Figura 14 <i>Porcentaje de germinación de las semillas de Vachellia macracantha</i>	61

INTRODUCCIÓN

Problema de investigación

Problemática por investigar

En Ecuador los bosques secos se encuentran continuos en la costa y aislados en los valles secos del callejón interandino, estos últimos entre 1 000 y 2 600 m de altitud, principalmente en las provincias de Imbabura (valle del Chota), Pichincha (valle de Guayllabamba), Chimborazo (bosques de Chancan), Tungurahua (valle de Patate), y Azuay (Aguirre et al. 2006).

Los bosques secos andinos tienen importancia ambiental, social, cultural y económica para varios segmentos de la población rural y urbana que están en interacción con ellos, por la cantidad y calidad de productos forestales madereros, no madereros y servicios ecosistémicos que ofrecen. Esto conlleva a la pérdida asociada a la biodiversidad forestal, entre ella *Vachellia macracantha*, una de las especies nativas con mayor presencia en estos bosques, que además fue declarada patrimonio cultural por el municipio de Quito (Polo et al. 2017).

Lo que hace necesaria su reproducción abundante y continua, limitada debido a el estado de dormición por impermeabilidad de las semillas, impidiendo el ingreso de agua y oxígeno para iniciar la actividad metabólica en el embrión y obtener una nueva plántula.

Sin ningún tipo de tratamiento pregerminativo las semillas de *Vachellia macracantha* pueden permanecer latentes durante largos periodos, lo que se busca evitar mediante la presente investigación.

Formulación del problema de investigación

La latencia física presente en las semillas de la especie forestal *Vachellia macracantha*, limita su germinación en altos porcentajes y prolonga su período de crianza en el vivero, lo cual repercute en la calidad y cantidad de plántulas a obtener, además de generar altos costos de producción. Esta situación restringe la incorporación de la especie en planes, programas y proyectos de reforestación y/o restauración.

Justificación

En Ecuador y particularmente en la provincia de Imbabura proyectos de restauración del bosque seco andino, y otros que buscan incrementar la cobertura forestal con especies de uso múltiple, se ven limitados en incorporar especies nativas por cuanto no se dominan sus técnicas de propagación. La presente investigación contribuirá con información precisa para resolver estos inconvenientes y así la especie pueda incluirse en las actividades antes mencionadas.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar tratamientos pre-germinativos en el proceso de reproducción sexual de *Vachellia macracantha* en Ibarra, Imbabura.

Objetivos Específicos

- Seleccionar árboles de *Vachellia macracantha* con características fenotípicas sobresalientes, para la colección de semillas.
- Evaluar la calidad de semillas de *Vachellia macracantha* bajo protocolos internacionales que existen para el efecto.

- Determinar el tratamiento pre-germinativo con mayores resultados positivos en la emergencia de semillas de *Vachellia macracantha*.

Hipótesis o preguntas de investigación

Hipótesis:

Ho = Los tratamientos pre-germinativos de la investigación no influyen significativamente en la germinación de las semillas de *Vachellia macracantha*.

Ha = Los tratamientos pre-germinativos de la investigación influyen significativamente en la germinación de las semillas de *Vachellia macracantha*.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Silvicultura

La silvicultura, es una estrategia de cultivo del bosque para obtener una producción mejorada y continua de los bienes y servicios deseados, contribuyendo a un mejor uso de la tierra, con ciertos fines económicamente rentables (Louman, 2001). Parte de la actividad forestal que se ocupa de la creación, desarrollo, reproducción, cuidado y recolección de la vegetación forestal, tiene la difícil tarea de facilitar las opciones biológicas y técnicas con el fin de alcanzar los objetivos propios de la ordenación forestal (Granados et al., 2017)

1.2 Método de propagación de *Vachellia macracantha*

Los métodos de propagación tradicionales se realizan sexual y asexualmente, mediante semillas y material vegetativo respectivamente. La especie *Vachellia macracantha* se conoce únicamente la propagación sexual.

Propagación sexual

La reproducción sexual se lleva a cabo mediante la polinización, fecundación de flores, formación de frutos, dispersión de semillas y su germinación hasta el establecimiento de las plántulas (García y Di Stéfano, 2000) la cuales dependerán de factores bióticos para lograr su desarrollo como individuos (Valencia, 1998). Otros componentes que intervienen en el éxito reproductivo de las especies son los recursos físicos y químicos, por ejemplo, la luminosidad y disponibilidad de nutrientes (Castro et al., 1999). En este proceso las semillas tienen la función de multiplicar y perpetuar la especie (Bradford & Nonogaky, 2007).

Las semillas son estructuras que consisten a grandes rasgos en embrión, que es el producto de la fusión entre el óvulo con el núcleo espermático. El endospermo (con algunas excepciones) que provee de nutrientes al embrión para el desarrollo y el crecimiento de la

plántula. La testa, formada externamente por los integumentos que representan los tejidos maternos del óvulo (Finch y Leubner, 2006).

1.3 Árboles semilleros

Los árboles semilleros son especies forestales padres que mantienen características deseables para producir semillas (University of California, 2007). Si se tiene conocimiento de la procedencia de la semilla, se asegura que la planta se adapte con mayor facilidad y con una alta supervivencia en campo definitivo, esto por conocer las condiciones iniciales de desarrollo (Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal Bogotá, 1995).

1.3.1 Aspectos metodológicos para la selección y recolección de fuente semilleras o árboles semilleros

En la identificación de fuentes semilleras, se debe tener en cuenta:

1.3.1.1 Accesibilidad.

La exploración debe ejecutarse en lugares accesibles que puedan suplir los requerimientos de semillas (Lauridsen & Olesen, 1994).

1.3.1.2 Conocer el estado general del lugar.

El sitio no debe estar sometidos a aprovechamiento selectivo, estar libre de plagas y enfermedades, suelos con moderada o alta fertilidad, demostrar capacidad para producir semilla, y que los árboles no sean muy viejos o degradados (Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal Bogotá, 1995).

1.3.1.3 Número de árboles y tamaño de la fuente semillera.

El tamaño de las fuentes semilleras varían según el requerimiento de las semillas. En fuentes pequeñas, se corre el riesgo de árboles emparentados entre sí, mientras que las fuentes

semilleras de gran extensión pueden ser difíciles de supervisar por lo cual es mejor subdividir el área. El tamaño del área depende de la especie (Morocho y Quinde, 2004).

1.3.1.4 Apariencia fenotípica.

Las características de los árboles, como la forme del fuste, hábito de ramificación, dirección de la fibra, densidad básica, entre otras son de alta heredabilidad, por tal motivo conviene tener varias fuentes de las mismas especies y poder seleccionar los mejores. Sin embargo, la elección de las características de selección dependerá el producto final que se pretende obtener (Jara, 1995).

1.3.1.5 Tenencias de la fuente semillera.

Este proceso es muy importante en el momento de la exploración de los bosques, pues es necesario conocer al propietario de los bosques, para determinar su interés y participación en el manejo posterior que se le debe dar a la fuente semillera (Morocho y Quinde, 2004).

1.3.1.6 Floración y Fructificación.

La floración y la fructificación de los árboles puede variar de acuerdo con el medio biótico donde se encuentren los árboles, factor determinante en la producción de semillas de una especie forestal (Morocho y Quinde, 2004).

1.4 Normas International Seed Testing Association (ISTA)

Las Normas ISTA (Asociación Internacional de Análisis de Semillas) presentan protocolos estandarizados que permiten determinar la calidad y viabilidad de las semillas, a nivel internacional, principalmente en especies de interés comercial, agrícola y forestal (Urquiles et al., 2021).

1.4.1 Muestreo

Su objetivo es obtener una muestra de un tamaño adecuado para los análisis, en la cual la probabilidad de que un elemento esté presente se determina sólo por su nivel de ocurrencia en el lote de semillas (The International Seed Testing Association [ISTA], 2016).

Los parámetros principales de evaluación de la calidad de semillas bajo las normas ISTA son: pureza, peso, humedad y porcentaje de germinación:

1.4.2 Pureza de semilla

La muestra de trabajo se divide en los tres componentes siguientes: semillas puras, otras semillas, materia inerte y el porcentaje de cada parte está determinado por el peso. En la separación de la muestra de trabajo se pueden emplear ayudas tales como lupas, luz reflejada, tamices y sopladores (ISTA, 2016).

1.4.3 Peso de semilla

Este se representa por el valor inverso al número de semillas por kilogramo, puesto que, a mayor peso, menor será el número de unidades por kilogramo, los valores por especie difieren lo cual proporciona una idea del tamaño de las semillas y su forma de dispersión (Poulsen et al., 2000). ISTA (2016) declara que se expresa como el número de semillas puras por unidad de peso y recomienda tomar al menos 8 muestras de 100 cada una, para luego pesarlas por separado y promediar los valores resultantes, entonces será el valor equivalente al peso de la especie estudiada.

1.4.4 Determinación de contenido de humedad

El contenido de humedad es la pérdida de peso al secarse y se expresa en porcentaje. Para este fin ISTA muestra varios métodos que dependen del tipo de semilla a analizar.

1.4.5 Análisis de germinación

La germinación de una semilla en un análisis ISTA es el surgimiento y desarrollo de la plántula a una etapa en donde el aspecto de sus estructuras esenciales indica si es o no es capaz de desarrollarse en condiciones favorables (ISTA, 2016).

Los métodos de laboratorio han evolucionado de manera que se controlen las condiciones externas alcanzando una germinación regular, rápida y completa en la mayoría de las muestras de una singular especie. Las condiciones son estandarizadas para lograr resultados en los análisis reproducidos dentro de los límites, lo más cerca posible a los determinados por la variación aleatoria de la muestra (ISTA, 2016).

1.5 Germinación

La germinación implica la imbibición de agua, activación del metabolismo y proceso de respiración, síntesis de proteínas y movilización de sustancias de reserva, elongación del embrión y ruptura de la testa a través de la cual se observa salida de la radícula (Suárez y Melgarejo, 2010). Es un proceso irreversible; una vez que ha comenzado la germinación, el embrión está irrevocablemente comprometido con el crecimiento o la muerte (Fenner & Thompson, 2005). A simple vista, la germinación se caracteriza por la ruptura de la testa y la emergencia de la plúmula o radícula (Bewley & Black, 1994). Para dar lugar a la germinación tienen darse varias condiciones:

- Condiciones intrínsecas

La semilla debe estar viva y bien constituida, estar madura (madurez morfológica y fisiológica) y además ser permeable al agua y al oxígeno (Cuadra, 1993).

- Condiciones externas

Disponibilidad de agua, temperaturas adecuadas, presencia o ausencia de luz (Cuadra, 1993).

1.5.1 Clasificación de las semillas de acuerdo con su almacenamiento (ortodoxas y recalcitrantes) y germinación (epigea e hipogea)

Las semillas según su forma de almacenamiento se dividen en:

1.5.1.1 Semillas ortodoxas.

Tienden a ser pequeñas. Durante la maduración las semillas se someten a un período de secado en la planta madre y se desprenden con un contenido de humedad generalmente menor del 20 % sobre el peso húmedo (Vázquez y Toledo, 1989). Después de la cosecha experimentan un secado adicional para reducir el contenido de humedad (Roberts, 1973). Lo que conduce a un arreglo de la estructura macromolecular de manera que se preserve la potencialidad de regeneración de la estructura terciaria de las proteínas al hidratarse nuevamente las células (Vázquez y Toledo, 1989).

1.5.1.2 Semillas recalcitrantes.

Los propágulos maduros suelen ser grandes y liberarse con un alto contenido de humedad que representa más del 50 % del peso húmedo de la semilla. Al manejarse con el fin de almacenarlas, es imposible hacer descender el contenido de humedad por abajo del 20 % sin causarles daños irreversibles (Vázquez y Toledo, 1989). Para soportar la desecación, las semillas o los tejidos deben ser capaces de prevenir, ralentizar y/o reparar los daños inducidos por la remoción de agua (Vertucci & Farrant, 1995). A diferencia de las semillas ortodoxas, las recalcitrantes mantienen un cierto grado de actividad metabólica, por lo que su requerimiento de oxígeno es elevado y mueren al carecer de ventilación adecuada (Vázquez y Toledo, 1989). Según la posición de los cotiledones con respecto al suelo puede darse dos tipos de germinación:

1.5.1.3 Germinación epigea.

Los cotiledones son llevados por encima del suelo; después de emerger la raíz primaria, se alarga el hipocótilo, forma un arco y finalmente empuja los cotiledones y la joven yema por encima del suelo. Los cotiledones se tornan verdes, se expanden y constituyen los primeros órganos fotosintéticos de la plántula. A continuación, se constituye el epicótilo y la yema terminal (Sánchez, 1991).

1.5.1.4 Germinación hipogea.

Los cotiledones permanecen en el suelo en el interior de la cubierta seminal y existe muy pequeña elongación del hipocótilo. En contraste con la germinación epigea, los primeros órganos fotosintéticos son la primera o primeras hojas verdaderas de la plántula (Sánchez, 1991).

1.6 Latencia

Es la incapacidad de una semilla intacta y viable de germinar en un específico momento bajo condiciones ambientales que en otros casos son favorables para su germinación (Baskin & Baskin, 2004).

Diversos estudios (Villalobos et al., 1992; Herrera y Alvarado, 2012; Mora et al., 2003; Doria 2010) afirman que, para asegurar su reproducción y supervivencia, las semillas han desarrollado un reposo o latencia que permite una germinación escalonada en el tiempo. Esta se da por factores endógenos y exógenos:

1.6.1 Latencia endógena

Las semillas pueden presentar diferentes latencias internas, entre ellas: por embriones rudimentarios, inhibición metabólica e inhibición osmótica (Suárez y Melgarejo, 2010).

1.6.1.1 Embriones rudimentarios.

El proceso de maduración morfológica del embrión ocurre después del proceso de dispersión, lo cual se convierte en un tipo de dormancia porque el embrión inmaduro es incapaz de germinar Coopeland y McDonald (como se citó en Suárez y Melgarejo, 2010).

1.6.1.2 Inhibición metabólica.

Algunos compuestos presentes en las semillas inhiben vías metabólicas específicas Coopeland y McDonald (como se citó en Suárez y Melgarejo, 2010).

1.6.1.3 Inhibición osmótica.

Algunas sustancias poseen alta presión osmótica que reduce el proceso de germinación en semillas. Compuestos como azúcares o sales en altas concentraciones pueden ser buenos competidores por la disponibilidad de agua con las semillas lo cual lleva a que el proceso de imbibición en las semillas no se complete y esta no pueda germinar Coopeland y McDonald (como se citó en Suárez y Melgarejo, 2010).

1.6.2 Latencia exógena

Hace noción a las condiciones ambientales básicas que determinan el proceso de germinación como disponibilidad de agua, luz y temperatura (Fenner, 2000). La absorción de agua por parte de la semilla está estrechamente influenciada por la presencia de la testa y la permeabilidad que ésta tenga al intercambio gaseoso Bewley y Black (como se citó en Finch y Leubner, 2006). El efecto de la testa puede ser mecánico, o químico debido a la presencia de inhibidores fenólicos, impidiendo el flujo necesario de agua y oxígeno para la germinación (Suárez y Melgarejo, 2010).

1.7 Tratamientos pre-germinativos

Debido a la presencia de latencia, no todas las semillas colocadas bajo condiciones favorables pueden germinar, por lo tanto, la regeneración artificial exige alguna forma de tratamiento previo de la semilla, a fin de obtener una tasa de germinación razonablemente alta en poco tiempo (Willan, 1991).

Las especies leguminosas se caracterizan por presentar testa dura, condición que inhibe temporalmente la germinación (Hartmann y Kester, 2001). De acuerdo con Kimura & Islam (2012) para mejorar este proceso existen tratamientos pre-germinativos como escarificación y lixiviación.

1.7.1 Escarificación

Es el proceso que rompa, raye, altere mecánicamente o ablande las cubiertas de las semillas logrando hacerlas permeables al agua y a los gases (Varela y Arana, 2011).

1.7.1.1 Mecánica.

Consiste en raspar la cubierta de las semillas (lijas, limas) o quebrarlas (martillo, pinzas). Si es a gran escala se utilizan maquinas como tambores giratorios recubiertos en su interior con papel lija, o combinados con arena gruesa o grava. En el caso de tratar grandes cantidades de semillas, se puede utilizar una hormigonera con grava o arena en su interior, o bien en un tambor forrado en su interior con material abrasivo o dotados de discos abrasivos giratorios (García, 1991).

1.7.1.2 Química.

La escarificación química, consiste en remojar las semillas por períodos breves a dos horas, en compuestos químicos. Las semillas secas se colocan en recipientes no metálicos y se añade el ácido sulfúrico concentrado en proporción de una parte de semilla por dos de ácido.

Durante el período de tratamiento las semillas deben agitarse constantemente con el fin de obtener resultados uniformes. Al final del período de tratamiento se escurre el ácido y las semillas se lavan con abundante agua (Varela y Arana, 2011).

1.7.2 Lixiviación

Las semillas se remojan en agua corriente para remover los inhibidores químicos de la cubierta y ablandar la testa. El tiempo de remojo puede ser de 12, 24, 48 y hasta 72 h, y en algunos casos, cambiándoles el agua con cierta frecuencia. Habitualmente el remojo se efectúa en agua a temperatura ambiente, pero también se han obtenido buenos resultados con agua caliente FAO (como se citó en Varela y Arana, 2011).

La decisión de tratar previamente o no las semillas dependerá no sólo de la especie, sino también de la procedencia, el año de fructificación, las condiciones del vivero local y la duración y condiciones del almacenamiento (Willan, 1991).

1.8 Caracterización de *Vachellia macracantha*

Vachellia macracantha (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Seigler & Ebinger, es una especie que pertenece a la familia Fabaceae.

1.8.1 Habitad

Bosque seco pluviestacional y bosque seco andino (Aguirre, 2012).

1.8.2 Distribución geográfica

Especie de amplia distribución, crece en bosque, matorrales, cultivos, potreros. Se desarrolla entre 0-2000 msnm, en las provincias de Loja, Azuay, Chimborazo, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Esmeraldas, Galápagos, El Oro, Guayas y Manabí (Jorgensen & León, 1999).

1.8.3 Descripción botánica

Árbol de entre 6-12 m de altura y 20 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP). Fuste delgado, muy ramificado, tortuoso, ocasionalmente recto. Copa horizontal, aparasolada, con las ramas y ramitas espinosas. Corteza marrón con manchas blancas irregulares. Hojas compuestas, alternas, bipinnadas hasta 15 cm de longitud, foliolos sésiles de forma oblonga, dispuestas helicoidalmente y con estipulas. Flores amarillo dorado, fragantes, filetes de estambres coloreados a manera de borla reunidos en capítulos densos y globosos, se insertan de uno a cinco en la base de las hojas. Fruto una legumbre aplanada un tanto curva, mide de 5-6 cm de longitud por 1 cm de ancho, café-rojizo (madura). Semillas café oscuro (Granda y Guamán, 2006).

1.9 Estudios similares

Según la investigación realizada por Hernández de Bernal et al. (2011) el remojo en agua caliente de uno a cinco minutos de las semillas de *Vachellia macracantha* es poco eficiente para su emergencia, con promedios inferiores al 50 %, por lo que recomienda incrementos en el tiempo de inmersión y variaciones en la temperatura. Estos resultados son comparables con los obtenidos por Sánchez y Ramírez (2006) quienes al someter semillas de *Leucaena leucocephala* a remojo en agua caliente por 10 minutos lograron altos valores de emergencia, igual a lo observado por González et al. (2009) quienes al trabajar sobre la misma especie pudieron comprobar el efecto estimulante de la escarificación térmica sobre el proceso de germinación de estas plantas.

Paredes (2011) mediante la inmersión de semillas de *Vachellia macracantha* en agua hirviendo durante tres minutos, luego dejándolas enfriar al ambiente por 24 horas provocó su turgencia y logró la germinación a los ocho días.

Maldonado (2018) al evaluar la germinación de *Vachellia macracantha* determinó que el método físico de limado de la semilla alcanzó un porcentaje de germinación de 46 %,

mientras el control tuvo el 6 %. Por otro lado, obtuvo 12 % de emergencia de semillas al aplicar un procedimiento de escarificación térmica en agua a 96°C durante 10 minutos. Este último dato se puede contrastar en variabilidad a lo reportado por Rodríguez et al. (1982), donde usó el mismo procedimiento en *Leucaena spp.* con una variable en el tiempo de 30 segundos, sin embargo, las semillas de esta especie produjeron mayor porcentaje de germinación. El tiempo de escarificación térmica debe adaptarse a cada especie para obtener un porcentaje creciente de germinación sin afectar la calidad y aptitud de la semilla.

Al analizar otras alternativas, Espinoza et al. (2021) en su investigación de efectos de la ingestión de semillas por cabras, sobre la germinación, afirma que las semillas de *V. macracantha* pasadas el tracto digestivo presentaron porcentajes de germinación menores a 40 % a partir de un total de semillas sembradas de 6 812. Además, Maldonado et al. (2018) indica que los métodos de escarificación química con ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 50 % no incrementan la germinación de las semillas de la especie, sin embargo, Hernández de Bernal et al. (2011) difiere al afirmar un favorecimiento en el porcentaje de emergencia al aplicar este tratamiento.

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del lugar

2.1.1 Política

El área de estudio donde se evaluaron los árboles y colectaron las semillas de *Vachellia macracantha* se ubica en la parroquia Santa Catalina de Salinas, cantón San Miguel de Ibarra, provincia de Imbabura. Los análisis de la calidad de semillas se llevaron a cabo en el laboratorio de biotecnología de la universidad y aplicación de tratamientos pre-germinativos en el campus Yuyucocha, cantón San Miguel de Ibarra, provincia de Imbabura.

2.1.2. Geografía del sitio investigación

La zona donde se colectarán las semillas corresponde al casco urbano de la parroquia Santa Catalina de Salinas, ubicada a 00° 29'36,67" de latitud N, 78° 7' 53,25" de longitud W, a una altitud de 1.639 m.s.n.m. (Anexo 1).

El campus Yuyucocha, se encuentra a 00°21'53" latitud N, 78°06'32" longitud W, a una altitud de 2 243 m.s.n.m. (Anexo 2).

2.1.3 Límites

La parroquia Santa Catalina de Salinas limita: norte con las parroquias de Juan Montalvo y Carolina de los Cantones Mira e Ibarra respectivamente, sur con la cabecera cantonal del cantón Urcuquí, este con las cabeceras cantonales de Ibarra, Mira y oeste parroquias de Cahuasqui, Pablo Arenas y Tumbabiro del cantón San miguel de Urcuquí (GAD Santa Catalina de Salinas, 2015).

El campus Yuyucocha limita: norte con viviendas en la calle Armando Hidrobo, sur con la calle Flores Rúaes, este con la Av. Cap. José Espinoza de los Monteros y la calle Hno. Miguel y oeste con la quebrada seca (Guevara, 2019).

2.2. Caracterización edafoclimática del lugar

2.2.1. Suelo

Los suelos en la parroquia Santa Catalina de Salinas se clasifican de la siguiente manera: El Orden de los Entisoles, se encuentra en la parte central de la parroquia con un 27,62 % del territorio, por otra parte, se evidencia el Orden Inceptisoles en la zona sur con un total de 12,43 % y por último con el 59,95 % del territorio parroquial lo ocupa el Orden Molisoles en la parte norte, central y oriental (GAD Santa Catalina de Salinas, 2015).

2.2.2. Clima

La parroquia Salinas tiene una oscilación en temperatura que va desde los 12° hasta los 24° C, precipitación promedio anual de 600 mm y humedad relativa con valores medios anuales de 60 %, (GAD Santa Catalina de Salinas, 2015).

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

2.3. Materiales, equipos y software

Los materiales de campo, materiales de laboratorio, equipos y software que se emplearon en el desarrollo de la investigación se describen en la tabla 1.

Tabla

Materiales, equipos y software a emplear en la investigación.

Materiales de campo	Herramientas para vivero	Materiales de laboratorio	Equipos	Software
Machete	Guantes	Cajas Petri	GPS.	Microsoft Word.
Cinta métrica	Pala	Papel absorbente	Hipsómetro digital Haglof	Microsoft Excel.
Podadora aérea	Carretilla	Agua destilada	Cámara fotográfica.	ArcGis 10.4
Podadora manual	Tamizador		Computadora.	InfoStat
Fundas zipper	Estacas		Balanza electrónica	Microsoft Power point
Hoja de campo	Plástico		Estufa	G*Power
Útiles de escritorio	Bomba de mochila			
Etiquetas	Sarán			
	Lija grano 100			
	Cuprofix EQ			
	Vitavax			

2.4. Metodología

2.4.1. Investigación experimental

2.4.1.1 Universo.

Se identificó los individuos de la especie *Vachellia macracantha* con capacidad de producir semillas de un total de 139 árboles en el casco urbano de la parroquia Santa Catalina de Salinas, cantón Ibarra, provincia de Imbabura.

2.4.1.2 Tamaño de la muestra.

Se realizó una prueba de significación estadística en G*Power con el fin de planear el tamaño de la muestra de la investigación, con un tamaño del efecto $f=0.15$, α error probabilístico 0.05 y una potencia estadística de 0.85 lo que asegura la validez del diseño. Se obtuvo como resultado una muestra de 20 árboles. Se realizaron 6 tratamientos, para cada uno se hicieron 4

repeticiones, obteniendo 24 unidades experimentales, cada uno albergó 30 semillas, lo que da un tamaño total de la muestra de 720 semillas.

2.4.1.3 Diseño experimental.

La investigación se llevó a cabo bajo un Diseño Irrestringido al Azar con seis tratamientos.

2.4.1.4 Análisis estadístico.

Las variables cuantitativas se evaluaron mediante un análisis de varianza (ANOVA), al presentarse diferencias significativas entre los tratamientos se realizó comparaciones de las medias con el método de Dunnett ya que se cuenta con un testigo.

Previo a las comparaciones se comprobaron los supuestos paramétricos de normalidad con la prueba de Shapiro - Wilks y homocedasticidad con la prueba de Levene. Al no cumplirse con un supuesto se realizó transformaciones. Todas las pruebas estadísticas se hicieron con un nivel de significancia del 0,05.

2.4.1.5 Codificación de los tratamientos pre-germinativos empleados.

Se realizaron seis tratamientos pre-germinativos incluyendo el control o testigo (Tabla 2).

Tabla 1

Tratamientos del estudio

Tratamiento	Descripción
T1	Inmersión de la semilla en agua a 100 °C por 15 minutos
T2	Inmersión en agua al ambiente por 24 horas
T3	Lijado por 30 segundos, lija grano 100
T4	Lijado por 30 segundos, lija grano 100 + Inmersión de la semilla en agua a 100 °C por 15 minutos
T5	Lijado por 30 segundos, lija grano 100 + Inmersión en agua al ambiente por 24 horas
T6	Control (Sin tratamiento)

Nota. La tabla indica la codificación de los 6 tratamientos de estudio y sus características.

2.4.2 Instalación del experimento

2.4.2.1 Selección de los árboles.

La selección de los árboles semilleros se llevó a cabo bajo el criterio de árboles sobresalientes, libres de plagas, enfermedades y otras características externas.

2.4.2.2 Colección de frutos.

Se procedió a cortar el fruto directamente del árbol, esto implicó la aplicación de los siguientes pasos:

- Preparar de material a usar en el campo
- Recolectar los frutos usando podadora aérea y podadora de mano
- Conservar los frutos en fundas zipper
- Mantener las semillas en condiciones adecuadas durante el transporte y post colecta

La recolecta directa en el árbol puede dañar las ramas y el follaje, por lo tanto, fue importante tener cuidado, además, se procuró no dañar las semillas para evitar la pérdida de material viable.

2.4.2.3 Preparación del sustrato.

En la composición del sustrato se tamizó arena y tierra en proporciones (1:1)

2.4.2.4 Preparación de platabanda.

Antes de colocar el sustrato, se procedió a adecuar la platabanda con una base de piedra y grava a modo de que quedara nivelada y se desinfectó con Cuprofix EQ (según las indicaciones del producto). Luego se añadió el sustrato y se colocó el mismo producto desinfectante, se cubrió con un plástico y se dejó actuar durante tres días. Después se seccionó en 24 partes correspondientes al número de unidades experimentales, con su correspondiente identificación. Para evitar intervención de agentes externos, se limitó el sitio con estacas y sarán.

2.4.3 Aplicación de tratamientos pre-germinativos

Una vez preparada la platabanda con el sustrato se procedió a realizar los tratamientos pre-germinativos correspondientes:

2.4.3.1 Tratamientos de inmersión en agua caliente (T1).

Se procedió a llevar el agua a una temperatura de 100 °C, posteriormente se sumergirán las semillas durante 15 minutos.

2.4.3.2 Tratamiento de inmersión en agua al ambiente (T2).

Se pusieron las semillas en remojo, usando agua destilada a temperatura al ambiente por 24 horas, con cambio de agua cada 12 horas.

2.4.3.3 Tratamiento de escarificación mecánica (T3).

Se sometieron las semillas a un desgaste homogéneo y continuo con una lija de grano 100, por un periodo de 30 segundos.

2.4.3.4 Tratamiento lijado e inmersión en agua caliente (T4).

Se realizó un lijado de las semillas por 30 segundos con una lija de grano 100, luego se realizará la inmersión de las semillas en agua a 100 °C por 15 minutos.

2.4.3.5 Tratamiento lijado e inmersión en agua al ambiente (T5).

Se procedió a lijar las semillas por 30 segundos con una lija de grano 100, posteriormente se realizará la inmersión de las semillas en agua al ambiente por 24 horas.

2.4.3.6 Sin tratamiento (T6).

Es un tratamiento de comparación adicional para analizar los resultados de los otros tratamientos.

2.4.4 Desinfección de semillas

Se aplicó Vitavax (según las indicaciones del producto) que es un desinfectante de semillas, por un lapso de 5 minutos para luego pasarlo por papel absorbente y permitir mejor control de las semillas.

2.4.5 Distribución de las semillas

Se distribuyeron las semillas en surcos con una cantidad de 30 unidades por cada uno.

2.4.6 Labores post establecimiento

2.4.6.1 Riego.

El riego con aspersion fina se realizó en todas las ocasiones necesarias considerando la presencia o no de lluvias, procurando además una dispersión homogénea del agua.

2.4.6.2 Control de maleza.

Se llevó a cabo cada vez que se presencié individuos diferentes a los esperados.

2.4.6.3 Seguimiento.

Se realizó un control diario de las actividades de germinación y otros acontecimientos relacionados, por 60 días desde la siembra.

2.5 Variables

2.5.1 Selección los árboles semilleros de *Vachellia macracantha*

Para la selección de los árboles de *Vachellia macracantha* con características fenotípicas superiores se aplicó la metodología de selección de Lombardi et al. (2013) en la cual se evalúan las características dasométricas de los mismos, simultáneamente con la de Heredia y Hofstede (1999), adaptada por Ordoñez et al. (2001), donde se considera las características fenotípicas individuales de los árboles.

2.5.1.1 Parámetros cuantitativos para la evaluación y selección de árboles semillero.

Altura total

Se tomó la altura con ayuda de un Hipsómetro digital Haglof, situándose a una distancia de 10 metros desde la base del árbol.

Diámetro a la altura del pecho

Se midió el diámetro del fuste empleando una cinta diamétrica a 1,30 metros desde el nivel del suelo. Una vez tomados los datos dasométricos se puntuó cada individuo (Tabla 3).

Tabla 2

Parámetros cuantitativos para la selección de árboles semilleros

VARIABLES CUANTITATIVAS	CARACTERÍSTICAS	PUNTAJE
Altura total	Menor al promedio	1
	Igual al promedio	2
	Mayor al promedio	3
DAP	Menor al promedio	1
	Igual al promedio	2
	Mayor al promedio	3

Los individuos que obtuvieron una puntuación total, igual o mayor a cuatro fueron evaluados bajo los parámetros cualitativos.

2.5.1.2 Parámetros cualitativos utilizados para la evaluación y selección de árboles semillero.

A continuación, se presentan los parámetros cualitativos con los que se valoraron los individuos preseleccionados (Tabla 4).

Tabla 3*Parámetros cualitativos para la selección de árboles semilleros*

Parámetro	Característica	Puntaje
Rectitud de fuste	Recto	6
	Ligeramente torcido	4
	Torcido	2
	Muy torcido	1
Altura de bifurcación	No bifurcado	6
	Bifurcado 1/3 superior	4
	Bifurcación 1/3 medio	2
	Bifurcación 1/3 inferior	1
Ángulo de inserción de ramas	0 a 30°	1
	30 a 60°	2
	60 a 90°	3
Forma de la copa	Circular	6
	Circular irregular	5
	Medio círculo	4
	Menos de medio círculo	3
	Pocas ramas	2
	Principalmente rebrotes	1
Diámetro de la copa (promedio)	Copa vigorosa ≥ 10 m	7
	Copa promedio entre 10 y 5m	3
	Copa pequeña, \leq de 5 m	1

Fuente: (Heredia y Hofstede, 1999) adaptada por (Ordóñez et al., 2001).

Una vez puntuados los árboles se los agruparán en las siguientes categorías (Tabla 5).

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.

Fuente: (Heredia y Hofstede, 1999) adaptada por (Ordóñez et al., 2001).

2.5.2 Evaluación de calidad de las semillas de *Vachellia macracantha* bajo normas ISTA

2.5.2.1 Porcentaje de pureza.

Se tomaron ocho submuestras de semillas de pesos similares $35\text{gr} \pm 2\text{ gr}$, se procedió manualmente a separar las impurezas para ser pesadas en la balanza de precisión. El porcentaje de pureza se determinará con la siguiente fórmula:

$$P \% = \frac{\text{Peso de semillas puras (g)}}{\text{Peso total de la muestra (g)}} \times 100$$

Ec. 1

2.5.2.2 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:

$$S/kg = \frac{100 * 1000}{\text{Peso de 100 semillas}}$$

Ec. 2

2.5.2.3 Contenido de humedad.

Para determinar el contenido de humedad, se tomaron ocho submuestras del ensayo de pureza de 4,5 gr \pm 0,5 gr cada una, antes de colocar en la estufa se determinó su peso fresco o inicial exacto en la balanza de precisión y luego se colocó a una temperatura de 130 °C durante 3 hora, el porcentaje de contenido de humedad se determina con la fórmula:

$$CH \% = \frac{\text{Peso inicial} - \text{peso seco (g)}}{\text{Peso inicial (g)}} \times 100$$

Ec. 3

2.5.2.4 Germinación en laboratorio.

Prueba de *germinación en laboratorio*, de la muestra usada en la prueba de pureza se separaron 400 semillas, luego se las distribuyó en ocho repeticiones de 50 semillas cada una. Se colocó en cajas Petri con papel absorbente y agua bajo condiciones de temperatura, humedad y luz adecuados. Los resultados se expresan en porcentaje de germinación acumulada en un tiempo determinado (Quijada et al., 2017). En este caso un periodo de 14 días. Fórmula:

$$G \% = \frac{\text{Semillas germinadas}}{\text{Semillas sembradas}} \times 100$$

Ec. 4

2.5.3 Valoración de datos de germinación en *Vachellia macracantha*

2.5.3.1 Método descriptivo.

- Gráficas de capacidad de germinación

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

- Gráficas de germinación diaria

Muestran el número de semillas que germinaron cada día. Describen la distribución de la germinación en el tiempo, por lo que se observa qué tan cercana es a una distribución normal (la uniformidad) y el día en el que se logra el máximo número de semillas germinadas (pico de germinación) (González y Orozco, 1996).

- Gráficas de germinación acumulada por intervalos de tiempo

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).

- Gráficas de germinación en el tiempo

Se grafica el tiempo o el recíproco del tiempo necesario para alcanzar el 25, 50, 75 y 100 % de germinación acumulada del total de semillas sembradas. 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).

- Gráficas de la capacidad de germinación en el tiempo

Se grafica el tiempo o el recíproco del tiempo necesario para alcanzar el 25, 50, 75 y 100 % de germinación acumulada, del total de semillas germinadas. También se divide la muestra en poblaciones porcentuales, pero toma como 100 % al total de semillas germinadas en cada tratamiento (González y Orozco, 1996).

2.5.3.2 Método analítico.

Índices de germinación

Son indicadores de la interacción de los factores que inhiben o promueven la germinación:

- Tiempo de latencia

Come (como se citó en González y Orozco, 1996) menciona que es el tiempo necesario para el inicio de la germinación. Refleja el efecto del tratamiento en el disparo de la germinación o en el rompimiento de la latencia.

- Coeficiente de velocidad de germinación

Kotowski (como se citó en González y Orozco, 1996) plantea que este índice se basa en el número de semillas germinadas inversamente relacionado con el tiempo y el número de semillas germinadas por día.

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

Ec. 5

Donde: CV = coeficiente de velocidad, n_i = número de semillas germinadas el día i , t_i = número de días desde la siembra.

- Índice de germinación

Scott et al. (como se citó en González y Orozco, 1996) indica que provee una medida del tiempo de germinación en relación con la capacidad de germinación.

$$IG = \frac{\sum (n_i t_i)}{N}$$

Ec. 7

Donde: IG = índice de germinación, n_i = número de semillas germinadas el día i , t_i = número de días después de la siembra, N = total de semillas sembradas.

- Porcentaje de germinación

Los resultados se expresan en porcentaje de germinación acumulada en un tiempo determinado (Quijada et al, 2017).

$$G \% = \frac{\textit{Semillas germinadas}}{\textit{Semillas sembradas}} \times 100$$

Ec. 8

CAPÍTULO III

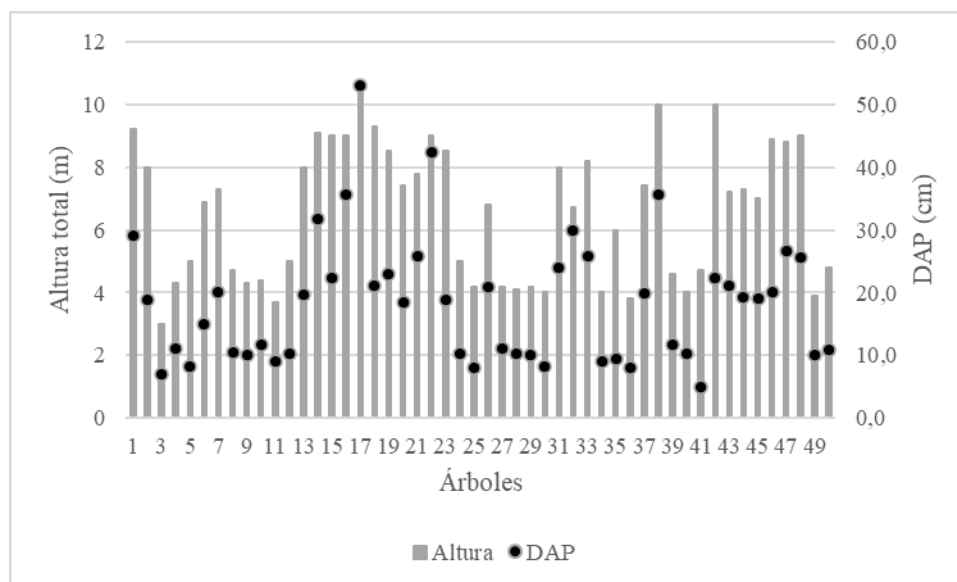
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Selección de árboles fenotípicamente sobresalientes de *Vachellia macracantha*.

En la evaluación de los árboles se presentó una altura total promedio de 6,54 m y un DAP promedio de 18,3 cm (Figura 1).

Figura 1

Parámetros cuantitativos de árboles evaluados



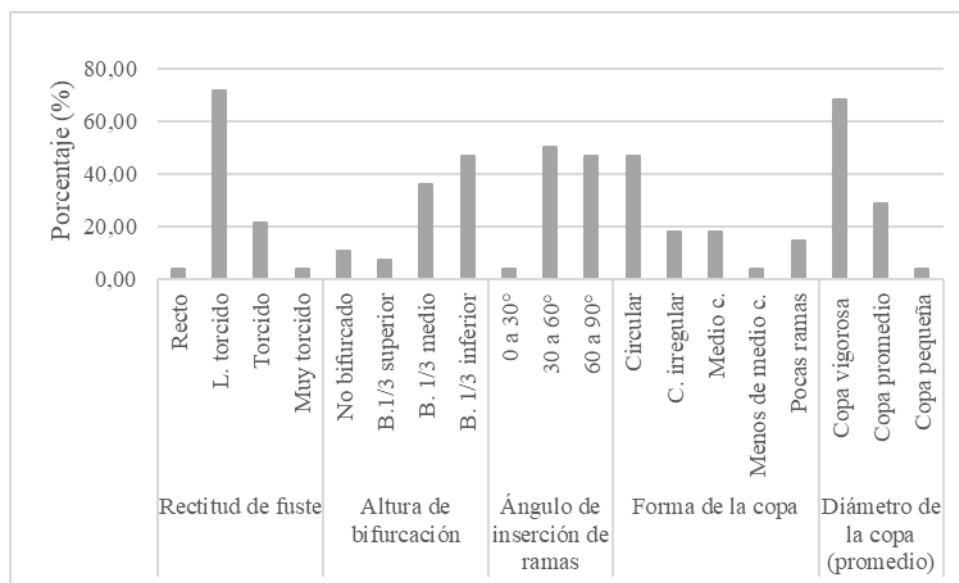
Nota. Altura y DAP (Diámetro a la Altura de Pecho) de cada árbol evaluado

Para la valoración fenotípica, se consideró aquellos que tenían una altura y DAP mayor al promedio, representando estos un 56 % de los árboles medidos (28 árboles).

Los parámetros cualitativos reflejan que el 71,43 % de los individuos presentan un fuste ligeramente torcido; 46,43 % tiene bifurcación en el tercio inferior; 50 % presenta un ángulo de inserción de ramas del 30° al 60°; 46,43 % tiene una forma de copa circular y el 67,86 % tiene una copa vigorosa (Figura 2).

Figura 2

Parámetros cualitativos de árboles seleccionados



Nota. Porcentajes de los parámetros fenotípicos de los 28 árboles preseleccionados de *Vachellia macracantha*.

En la categorización 14,29 % pertenece a la clase uno, 57,14 % corresponden a la clase dos y 28,57 % a la clase tres, siendo árboles excelentes, árboles buenos y árboles indeseables respectivamente. Para obtener semillas de buena calidad se seleccionaron los individuos que conforman la clase uno y dos representando un 71,43 % de los árboles valorados (20 árboles).

Los individuos seleccionados se encontraban en fase de fructificación y con un estado fitosanitario sano.

3.2 Evaluación de calidad de semillas de *Vachellia macracantha* bajo normas ISTA (2016)

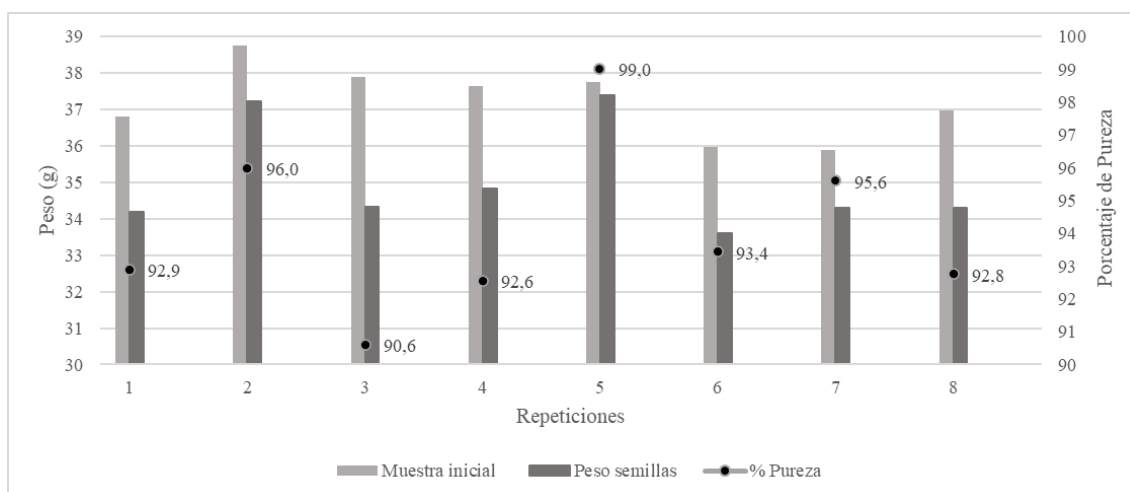
3.2.1. Porcentaje de pureza

El porcentaje promedio de pureza de las semillas de *Vachellia macracantha* fue de 94,1 %; en la repetición cinco se refleja el mayor valor obtenido con 99 %, seguido de la repetición siete con un 95,6 %, esto debido a la baja presencia de impurezas (malezas, semillas de otras

especies, estructuras seminales separadas, partículas de otras hojas u otros materiales) en las muestras. Mientras que la repetición tres corresponde al índice inferior con 90,6 % (Figura 3).

Figura 3

Porcentaje de pureza de las semillas de Vachellia macracantha



Nota. En la figura se denotan el porcentaje de pureza por cada repetición que consta de $35\text{g} \pm 4\text{g}$.

Se detectó un porcentaje de pureza similar al obtenido por Paredes (2011) en estudios con la misma especie, de 93,5 %. A la par, en la investigación de Rodríguez (2021) con el mismo género, se observan resultados muy cercanos, teniendo *Vachellia farnesiana*, *Vachellia pennatula* y *Vachellia schaffneri*, con purezas del 95 %, 95 % y 93 % respectivamente. Con lo mencionado, se asevera que este estudio obtuvo valores que están dentro del rango de pureza conseguido por los autores citados, pese a haber analizado en diferentes ambientes y especies.

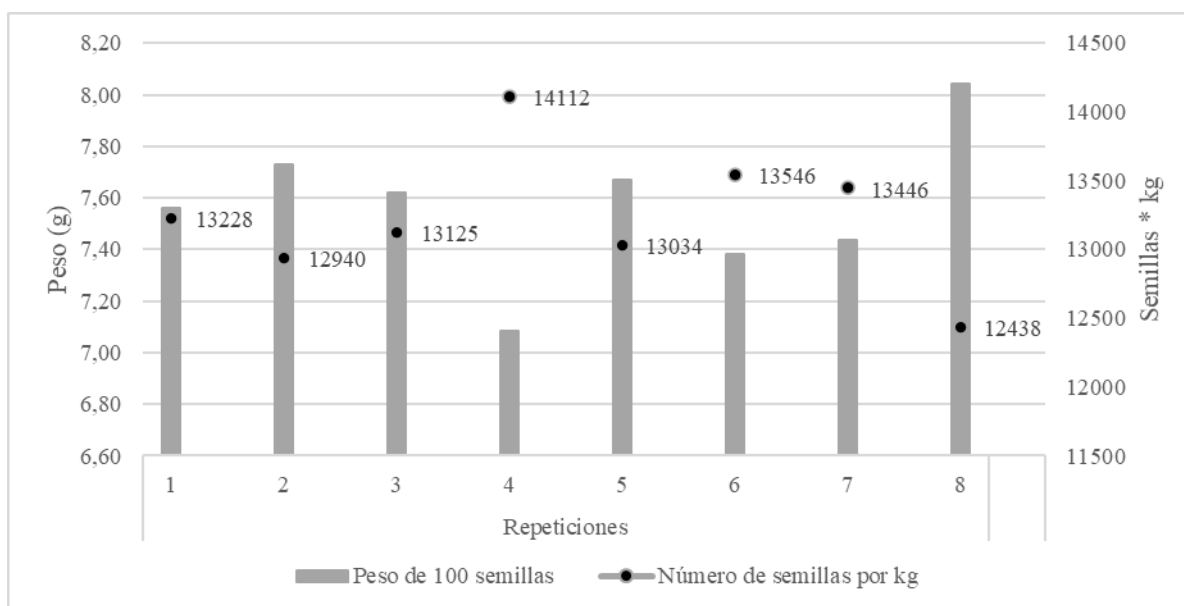
3.2.2. Número de semillas por kilogramo

El número promedio de semillas obtenidos por kilogramo fue de 13 234; el mayor número de semillas se presenta en la repetición cuatro con 14 112 semillas y con el valor inferior se tiene a la repetición ocho con 12 438 semillas (Figura 4). El coeficiente de variación

obtenido es de 3,69 %, menor al 4 % declarado por la norma ISTA (2016), lo que significa que las repeticiones son confiables y no se debe repetir el análisis.

Figura 4

Número de semillas por kilogramo de Vachellia macracantha



Nota. Cada repetición tiene una muestra de 100 semillas

En la investigación de la Universidad Nacional Agraria La Molina (s.f.) con *Vachellia macracantha*, se observan datos similares al presente proyecto con un número de semillas por kg de 13 585. Resultados que se corroboran con el trabajo de Rodríguez (2021) donde reflejan para *Vachellia farnesiana* 14 328 semillas por kg.

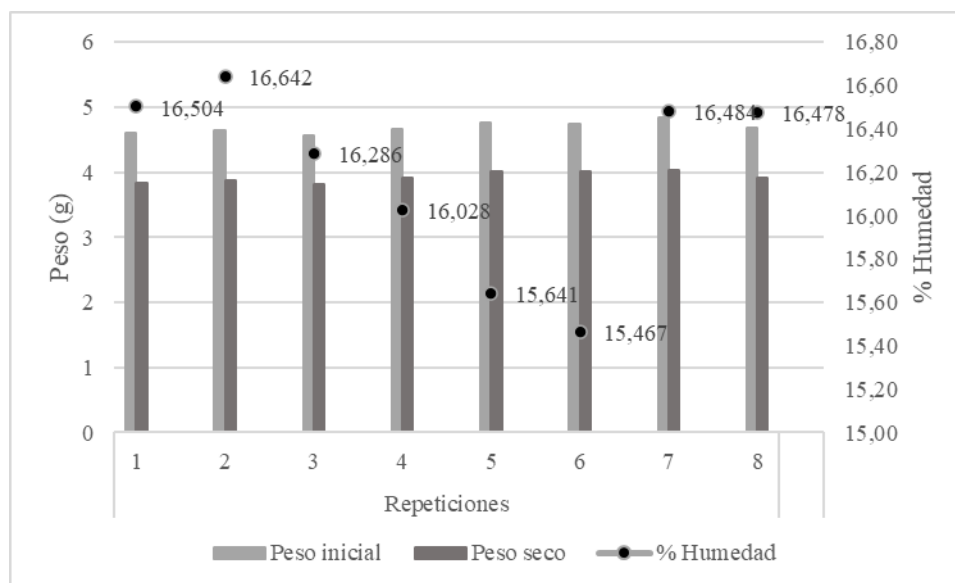
Los resultados pueden deberse a las dimensiones de las semillas las cuales oscilan entre 5,8-6,0 mm de largo, 3,8- 4,0 mm de ancho y 2,0-2,5 mm de grueso, Arce (2000), resultando un número por kg es relativamente elevado.

3.2.3. Contenido de humedad

El contenido de humedad promedio fue del 16,191 %; presentándose el valor mayor en la repetición dos con 16,642 % y el inferior con un 15,641 % en la repetición cinco (Figura 5).

Figura 5

Contenido de humedad de las semillas de Vachellia macracantha



Nota. Cada repetición tiene $4\text{g} \pm 1\text{g}$ y fueron sometidos a $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 3 horas.

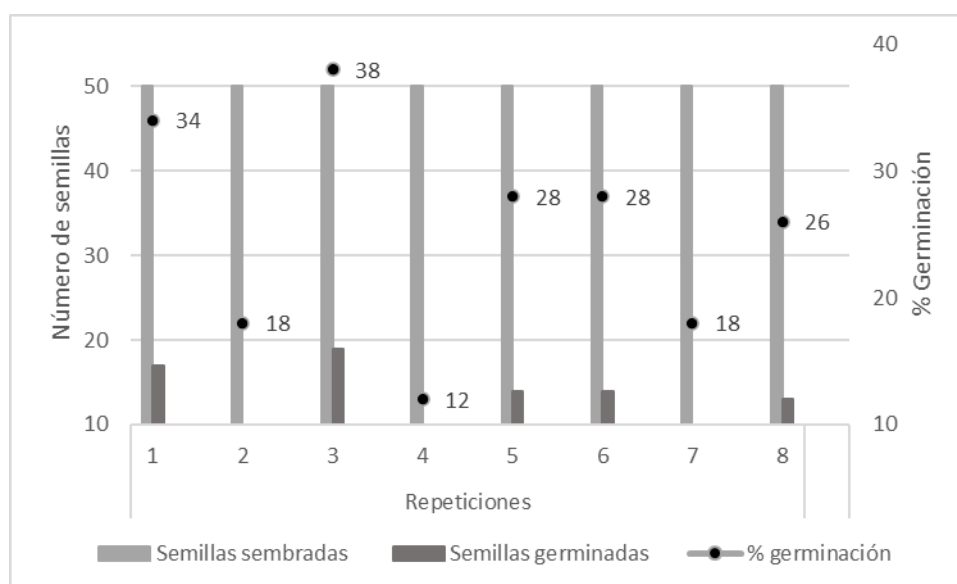
Los resultados difieren con los de Rodríguez (2021), donde obtuvo en *Vachellia farnesiana* 4,2 %, *Vachellia pennatula* 5,9 % y *Vachellia schaffneri* 5,7 %. Además, con los de Incapoma, (2016) en estudios de *Acacia melanoxylon* donde indica que existe un 8,3 % de humedad en esta semilla. Las discrepancias se podrían atribuir a más de no ser especies iguales, a que estas tuvieron diferentes procedencias y formas de secado. Por su parte, Goitia (2003) considera que la humedad de las semillas es relativa dependiendo del manejo, de la zona de recolección y otros factores.

3.2.4 Porcentaje de germinación en laboratorio

El porcentaje promedio de germinación en el laboratorio fue del 25 %; donde el valor más alto se observó en la repetición dos con 38 % y el menor porcentaje se ubica en la repetición cuatro con 12 % (Figura 6).

Figura 6

Porcentaje de germinación en laboratorio de las semillas de Vachellia macracantha



Nota. Cada repetición tiene un total de 50 semillas

En la investigación de Paredes, (2011) se obtuvo una germinación superior al promedio, del 20 %, esto puede atribuirse al tipo de medio utilizado, ya que el trabajo mencionado empleó sustrato del sitio de ensayo y la presente investigación, papel absorbente y agua destilada.

3.3. Tratamientos pre-germinativos aplicados a las semillas de *Vachellia macracantha*

Se aplicaron seis tratamientos que implicaban imbibición, lijado, combinados y un testigo.

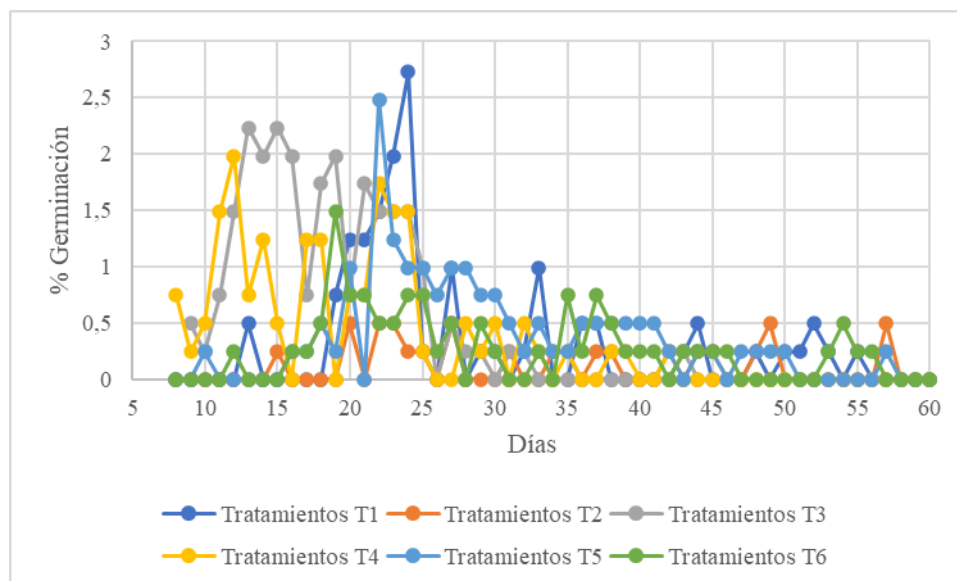
3.3.1 Método descriptivo

3.3.1.1 Gráficas de germinación diaria.

El promedio de germinación diaria obtenido fue de 0,32 %; se presenta el pico de germinación en el T1 con 2,73 % a los 24 días, seguido del T5 con 2,48 % en el día 22, y el T3 con 2,23 % pasado 13 y 15 días, desde el momento de la siembra (Figura 7).

Figura 7

Germinación diaria de las semillas de Vachellia macracantha



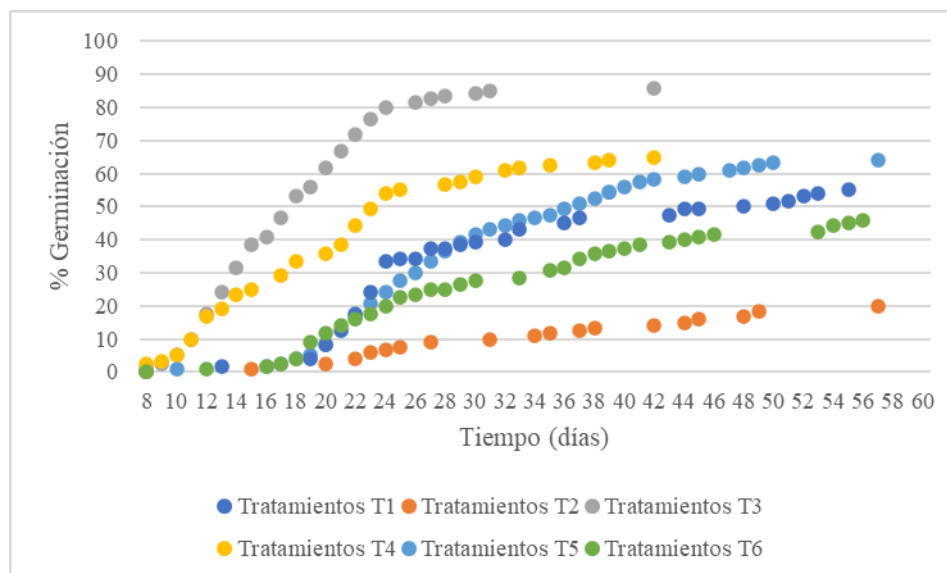
En el presente estudio la germinación del T3 inició en el día ocho, los resultados presentan mayores ventajas en comparación con los obtenidos por Incapoma (2016) al someter semillas de *Acacia melanoxylon* a lijado durante 15 minutos con lija número 20, puesto que reflejó emergencia los 21 días. Además, este consiguió mediante la escarificación mecánica complementada con remojo en agua a 88°C y enfriado gradual a temperatura ambiente durante 12 horas, germinación a los 15 días, mientras que en el presente trabajo con el T4 se presentó en el día ocho.

3.3.1.2. Gráficas de germinación acumulada por intervalos de tiempo.

Se denota la máxima capacidad de germinación con menor tiempo para T3 y T4, al día 42. Por otro lado, los valores más altos se atribuyen a T2 y T5 con 57 días (Figura 8).

Figura 8

Germinación acumulada por intervalos de tiempo de las semillas de Vachellia macracantha



El tratamiento que alcanzó el mayor porcentaje de germinación acumulada fue el T3 con 85,8 % requiriendo 35 días, mientras que el de valor más bajos se atribuye al T2 con 20 % de emergencia en 43 días.

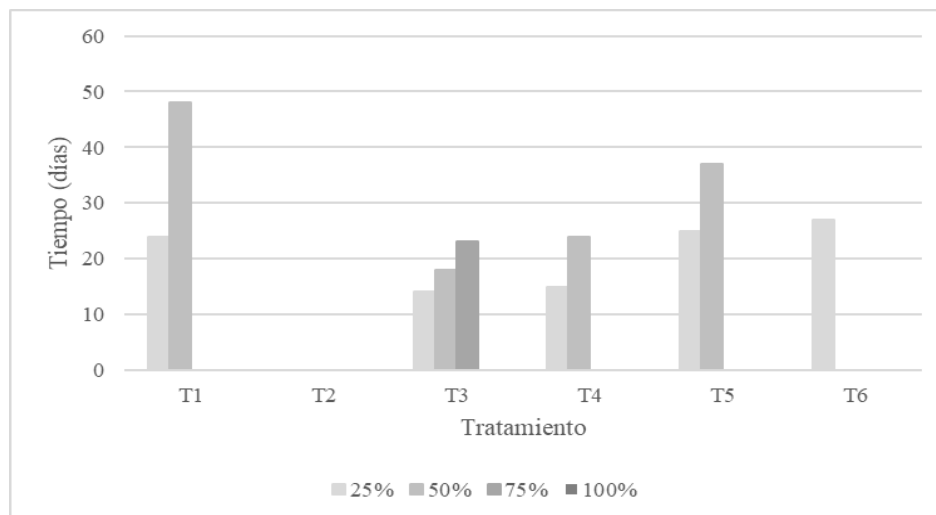
Se muestra que *Vachellia macracantha* posee latencia como resultado del porcentaje relativamente bajo de germinación acumulada en el testigo (45,8 %).

3.3.1.3. Gráficas de germinación en el tiempo.

Todos los tratamientos alcanzaron el 25 % de germinación acumulada del total de semillas sembradas a excepción del T2. Los tratamientos T3 y T4 lo alcanzaron en un menor tiempo con 14 y 15 días, mientras que el T6 lo obtuvo en el tiempo más prolongado, día 27. Los tratamientos T1, T3, T4 y T5 llegaron al 50 %. Se obtuvo en el T3 el tiempo más bajo con 18 días y T1 mayor duración con 48 días. Sólo el T3 alcanzó el 75 % de germinación a los 23 días, y ninguno de los tratamientos llegó al 100 % (Figura 9).

Figura 9

Germinación en el tiempo de las semillas de Vachellia macracantha



En la presente investigación el T2 alcanzó el 20 % de emergencia a los 57 días, reflejando resultados más bajos en comparación con los de Isacas (2011) en sus estudios de *Vachellia macracantha* en el tratamiento de inmersión de las semillas en agua hirviendo y dejando enfriar hasta temperatura ambiente por 24 horas, obtuvo 43,8 % de germinación a los 30 días. Los resultados pudieron diferir debido a la previa inmersión en agua caliente.

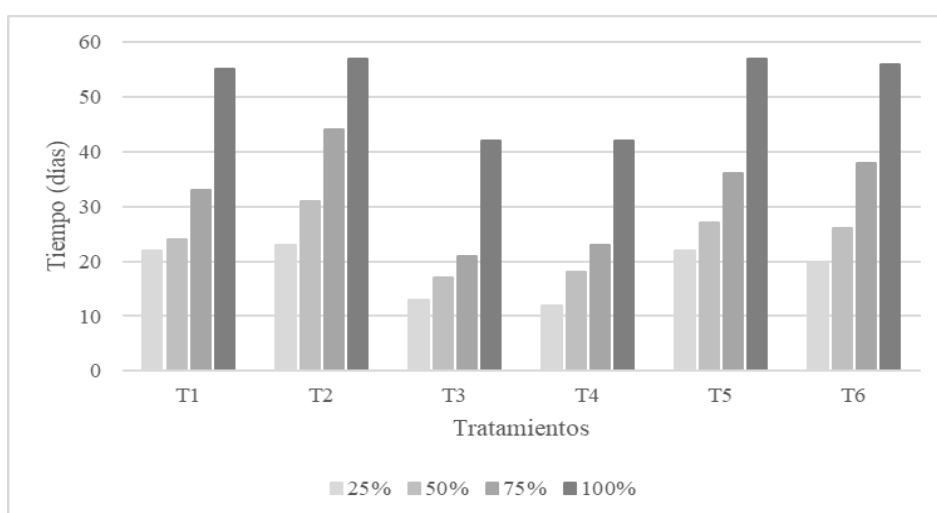
Incapoma (2016) consiguió en *Acacia melanoxylon* R. Br. con el tratamiento de escarificación mecánica complementada con remojo en agua caliente y enfriado gradualmente a temperatura ambiente durante 12 horas, germinación del 73 % en 30 días. En la presente investigación con T4 que alcanzó el 50 % de germinación a los 17 días, obviando el remojo durante 12 horas, lo que lleva a una optimización del tiempo.

3.3.1.4. Gráficas de la capacidad de germinación en el tiempo.

Para alcanzar el 25 % de germinación acumulada del total de semillas germinadas se llevó un lapso de 12 a 23 días, otorgándose el menor y mayor tiempo a T4 y T2 respectivamente. Se cubrió el 50 % a lo largo de 17 a 31 días. El 75 % de 21 a 44 días y el 100 % de entre 42 y 57 días (Figura 10).

Figura 10

Capacidad de germinación en el tiempo de las semillas de Vachellia macracantha



En la investigación realizada por El semillero (s.f.) para *Acacia mangium* indica que el tiempo en alcanzar la máxima capacidad germinativa va de entre 20 y 25 días. Por otra parte, Arévalo (1998) expone que en *Prosopis spp* la germinación culmina a los 24 días. Ambos casos con previo tratamiento de las semillas.

3.3.2. Método analítico

3.3.2.1. Tiempo de latencia.

Los datos no cumplieron el supuesto paramétrico de normalidad en la prueba de Shapiro Wilks, con un p-valor = 0,0344, por tal motivo se realizó una transformación de los datos con logaritmo, logrando un p-valor = 0,0974. Se cumplió con el supuesto de homocedasticidad de varianza con la prueba de Levene, con un p-valor = 0,72

En el análisis de varianza se obtuvo alta significación estadística entre tratamientos con 10,78 % y coeficiente de variación de 7,59 % (Tabla 6).

Tabla 6

Análisis de varianza para la variable tiempo de latencia

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	2,08	5	0,42	10,78	0,0001
Error	0,69	18	0,04		
Total	2,77	23			

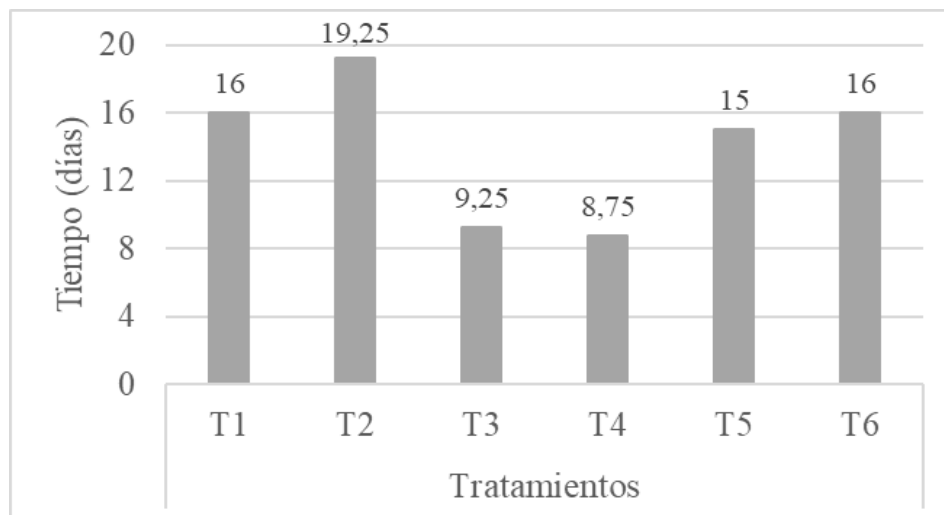
Nota. F.V.: Fuente de variación, SC: Suma de cuadrados, gl: Grados de libertad, CM: Cuadrado medio, F: Fisher calculado.

Nota. Coeficiente de variación 7,59 %.

El promedio de tiempo de latencia fue de 14,04 días. Con la prueba de Dunnett en esta variable (Anexo 1) se observa que las medias de T3 y T4 son significativamente diferentes a T6, con 9,25 y 8,75 días respectivamente. Por otra parte, el T2 fue el que tomó más tiempo en emerger teniendo 19,25 días, siendo superado por el tratamiento control (T6) donde el proceso arrancó a los 16 días (Figura 11).

Figura 11

Tiempo de latencia de las semillas de Vachellia macracantha



Los resultados obtenidos se asemejan a los de Lojan (1992) donde las semillas de *Vachellia macracantha* sembradas con previo tratamiento germinaron en condiciones de vivero a los 12 días.

Por otro lado, el valor promedio reflejado fue aproximadamente tres veces mayor al de Atencio et al., (2003) en *Vachellia macracantha* donde obtuvo una media de 5 días. Otra diferencia similar se puede constatar en el estudio de *Leucaena leucocephala* llevado a cabo por Sánchez y Ramírez (2006) donde la germinación inició a los 4 días después de la siembra. Estas respuestas pueden ser atribuidas a la diferencia entre las especies.

3.3.2.2. Coeficiente de velocidad de germinación (CVG).

Para la variable de coeficiente de velocidad de germinación los datos cumplieron el supuesto paramétrico de normalidad en la prueba de Shapiro Wilks, con un p-valor = 0,3258 y el de homocedasticidad de varianza con la prueba de Levene, con un p-valor = 0,3561.

El análisis de varianza tuvo alta significación estadística entre tratamientos con 31,47 % y un coeficiente de variación de 9,92 % (Tabla 7).

Tabla 7

Análisis de varianza para la variable coeficiente de velocidad de germinación

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	25,49	5	5,1	31,47	<0,0001
Error	2,92	18	0,16		
Total	28,41	23			

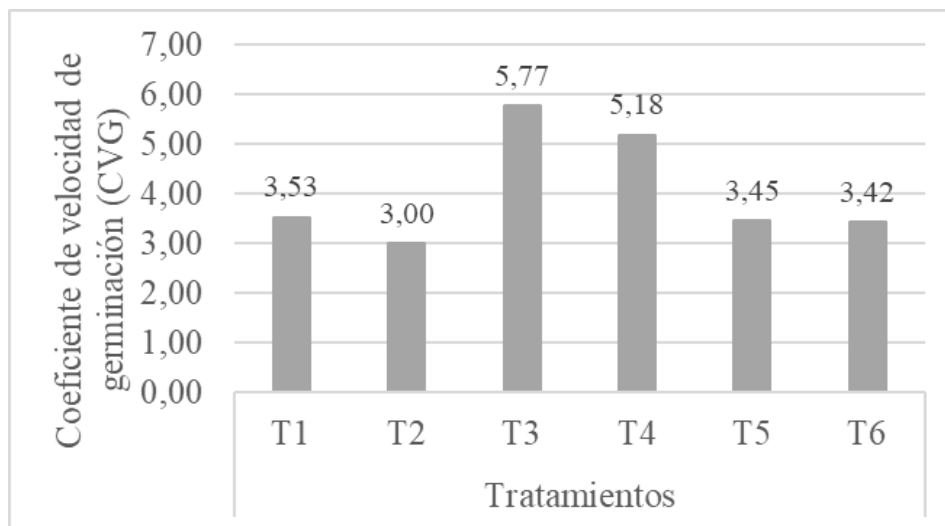
Nota. F.V.: Fuente de variación, SC: Suma de cuadrados, gl: Grados de libertad, CM: Cuadrado medio, F: Fisher calculado.

Nota. Coeficiente de variación 9,92 %.

En el coeficiente de velocidad de germinación se dio promedio de 4,0595 %. Con la prueba de Dunnett en el CVG (Anexo 2) se refleja que dos de los tratamientos evaluados no fueron estadísticamente igual al control; T3 con 5,771 % y T4 con 5,183 % (Figura 12).

Figura 12

Coefficiente de velocidad de germinación de las semillas de Vachellia macracantha



En el presente estudio el T3 presentó el coeficiente más alto, estos resultados concuerdan con los obtenidos por Utello et al. (2023) en la germinación de *Prosopis caldenia*, los autores indican que mediante la aplicación de tratamientos de escarificación con lija (hasta provocar una hendidura, lija grano 120) la germinación presentó mejores resultados y mayor velocidad de germinación.

3.3.2.3. Índice de germinación.

Los datos cumplieron el supuesto paramétrico de normalidad en la prueba de Shapiro Wilks, con un p-valor = 0,3920 y el de homocedasticidad de varianza con la prueba de Levene, con un p-valor = 0,0898.

En el análisis de varianza presentó alta significación estadística entre tratamientos con 9,35 % y el coeficiente de variación indicó un valor de 19,06 % (Tabla 8).

Tabla 8

Análisis de varianza para la variable índice de germinación

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	320,02	5	64	9,35	0,0002
Error	123,24	18	6,85		
Total	443,26	23			

Nota. F.V.: Fuente de variación, SC: Suma de cuadrados, gl: Grados de libertad, CM:

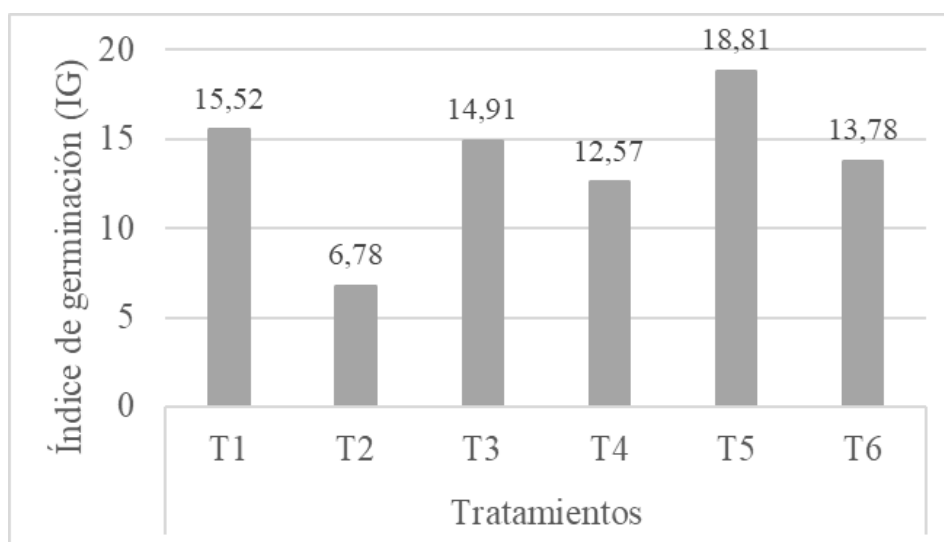
Cuadrado medio, F: Fisher calculado.

Nota. Coeficiente de variación 19,06 %.

Se arrojó un índice de germinación promedio de 13,72 %. En la prueba de Dunnett para el índice de germinación (Anexo 3) se muestra que uno de los tratamientos analizados no fue estadísticamente igual al control; siendo este el T2 con el valor más bajo obtenido de 6,78 % (Figura 13).

Figura 13

Índice de germinación de las semillas de Vachellia macracantha



Los resultados del tratamiento con lija (T3) difieren con los obtenidos por Utello et al., (2023) en estudios de *Prosopis caldenia*, donde este presentó el menor valor con respecto a los demás.

3.3.2.4. Porcentaje de germinación.

En esta variable los datos cumplieron el supuesto paramétrico de normalidad en la prueba de Shapiro Wilks, con un p-valor = 0,7155 y el de homocedasticidad de varianza con la prueba de Levene, con un p-valor = 0,4864.

El análisis de varianza tiene alta significación estadística entre tratamientos con 32,16 % y el coeficiente de variación mostró un valor de 13,91 % (Tabla 9).

Tabla 9.

Análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	9751,34	5	1950,27	32,16	<0,0001
Error	1091,62	18	60,65		
Total	10842,95	23			

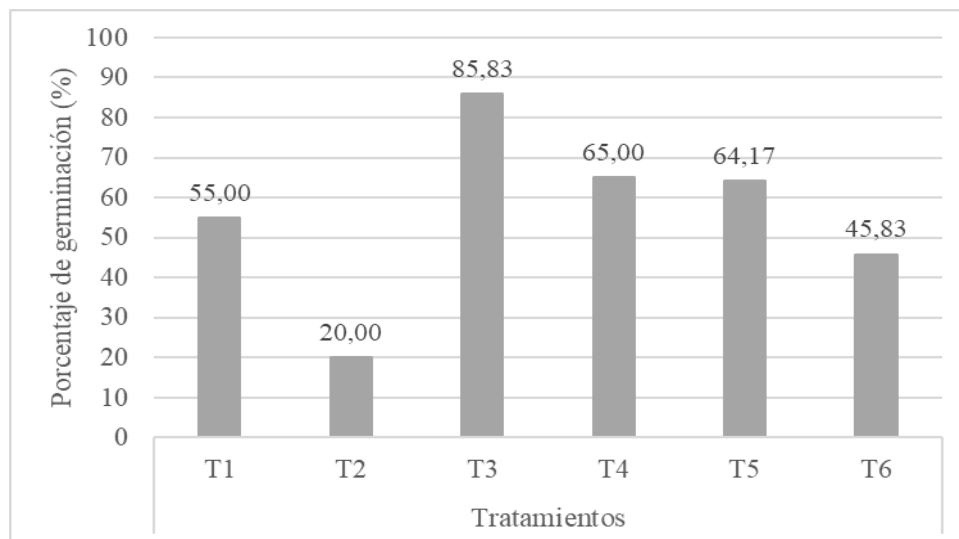
Nota. F.V.: Fuente de variación, SC: Suma de cuadrados, gl: Grados de libertad, CM: Cuadrado medio, F: Fisher calculado.

Nota. Coeficiente de variación 13,91 %,

El porcentaje de germinación promedio fue de 55,97 %. Como se indica en la prueba de Dunnett de porcentaje de germinación (Anexo 4) cuatro de los tratamientos del presente trabajo no fueron estadísticamente igual al control; arrojando mayores resultados T3 con 85,83 % de emergencia, contrario al T2 con los valores más bajos de 20 %, siendo superado por el T6 que obtuvo 45,83 % (Figura 14).

Figura 14

Porcentaje de germinación de las semillas de Vachellia macracantha



Los resultados son comparables con los obtenidos por Maldonado et al. (2018), donde el mayor porcentaje de germinación de semillas se presentó en el tratamiento de escarificación física; limado (lima de metal) con 46,3 % de emergencia, sometidos a previo remojo en agua destilada durante 24 horas. Sin embargo, pese a no haber ejecutado la técnica previa, en la presente investigación se alcanzó el 85,8 % de germinación con T3, mostrando un incremento de hasta 39,5 %. Además, en los estudios de Atencio, et al. (2003) sobre *Peltophorum pterocarpum* el mejor tratamiento fue la escarificación con papel lija grano 80 por 20 minutos, con valor de 92 % de germinación. El resultado se asemeja al de la presente investigación con T3, con valor de 85,5 % de emergencia, sin embargo, en este ensayo se optimiza, por mucho, el tiempo empleado.

Por otro lado, con diferencia de apenas menos 4°C y cinco minutos más en remojo en agua caliente, en el T1 se elevó la emergencia en un 42 % en esta investigación. Hernández (2011) no obtuvo resultados positivos con la inmersión de las semillas en agua a 80°C por tres

minutos, por lo que se deduce que para obtener mayores porcentajes en la emergencia se debe incrementar en el tiempo de inmersión y la temperatura como en la presente investigación.

Sánchez y Ramírez (2006) en investigaciones con *Leucaena leucocephala* sometieron las semillas a escarificación mediante el uso de papel lija que resultó con un 43,75 % de germinación para 40 minutos y 24,75 % en 20 minutos, reflejándose en el presente trabajo un rendimiento superior del 42,05 % y 61,05 % empleando menos de tiempo (T3).

El T2 presentó 20 % de germinación, resultado que es comparable con lo obtenido por Rodríguez *et al.* (1985) con una emergencia del 28 % en *Leucaena leucocephala* Lam. empleando el mismo tratamiento. Este tratamiento redujo el porcentaje de emergencia de las semillas, al igual que en el trabajo llevado a cabo por Atencio *et al.* (2003) con *Peltophorum pterocarpum* posiblemente por la impermeabilidad de la semilla, sumado que la temperatura empleada (ambiente) no fue suficiente para favorecer la imbibición de la semilla, romper la dureza de la cubierta y permitir la rápida salida del embrión, por lo que se presume la necesidad de efectuar cambios del agua con mayor frecuencia (en la presente investigación se dio cada 12 horas).

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Los árboles seleccionados de *Vachellia macracantha* como fuentes semilleras presentaron características fenotípicas sobresalientes, lo cual permite obtener semillas de alta calidad.
- La calidad de las semillas de *Vachellia macracantha*, se considera buena; con un porcentaje de pureza alto, número de semillas por kilogramo considerable, contenido de humedad relativamente bajo, el porcentaje de germinación en laboratorio osciló entre el 12 % y 38 %.
- Los tratamientos pre-germinativos influyen significativamente en la germinación de semillas de *Vachellia macracantha*, denotándose mayores resultados en el procedimiento de lijado por 30 segundos, con lija grano 100 (T3).
- El incremento en el porcentaje de germinación después de la aplicación de los tratamientos confirma la presencia de latencia física en las semillas de *Vachellia macracantha*.

4.2. Recomendaciones

- Incrementar en las investigaciones aspectos de calidad de semillas para especies forestales, puesto que la información actual es limitada, y se torna necesario conocer las características de estas previo otros procedimientos de investigación.
- Considerar el incremento en el tiempo empleado en escarificación física de semillas de *Vachellia macracantha*, con el fin de elevar el porcentaje de emergencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, Z. (2012). Especies forestales de los bosques secos del Ecuador. Guía dendrológica para su identificación y caracterización. *Proyecto Manejo Forestal Sostenible Ante El Cambio Climático. MAE/FAO-Finlandia. Quito, Ecuador*, 162-187.
- Aguirre, Z., Kvist, L., & Sánchez, O. (2006). Bosques secos en Ecuador y su diversidad. *Botánica económica de los Andes Centrales, 2006*, 162-187.
- Arce, M. (2000). El género acacia (Leguminosae, Mimosoideae) en el estado de Oaxaca, México. In *Anales del Jardín Botánico de Madrid* (Vol. 58, No. 2, pp. 251-302). Real Jardín Botánico.
- Arévalo, J. (1998). *Tratamientos para mejorar la germinación de semillas de yerba mate (Ilex paraguariensis) y algarrobo (Prosopis spp.)* (Doctoral dissertation, Escuela Agrícola Panamericana, 2014).
- Atencio, L., Colmenares, R., Ramírez, M., & Marcano, D. (2003). Tratamientos pregerminativos en acacia San Francisco (*Peltophorum pterocarpum*) Fabaceae. *Revista de la Facultad de Agronomía, 20*(1), 63-71. Baskin, J. & C. Baskin. (2004). A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research* 14:1-6.
- Baskin, J. M., & Baskin, C. C. (2004). A classification system for seed dormancy. *Seed science research, 14*(1), 1-16.
- Bewley, J. D., & Black, M. (1994). *Seeds: physiology of development and germination*. Springer Science & Business Media.
- Bradford, K., & Nonogaki, H. (Eds.). (2007). *Annual plant reviews, seed development, dormancy and germination*. John Wiley & Sons.

Castro G., Cruz, A., Hernández, D., Hidalgo, M., Rodríguez, C. y Vásquez, V. (1999). “Remoción de semillas y frutos en un bosque mesófilo fragmentado y árboles aislados en Jalapa, Ver.” pp. 62-67.

Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal, Bogotá. (1995). *Identificación, selección y manejo de fuentes semilleras: presentaciones técnicas. Seminario Nacional de Identificación, Selección y Manejo de Fuentes Semilleras. Santafé de Bogotá (Colombia), 27-30 Jun 1995.* Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/31602>.

De la Cuadra, C. (1992). *Germinación, latencia y dormición de las semillas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario. D.L. Madrid

Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*, 31(1).

El semillero. (s.f.). Acacia Magnium ficha técnica 20. Bogotá, Colombia. SCRIBD. <https://es.scribd.com/document/459102495/Acacia-Magnium-FICHA-TECNICA-20>

Espinosa, C. I., Reyes, C., & Jara-Guerrero, A. (2021). Las cabras como dispersores de semillas: aportes y limitaciones para la regeneración del bosque tropical estacionalmente seco de Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 69(2), 557-572.

Fenner, M. (Ed.). (2000). *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. CABI publishing.

Fenner, M., & Thompson, K. (2005). *The ecology of seeds*. Cambridge university press.

Finch, W. & Leubner, G. (2006). Seed dormancy and the control of germination. *New phytologist*, 171(3), 501-523.

- García, E. G., & Di Stéfano, J. F. (2000). Temperatura y germinación de las semillas de *Dalbergia retusa* (Papilionaceae), árbol en peligro de extinción. *Revista de Biología Tropical*, 48(1), 43-45.
- García, J. (1991). Manual de repoblaciones forestales. *Tomo I. Esc. Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Fund. Conde del Valle de Salazar. Madrid-España.*
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural “Santa Catalina de Salinas”. (2015). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia “Santa Catalina de Salinas” 2015 – 2019
- Goitia, L. (2003). Manual de dasonomía y silvicultura. *Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 159p.*
- González, Y., Reino, J. y Machado, R. (2009). Dormancia y tratamientos pregerminativos en las semillas de *Leucaena spp.* cosechadas en suelo ácido. *Pastos y forrajes*, 32(4), 1-1.
- 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.
- Granados, D., López, G., y Hernández, M. (2007). Ecología y silvicultura en bosques templados. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 13(1), 67-83
- Granda, V., & Guamán, S. (2006). Composición florística, estructura, endemismo y etnobotánica de los bosques secos “Algodonal” y “La Ceiba” en los cantones Macará y Zapotillo de la provincia de Loja. *Trabajo de grado de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja). Loja-Ecuador.*
- Guevara, K., y Pozo, A. (2019). *Interpretación turística y ambiental en los senderos de la granja experimental Yuyucocha, Ibarra-Ecuador.*

- Hartmann, H. y Kester, D. (2001). Propagación de plantas. Principios y prácticas. (Tr.) A. Ambrosio. Octava Impresión. Editorial Continental México. 760 p.
- Hernández, N. (2011). Evaluación de tratamientos pregerminativos para estimular la emergencia en cuatro especies forrajeras arbóreas. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 28, 536.
- Herrera, J., & Alvarado, A. (2012). Germinación de semillas de palma aceitera: estudios del efecto de la carga de racimos de la palma madre, la variedad y las condiciones (temperatura y oxígeno) durante el proceso de ruptura del reposo. *ASD Oil Palm Papers*, 37, 25-30.
- Iglesias, G. (2016). *Evaluación de la propagación de hyeronima macrocarpa Schltr. (Motilón), en tres tipos de sustratos, en la parroquia Ulba cantón Baños, provincia de Tungurahua* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Incapoma, L. (2016). *Efecto de la aplicacion de tratamientos pregerminativos en semillas de acacia negra (Acacia melanoxylon R. Br.) en la ciudad de El Alto La Paz* (Doctoral dissertation).
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2018). Datos de la estación meteorológica Yuyococha.
- Isacas, F. (2011). Alternativas de protección de suelos en la Microcuenca Yahuarcocha mediante la plantación de especies *Caesalpinia Spinosa*, *Acacia Macracantha* y *Schinus Molle*, en zanjas de infiltración.
- Jara, L. (1995). Identificación y selección de fuentes semilleras. *Curso Nacional sobre Identificacion, Seleccion y Manejo de Fuentes Semilleras*, 61.

- Jorgensen, P & León, S. (1999). *Catalogue of the Vascular Plants of northwest South America*. The University Press of Chicago.
- Kimura, E., & Islam, M. A. (2012). Seed scarification methods and their use in forage legumes. *Research Journal of Seed Science*, 5(2), 38-50.
- Lauridsen, E. B. (1994). *Identification, establishment and management of seed sources*. Danida Forest Seed Centre.
- 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.
- Lojan Idrobo, L. (1992). El verdor de los Andes: árboles y arbustos nativos para el desarrollo forestal altoandino. *Proyecto Desarrollo Forestal Participativo en los Andes. Quito, Ecuador*.
- Louman, B. (2001). *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central* (Vol. 46). CATIE.
- Maldonado, F., Ruales, C., Caviedes, M., Ramírez, D., & León, A. (2018). An evaluation of physical and mechanical scarification methods on seed germination of *Vachellia macracantha* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Seigler & Ebinger. *Acta Agronómica*, 67(1), 120-125.
- Mora, R., Rodríguez, J., Peña, A., y Ramírez, V. (2003). Respuesta de *Chamaedorea elegans* Mart. a tratamientos de pregerminación. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 9(1), 135–149.

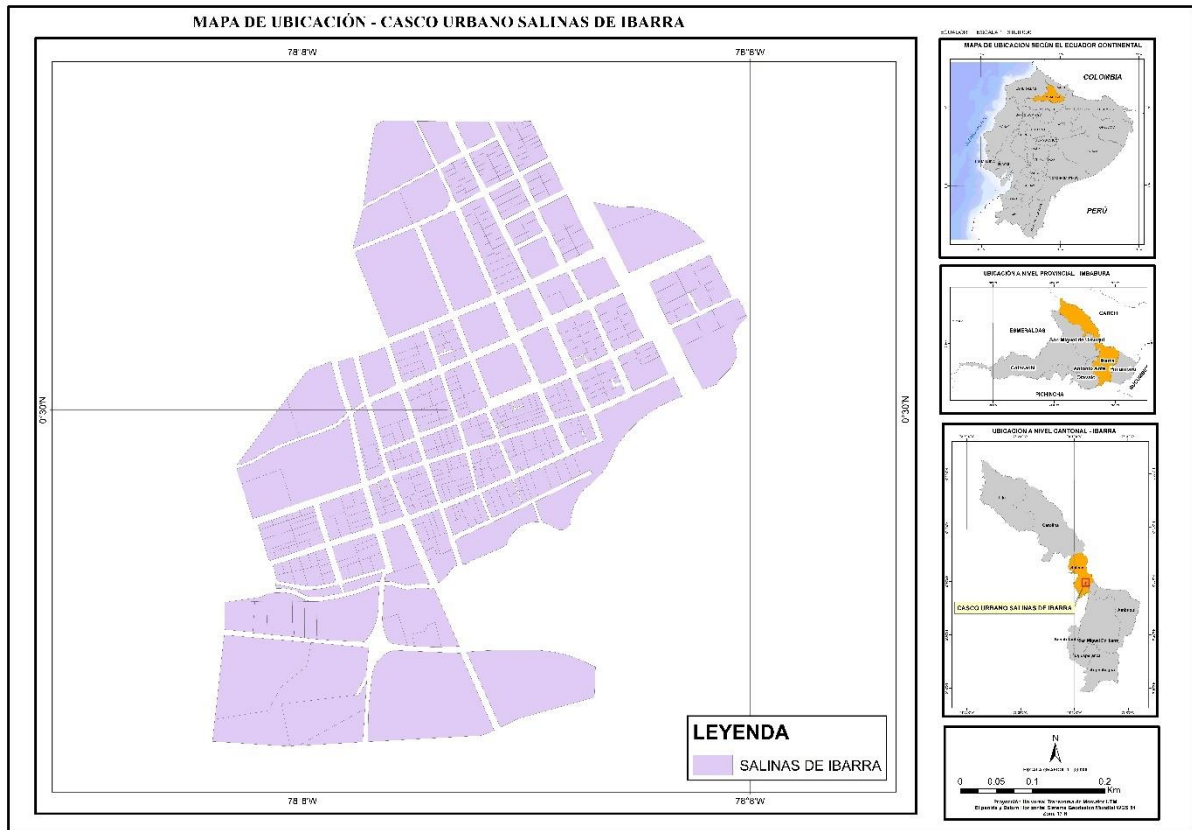
- Morocho, M., & Quinde, F. (2004). Establecimiento y manejo de Fuentes semilleras de especies nativas del Cañar. *FOSEPOR/COSUDEINTERCOOPERATION. H. Consejo Provincial del Cañar. EC.*
- Ordóñez, L. (2001). *Sitios de recolección de semillas forestales andinas del Ecuador*. Editorial Abya Yala.
- Paredes, D. (2011). Alternativas de protección de suelos en la Microcuenca Yahuarcocha mediante siembra directa de tres especies *Caesalpinia spinosa*, *Acacia macracantha* y *Schinus molle*, en zanjas de infiltración. (Tesis pregrado). Universidad Técnica del Norte.
- Polo, J., Maldonado, G., Cuesta, F., Pinto, E., Paredes, S. (2017). Los Árboles Patrimoniales de Quito. 2da edición. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, CONDESAN.
- Poulsen, K. M., Stubsgaard, F., Lauridsen, E. B., & Robbins, A. M. J. (2000). *Técnicas para la escarificación de semillas forestales*. CATIE, Turrialba (Costa Rica).
- Quijada, M., Garay V., y Valera, L. (2017). Normas Principales para las Pruebas Rutinarias de Semillas Forestales (Basadas en Normas Internacionales ISTA).
- Roberts, E. H. (1973). Predicting the storage life of seeds. *Seed Science and technology*, 1, 499-514.
- Rodríguez, C., Vázquez, J., y Hernández, F. (1985). Evaluación de diferentes métodos prácticos de escarificación en semillas de leucaena leucocephala Lam, en condiciones de trópico semi-seco. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, (48), 24-29.
- Rodríguez, D. (2021). *Semillas de Especies Forestales*. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. 505

- Romero Delgado, G., Trillo Zárate, F., Orellana Chirinos, J., Quiroga Espilco, P., Gamarra Bojorquez, J., Rojas Egoavil, D., ... & Nuñez Delgado, J. (2021). Efecto de *Acacia macracantha* en las propiedades físicas y químicas del suelo en un sistema silvopastoril. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(3).
- Sánchez, D. (1991). Formación y Desarrollo de las Semilla. *Técnicas para el manejo y uso de los recursos fitogenéticos*, 1st edn. Quito, 88-96.
- Sánchez, Y., y Ramírez, M. (2006). Tratamientos pregerminativos en semillas de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. y *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 23(3), 257-272.
- Secretaría Nacional de Planificación. (2021). Plan de creación de oportunidades 2021-2025. Quito, Ecuador
- Suárez, D., y Melgarejo, L. (2010). Biología y germinación de semillas. *Experimentos en fisiología vegetal*, 13-25.
- 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
- Universidad Nacional Agraria La Molina. (s/f). Vivero forestal facultad de ciencias forestales. URL: <http://www.lamolina.edu.pe/facultad/forestales/viveroforestal/interior/semillas.htm>
- University of California. (2007). Forest Vegetation Management. Oakland (California): s.n.
- Utello, M., Tarico, J., Demaestri, M., & Plevich, J. (2023). Evaluación de tratamientos pregerminativos en semillas de *Prosopis caldenia*. *BOSQUE*, 44(1), 37-45.

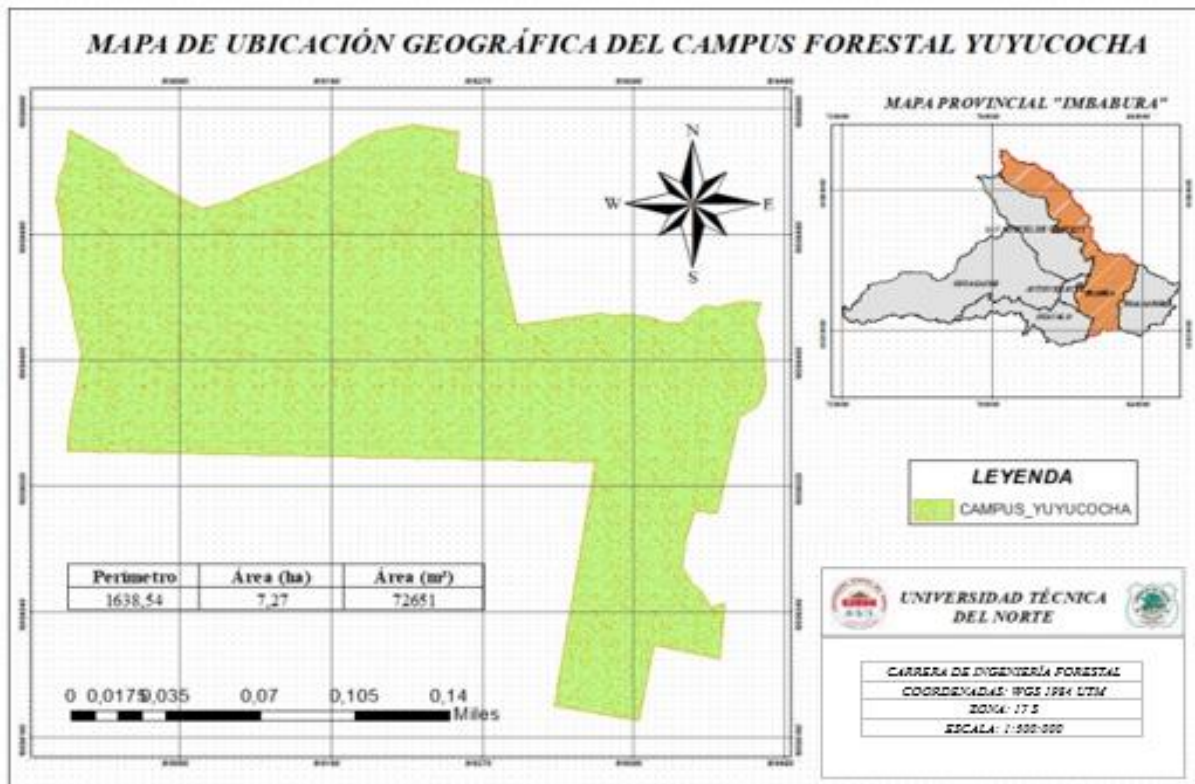
- Valencia, S. (1998). “Efecto del borde de la densidad de plántulas y juveniles de *Eriobotrya japonica* (Rosaceae) en el Parque Ecológico Fco. Javier Clavijero, Xalapa, Ver”. pp. 116- 118.
- Vallejos, J., Badilla, Y., Picado, F., & Murillo, O. (2010). Metodología para la selección e incorporación de árboles plus en programas de mejoramiento genético forestal. *Agronomía Costarricense*, 34(1), 105-119.
- Varela, S. A., & Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. *Sistemas Forestales Integrados*, 3, 1-10.
- Vázquez, C., & Toledo, J. (1989). El almacenamiento de semillas en la conservación de especies vegetales. Problemas y aplicaciones. *Botanical Sciences*, (49), 61-69.
- Vertucci, C., & Farrant, J. (1995). Acquisition and loss of desiccation tolerance. *Seed development and germination*, 237-271.
- Villalobos, R., & Herrera, J. (1991). Germinación de la semilla de pejibaye (*Bactris gasipaes*). I. Efecto de la temperatura y el sustrato. *Agronomía Costarricense*, 15(1/2), 57-62.
- Willan, R. (1991). Guía para la manipulación de semillas forestales con especial referencia a los trópicos. Roma, Italia: FAO.

ANEXOS

Anexo 1. Mapa de ubicación del sitio de recolección de semillas



Anexo 2. Mapa de ubicación del campus Yuyucocha



Anexo 3. Evaluación fenotípica para selección de individuos de *Vachellia macracantha*

DATOS DE ÁRBOLES													
N°	Código	COORDENADAS		Altitud	Altura total (m)	DAP	Rectitud de fuste	Altura de bifurcación	Ángulo inserción de ramas	Forma de copa	Diámetro de copa	Puntaje total	Clase
		1	2										
1	VM01	819610	54926	1599	6,9	15,0	2	2	2	6	7	19	2
2	VM02	819208	54462	1626	7,3	20,0	4	1	3	6	3	17	3
3	VM03	819628	54940	1614	7,4	18,5	4	1	3	6	7	21	2
4	VM04	819658	54944	1615	7,8	25,8	4	2	2	4	7	19	2
5	VM05	819627	54949	1613	8,2	25,8	4	1	2	6	7	20	2
6	VM06	819606	54964	1611	9,2	29,0	4	2	3	6	7	22	1
7	VM07	819200	54458	1627	8	18,9	2	2	2	2	1	9	3
8	VM08	819199	54455	1627	9,1	31,8	1	1	2	2	3	9	3
9	VM09	819352	54793	1619	9	22,4	6	1	2	4	7	20	2
10	VM10	819208	55030	1617	8,9	20,1	4	1	2	6	7	20	2
11	VM11	819397	54389	1625	8,8	26,7	4	1	2	5	7	19	2
12	VM12	819199	54455	1627	9	25,6	2	2	2	4	7	17	3
13	VM13	819216	54366	1628	8	19,7	4	4	2	6	3	19	2
14	VM14	819197	54325	1625	7,3	19,3	4	4	2	6	3	19	2
15	VM15	819125	54660	1623	7	19,1	4	2	1	5	7	19	2
16	VM16	819237	54384	1628	7,2	21,0	4	2	2	6	7	21	2
17	VM17	819126	54658	1624	6,8	20,9	4	1	3	5	7	20	2
18	VM18	819179	54979	1623	9,3	21,2	4	1	2	5	7	19	2
19	VM19	819199	54450	1627	8,5	23,0	4	2	3	4	3	16	3
20	VM20	819269	54388	1627	8	23,9	4	6	3	4	7	24	1
21	VM21	819199	54450	1628	6,7	30,0	2	1	3	3	3	12	3
22	VM22	819308	54462	1625	9	42,3	4	6	3	6	7	26	1
23	VM23	819291	54494	1624	8,5	18,9	4	1	3	5	7	20	2
24	VM24	819243	54519	1624	10	22,3	4	2	3	6	7	22	2
25	VM25	819201	54446	1628	9	35,7	2	1	3	2	3	11	3
26	VM26	819182	55000	1622	10,5	53,0	4	6	3	6	7	26	1
27	VM27	819182	55003	1622	7,4	19,9	2	2	2	6	7	19	2
28	VM28	819201	54446	1628	10	35,7	4	1	3	2	3	13	3

Anexo 4. Germinación diaria por tratamiento de *Vachellia macracantha*

GERMINACIÓN PLATABANDA EN CAMPUS YUYUCOCHA																									
Fecha de siembra 01/03/2023					Fecha de inicio germinación 08/03/2023								Fecha de fin 29/04 /2023												
NDDS	TRATAMIENTO 1				TRATAMIENTO 2				TRATAMIENTO 3				TRATAMIENTO 4				TRATAMIENTO 5				TESTIGO				
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8									1			1	1		1	1									
9												1				1									
10										2		1	1			1			1						
11									1	2	2	1	2	1	1	2									
12									1	3	4	1	2	1	3	2								1	
13	1	1							2	2	1	3	1	2											
14									3	1	1	4	1	2	1	1									
15								1	4	1	1	2	1		1										
16									1		1	1							1			1			
17									1	2	1	3	1	1	2	1			1			1			
18									2	1	2	3		2	3		1	1				2			
19			1	1	1				2	1									1		3	1	1	1	
20	1	1	1	2	1	1			3	2	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
21	1	2	2						1	3	2		1	1	1						2	1			
22	1	1	3	1		1		1	2	2	2		2	4		1	4	2	2	2		1	1		
23	1	1	4	2	1		1		2	1	2	1	1	2	1	2		3	1	1		1		1	
24	2	3	3	3				1		1	1	2	4	1	1		1	1	2		2			1	
25				1		1										1		1		3		2		1	
26									1		1						1			2				1	
27		2	1	1	1	1				1							1	1	2		1			1	
28									1					1		1	1	1		2					
29				1										1				2	1					1	1

Continuación

30			1									1	1			1		2	1				1	
31							1				1							1	1					
32			1										1		1			1						
33	1	2		1											1			1		1			1	
34					1													1						
35							1						1				1					2	1	
36	1	1															1		1		1			
37	1		1					1									1		1			2	1	
38							1								1	1		1		1		1	1	
39															1					2		1		
40																		1		1			1	
41																		1		1			1	
42					1						1				1					1				
43				1																			1	
44		1		1	1													1				1		
45					1													1					1	
46																						1		
47																				1				
48			1					1										1						
49								2										1						
50		1																		1				
51	1																							
52			1	1																				
53			1																					
54																						1	1	
55	1																						1	
56																							1	
57					1	1														1				
58																								
59																								
60																								
Subtotal	12	18	20	16	8	5	6	5	28	25	24	26	22	19	19	18	18	21	17	21	13	18	13	11
Total		66				24				103				78				77				55		

Nota. Cada repetición tiene de 30 semillas, dando un total de 120 semillas por cada tratamiento. Número de días desde la siembra (NDDS)

Anexo 5. Prueba de Dunnett para la variable tiempo de latencia con confianza de 95 % para las semillas de *Vachellia macracantha*

Tratamientos	N	Media	Agrupación
T6 (control)	4	16	A
T2	4	19,25	A
T1	4	16	A
T5	4	15	A
T3	4	9,25	
T4	4	8,75	

Anexo 6. Prueba de Dunnett para la variable coeficiente de velocidad de germinación con confianza de 95 % para las semillas de *Vachellia macracantha*

Coeficiente de velocidad de germinación			
Tratamientos	N	Media	Agrupación
T6 (control)	4	3,42	A
T3	4	5,771	
T4	4	5,183	
T1	4	3,5294	A
T5	4	3,452	A
T2	4	3,002	A

Anexo 7. Prueba de Dunnett para la variable índice de germinación de germinación con confianza de 95 % para las semillas de *Vachellia macracantha*

Índice de germinación			
Tratamientos	N	Media	Agrupación
T6 (control)	4	13,78	A
T5	4	18,81	A

T1	4	15,52	A
T3	4	14,908	A
T4	4	12,575	A
T2	4	6,78	

Anexo 8. Prueba de Dunnett para la variable porcentaje de germinación con confianza de 95 % para las semillas de *Vachellia macracantha*

Porcentaje de germinación			
Tratamientos	N	Media	Agrupación
T6 (control)	4	45,83	A
T3	4	85,83	
T4	4	65	
T5	4	64,17	
T1	4	55	A
T2	4	20	
