

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTADA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

INGENIERÍA AGROPECUARIA



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO

**“EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE
SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) Y CRECIMIENTO
INICIAL DE LAS PLÁNTULAS APLICANDO
TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS”**

AUTORES:

Daisy Mariuxi Ortiz Freire

Danni Javier Yambay Cacoango

DIRECTOR DE PROYECTO:

Msc. Patricio Fabián Naranjo Delgado

PUYO - ECUADOR.

2020

DECLARACIÓN DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Daisy Mariuxi Ortiz Freire, con cedula de identidad 1600518060, declaro ante las autoridades educativas de la Universidad Estatal Amazónica, que el contenido del Proyecto de titulación titulado **“EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) Y CRECIMIENTO INICIAL DE LAS PLÁNTULAS APLICANDO TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS”**, es absolutamente original, autentico y personal.

Yo, Danni Javier Yambay Cacoango, con cedula de identidad 060573074-6, declaro ante las autoridades educativas de la Universidad Estatal Amazónica, que el contenido del Proyecto de titulación titulado **“EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) Y CRECIMIENTO INICIAL DE LAS PLÁNTULAS APLICANDO TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS”**, es absolutamente original, autentico y personal.

En tal virtud y según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente, certifico libremente que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de innovación son de exclusiva responsabilidad de la autora; y que los resultados expuestos pertenecen a la Universidad Estatal Amazónica.

Daisy Mariuxi Ortiz Freire

C.I. 1600518060

AUTORA

Danni Javier Yambay Cacoango

C.I. 060573074-6

AUTOR



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
Centro de Pregrado

AVAL

Quien suscribe MsC. Patricio Fabián Naranjo Delgado, Docente de la Universidad Estatal Amazónica abaliza el Proyecto de investigación:

Título: “Evaluación de la germinación de semillas de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y crecimiento inicial de las plántulas aplicando tratamientos pregerminativos”.

Autores: Daisy Mariuxi Ortiz Freire y Danni Javier Yambay Cacoango

Certifico haber acompañado el proceso de elaboración del Proyecto de Investigación y considero cumple los lineamientos y orientaciones establecidas en la normativa vigente de la institución.

Por lo antes expuesto se avala el Proyecto de investigación para que sea presentado ante la Coordinación de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria como forma de titulación como Ingeniero en Agropecuaria, y que dicha instancia considere el mismo a fin de que tramite lo que corresponda.

Para que a si conste, firmo la presente a los 13 días del mes de enero del 2020.

Atentamente,

MsC. Patricio Fabián Naranjo Delgado
C.I:1600445041

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

**EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN
CERTIFICA QUE:**

El presente trabajo: **Evaluación de la germinación de semillas de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y crecimiento inicial de las plántulas aplicando tratamientos pregerminativos**” bajo la responsabilidad de los egresados; Daisy Mariuxi Ortiz Freire y Danni Javier Yambay Cacoango, ha sido meticulosamente revisada, autorizando su presentación:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
Dr. Reinaldo Alemán Pérez, PhD

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Msc. Ana Olaya Valencia

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Dr. Carlos Bravo Sánchez, PhD

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por darme la vida, por ser la luz que guía mi camino y fuerza para cumplir con las metas y anhelos deseados.

A la Universidad Estatal Amazónica por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de formar parte de esta prestigiosa Institución.

Al departamento Ciencias de la Tierra ya que ha sido pilar fundamental del desarrollo pedagógico y ético para mi formación profesional especialmente al Dr. Yoel Rodríguez, PhD Decano de la facultad Ciencias de la Tierra de la Universidad Estatal Amazónica y a la Dra. María Isabel Viamontes, PhD Coordinadora de la carrera de Agropecuaria.

Al Msc. Patricio Fabián Naranjo Director de este trabajo de titulación y a la Msc. Ivonne Roció Jalca Zambrano quienes con su esfuerzo y dedicación brindaron sus conocimientos adquiridos, su persistencia y su motivación han sido fundamentales para mi formación como estudiante, así como también haberme tenido paciencia para guiarme durante el desarrollo de nuestro proyecto de titulación, por su constancia y apoyo incondicional para la culminación de la investigación.

También va dirigido al Msc. Jorge Luís Alba Rojas, quien me asesoro de la mejor manera brindándome sus conocimiento científico y experiencias que contribuyeron al desarrollo de éste trabajo investigativo. Agradezco a Q.F. Andrea Tapuy técnico docente responsable del laboratorio de química, por haberme brindado su capacidad y conocimiento que me ha ayudado al avance de este trabajo investigativo. A mis padres, mi hermano, mi esposo, mi hija que es la principal motor de superación familiares, amigos y demás personas que de una u otra manera brindaron su apoyo para la finalización de esta investigación. Y para finalizar, también agradezco a todos mis profesores que de una u otra manera dotaron de conocimientos y compañeros de clase ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado considerablemente con mis ganas de seguir adelante en mi formación profesional.

Daisy y Danni

DEDICATORIA

Durante estos cinco años de constante lucha y dedicación, de momentos de éxitos y fracasos no fueron obstáculos para los deseos inagotables de superarme y lograr alcanzar la meta tan deseada de ser una profesional para servir a la sociedad; es por ello que el presente proyecto de titulación es dedicado a Dios, por llenarme de sabiduría y bendiciones ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera, además por permitirme poder disfrutar de este triunfo. A mi madre Laura Freire, mi padre Mauro Ortiz y mi hermano Jómány Ortiz, por su apoyo incondicional, por sus esfuerzos y sacrificios que han hecho por mí; para que este sueño hoy fuera realidad, éste título de Ingeniería es de ustedes también. A mi esposo Lenin Lasso y mi hija Camila Lasso que es el motor principal que Dios me ha dado, porque ellos son testigos de mis triunfos y fracasos, por sus palabras, por su confianza, por su amor, por brindarme día a día su apoyo, compañía y ánimo y por ser el pilar fundamental de mi vida; además son mis motivos principales de superación. A mi abuelita Bertha Cruz, por su apoyo y contribución para que se hiciera realidad este logro. A mis amigos, compañeros y a todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido con este logro.

DAISY

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitir haber llegado a este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre María Cocoango, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar las adversidades de la vida por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Pedro Yambay a pesar de nuestra distancia, a mis hermanos Mireya, Janeth y Bayron
A la Msc. Ivonne Roció Jalca Zambrano por su perseverancia y apoyo incondicional dotándonos de nuevos conocimientos para la culminación de la investigación.

A mis amigos, compañeros y a todas aquellas personas que de una u otro manera han contribuido con este logro.

DANNI

RESUMEN EJECUTIVO

Plukenetia volubilis L. conocido como maní de monte o maní estrella “tikatsu” es muy importante para la alimentación humana y/o animal ya que posee altos contenidos de aceites insaturados, proteínas, aminoácidos y antioxidantes. La semilla es originaria de la amazonia y se encuentra en estado silvestre, la problemática es que las semillas poseen una cascara dura, gruesa e impermeable, esto dificulta y retrasa los días de germinación afectando la uniformidad de germinación de las plantas en vivero o en campo. La presente investigación tuvo como finalidad de conocer la influencia de diferentes tratamientos en la semilla de *Plukenetia volubilis* L. sobre el proceso de germinación y desarrollo inicial de plantas en vivero. El experimento se estableció un diseño de bloques completos al azar, con tres tratamientos y cuatro repeticiones, T1 = testigo, T2 = térmico, T3 = químico y T4= mecánico, para determinar el tratamiento más idóneos se determinaron parámetros germinativos; poder germinativo (PG), inicio de germinación (IG), fin de germinación (FG), tiempo medio de germinación (TMG), energía germinativa (EG), vigor (VG), para estimar el crecimiento inicial de las plantas en vivero se determinó el diámetro en el cuello de la raíz (dcr), la altura (h) y se estimaron los índices de calidad de la plantas; relación parte aérea y parte radical (Psa/Psr), índice de robustez (Robustez), índice de Dickson (QI), balance hídrico de la planta (Bap). El tratamiento T4 que corresponde a método mecánico donde se escarificó las semillas fue el que obtuvo mejor PG con $85.25\% \pm 5.54$, con IG a los 11 días y FG a los 23 días, los tres tratamientos obtuvieron un TMG = 8 días, T4 con mayor VG y EG = 4.47 ± 0.36 y 5.16 ± 1.79 respectivamente. Los resultados obtenidos para TMG, VG y EG no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. El crecimiento inicial *Plukenetia volubilis* L. el diámetro del cuello de la raíz para los días 8, 16 y 24 fueron similares entre los tratamientos, las medias de dcr a los 24 días fueron; T1= 4.48 ± 0.11 ; T2= 4.44 ± 0.05 y T4= 4.65 ± 0.06 no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. Las alturas a los días 8 fueron similares, sin embargo, a los 16 y 24 días se observa una mayor altura para T4. Los índices de calidad de las plantas basados en parámetros morfológicos indicaron un alta en la robustez, sin embargo, el índice de Dickson mostró una calidad media para T1 es decir que las semillas expresan buena potencialidad de la planta en relación con la sobrevivencia y el crecimiento.

Palabras clave: *Plukenetia volubilis* L.; poder germinativo, vigor, energía germinativa.

ABSTRACT

Plukenetia volubilis L. known as mountain peanut or peanut star "tikatsu" is very important for human and / or animal feed because it has high content of unsaturated oils, proteins, amino acids and antioxidants. The seed is native to the Amazon and is in the wild, the problem is that the seeds have a hard, thick and impermeable shell, this makes it difficult and delays the days of germination affecting the germination uniformity of plants in nursery or field. The purpose of this research was to know the influence of different treatments on the seed of *Plukenetia volubilis* L. on the germination process and initial development of plants in the nursery. The experiment established a randomized complete block design, with three treatments and four repetitions, T1 = control, T2 = thermal, T3 = chemical and T4 = mechanical, to determine the most suitable treatment, germination parameters were determined; Germination power (PG), start of germination (IG), end of germination (FG), average germination time (TMG), germination energy (EG), vigor (VG), to estimate the initial growth of plants in nursery root neck diameter (dcr), height (h) were determined, and plant quality indices were estimated; ratio of aerial part and radical part (Psa / Psr), robustness index (Robustness), Dickson index (QI), water balance of the plant (Bap). The T4 treatment that corresponds to a mechanical method where the seeds were scarified was the one that obtained the best PG with $85.25\% \pm 5.54$, with IG at 11 days and FG at 23 days, the three treatments obtained a TMG = 8 days, T4 with higher VG and EG = 4.47 ± 0.36 and 5.16 ± 1.79 respectively. The results obtained for TMG, VG and EG did not show significant differences between treatments. The initial growth *Plukenetia volubilis* L. the diameter of the root neck for days 8, 16 and 24 were similar between treatments, the means of dcr at 24 days were; T1 = 4.48 ± 0.11 ; T2 = 4.44 ± 0.05 and T4 = 4.65 ± 0.06 showed no significant differences between treatments. The heights at 8 days were similar, however, at 16 and 24 days a higher height was observed for T4. Plant quality indices based on morphological parameters indicated a high robustness, however, the Dickson index showed a medium quality for T1, meaning that the seeds express good potential of the plant in relation to survival and growth.

Keywords: *Plukenetia volubilis* L.; germination power, vigor, germinative energy.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO I | 1 |
| 1.1 INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN | 2 |
| 1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 3 |
| 1.4 OBJETIVOS | 3 |
| 1.4.1 OBJETIVO GENERAL | 3 |
| 1.4.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS | 3 |
| CAPÍTULO II | 4 |
| 2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN | 4 |
| 2.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE | 4 |
| 2.1.3 GERMINACIÓN | 5 |
| 2.1.4 FACTORES QUE INCIDEN EN LA GERMINACIÓN | 7 |
| 2.1.5 CALIDAD DE LA SEMILLA | 8 |
| 2.1.6 VALOR REAL | 9 |
| 2.1.7 VIABILIDAD | 9 |
| 2.1.8 VIGOR | 10 |
| 2.1.9 MASA | 11 |
| 2.1.10 PUREZA | 11 |
| 2.1.11 PODER GERMINATIVO | 11 |
| 2.1.12 VELOCIDAD GERMINATIVA | 11 |
| 2.1.13 ENERGÍA GERMINATIVA | 12 |
| 2.2 TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS | 12 |
| 2.2.1 TRATAMIENTO TÉRMICO | 13 |

| | |
|---|----|
| 2.2.2 TRATAMIENTOS QUÍMICOS | 14 |
| 2.2.3 TRATAMIENTO MECÁNICO..... | 15 |
| 2.3 ATRIBUTOS UTILIZADOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA PLANTA EN VIVERO..... | 15 |
| CAPÍTULO III | 17 |
| 3.1 MATERIALES Y MÉTODOS | 17 |
| 3.1.1 LOCALIZACIÓN Y CONDICIONES DEL ÁREA EXPERIMENTAL..... | 17 |
| 3.1.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN..... | 17 |
| 3.1.3 METODO DE INVESTIGACIÓN | 18 |
| 3.1.4 PARÁMETROS PARA DETERMINAR LA GERMINACIÓN | 18 |
| 3.1.5 METODOLOGIA PARA EVALUAR EL CRECIMIENTO Y CALIDAD DE LAS PLANTAS | 20 |
| 3.1.6 MATERIALES | 22 |
| 3.1.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 22 |
| CAPÍTULO IV..... | 23 |
| 4.1 RESULTADOS..... | 23 |
| 4.1.1 MASA Y GERMINACIÓN DIARIA ACUMULADA DE <i>Plukenetia volubilis</i> L. | 23 |
| 4.2.1 POTENCIAL DE GERMIANCIÓN DE <i>Plukenetia volubilis</i> L..... | 24 |
| 4.3 CRECIMIENTO INICIAL EN ALATURA Y DIÀMETRO <i>Plukenetia volubilis</i> L. | 27 |
| CAPÍTULO V | 31 |
| 5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 31 |
| 5.1.1 CONCLUSIONES | 31 |
| 5.1.2 RECOMENDACIONES | 31 |
| CAPÍTULO VI..... | 32 |
| BIBLIOGRAFÍA | 32 |

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO VII | 35 |
| 7.1 ANEXOS | 35 |
| 7.1.1 REGISTRO FOTOGRÁFICO | 35 |
| 7.1.2 GERMINACIÓN ACUMULADA | 44 |
| 7.1.3 ANÁLISIS ANOVA PARÁMETROS DE GERMINACIÓN | 45 |
| 7.1.4 REGISTRO MEDIAS POR TRATAMIENTOS | 46 |
| 7.1.5 ANÁLISIS ANOVA PARÁMETROS DE LAS PLANTAS | 47 |

ÍNDICE DE TABLA

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Medios de germinación | 6 |
| Tabla 2. Pruebas para determinar viabilidad | 10 |
| Tabla 3. Pretratamientos para semillas de testa dura y/o impermeable a los gases o al agua. . | 13 |
| Tabla 4. Tratamientos pregerminativos aplicado a las semillas de <i>Plukenetia volubilis</i> L. | 19 |
| Tabla 5. Valores de interpretación para los índices: (R. P_a/P_r); R (h/c); (IQ), Dcr | 21 |
| Tabla 6. Peso y masa de semillas de <i>Plukenetia volubilis</i> L. | 23 |
| Tabla 7. Relación parte aérea-parte radical (R. P_{sa}/P_{sr}), Robustez, índice de Dickson (QI) y balance hídrico (Bap)..... | 29 |
| Tabla 8. Relación parte aérea-parte radical (R. P_{sa}/P_{sr}), Robustez, índice de Dickson (QI) y balance hídrico (Bap)..... | 30 |
| Tabla 9. Germinación Diaria Acumulada..... | 44 |
| Tabla 10. Análisis ANOVA Parámetros de Germinación..... | 45 |
| Tabla 11. Registro de Medias por Tratamientos..... | 46 |
| Tabla 12. Análisis ANOVA Parámetros de las Plantas..... | 47 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|--|----|
| Ecuación 1. Cálculo de la masa de las semillas..... | 19 |
| Ecuación 2. Capacidad germinativa. | 19 |
| Ecuación 3. Tiempo medio de germinación. | 19 |
| Ecuación 4. Energía germinativa. | 20 |
| Ecuación 5. Vigor germinativo..... | 20 |
| Ecuación 6. Relación parte aérea-parte radical..... | 20 |
| Ecuación 7. Robustez de la plántula. | 21 |
| Ecuación 8. Índice de Dickson. | 21 |
| Ecuación 9. Balance hídrico de la planta. | 21 |

ÍNDICE DE FIGURA

| | |
|---|----|
| Figura 1. Etapas de la germinación que conducen a la emergencia de la radícula..... | 5 |
| Figura 2. Ubicación geográfica de la Universidad Estatal Amazónica. | 17 |
| Figura 3. Diseño del experimento en bloques completamente al azar para aplicar los tratamientos pregerminativos en <i>Plukenetia volubilis</i> L. | 18 |
| Figura 4. Porcentaje de germinación acumulada de semillas de <i>Plukenetia volubilis</i> L. durante 30 días a diferentes tratamientos pregerminativos (a). Poder germinativo a los 30 días a diferentes tratamientos pregerminativos (b). Los datos se representan como valores medios \pm D.E. Los valores que tienen letras distintas son significativamente diferentes ($p < 0,05$). | 24 |
| Figura 5. Germinación diaria de semillas de <i>Plukenetia volubilis</i> L. durante 30 días a diferentes tratamientos pregerminativos. | 25 |
| Figura 6. Inicio, fin y tiempo medio de germinación de semillas de <i>Plukenetia volubilis</i> L. durante 30 días a diferentes tratamientos pregerminativos. | 26 |
| Figura 7. Vigor, energía germinativa y poder germinativo de semillas de <i>Plukenetia volubilis</i> L. durante 30 días a diferentes tratamientos pregerminativos. | 27 |
| Figura 8. Diámetro al cuello de la raíz (mm) y altura (cm) de <i>Plukenetia volubilis</i> L., mediante la aplicación de tres tratamientos pregerminativos. Medias seguidas de igual letra no difieren significativamente al 95% de probabilidad (Tukey)..... | 28 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | | |
|----------------------|---|----|
| Fotografía 1 | Recolecta y selección de semillas de <i>Plukenetia volubilis</i> L..... | 35 |
| Fotografía 2 | Pureza de las semillas de <i>Plukenetia volubilis</i> L..... | 35 |
| Fotografía 3 | Viabilidad de las semillas aplicando Tetrazolio al 1%..... | 36 |
| Fotografía 4 | Tratamiento químico: 120 min en (H ₂ SO ₄) al 80%..... | 36 |
| Fotografía 5 | Tratamiento térmico: 30 min en (H ₂ O) a 75°C..... | 36 |
| Fotografía 6 | Tratamiento mecánico: Escarificación con lija No. 80..... | 37 |
| Fotografía 7 | Distribución de los tratamientos..... | 37 |
| Fotografía 8 | Primeros indicios de germinación..... | 37 |
| Fotografía 9 | Germinación a los 15 días después de la siembra..... | 38 |
| Fotografía 10 | Emergencia de las primeras plántulas..... | 38 |
| Fotografía 11 | Observación de las hojas dicotiledóneas..... | 39 |
| Fotografía 12 | Aparición de hojas verdaderas..... | 39 |
| Fotografía 13 | Plántulas a los 24 días..... | 40 |
| Fotografía 14 | Medición de temperatura dentro de vivero..... | 40 |
| Fotografía 15 | Medida del ancho de las hojas..... | 41 |
| Fotografía 16 | Registro de datos del diámetro del cuello de la raíz (dcr)..... | 41 |
| Fotografía 17 | Muestreo de plántulas por tratamiento..... | 41 |
| Fotografía 18 | Pesaje de materia seca..... | 42 |
| Fotografía 19 | Desarrollo de la plántula de <i>Plukenetia volubilis</i> L..... | 42 |
| Fotografía 20 | Plántula de <i>Plukenetia volubilis</i> L..... | 43 |

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

El sachá inchi, *Plukenetia volubilis* L. es una planta nativa de la amazonia, conocida como maní de monte o maní estrella, en el idioma kichwa “tikatsu”, es considerada una de las alternativas productivas para la industrialización de nuestra amazonia, por su alto contenido de ácidos grasos omega 3 (más del 48%), omega 6 (36%), omega 9 (8%), antioxidantes, vitamina A y vitamina E. (Álvarez, 2017). Estudios realizados (Castaño et al., 2012) sobre *Plukenetia volubilis* L. han permitido profundizar la composición lipídica y su actividad antioxidante, contiene el 48,6% de aceite y el 29% de proteína; además presenta un alto contenido de ácidos grasos insaturados (linoléico, linolénico, oleico). Esto le convierte en un producto de alta calidad para la alimentación humana, cosmética y medicinal (Manco, 2006), por lo que se justifica profundizar en las posibles aplicaciones en el sector nutracéutico y cosmético.

En el Ecuador la producción de los aceites vegetales es de alrededor de 59 000 a 73 000 toneladas métricas (Rómel, 2012) y la producción del cultivo de *Plukenetia volubilis* L. se encuentra en proceso de expansión, debido a su alto valor nutricional y contenido de aceites, económicamente esta materia prima se constituye en una buena alternativa de producción (Rodríguez, 2010).

Los cultivos de *Plukenetia volubilis* L. en Ecuador se han incrementado por lo que es imprescindible tener en cuenta la calidad de la semilla para el éxito del mismo. La semilla es el material de partida para la producción y es condición indispensable que tenga una buena respuesta bajo las condiciones de siembra y que produzca una plántula vigorosa a los fines de alcanzar el máximo rendimiento. Bajo este contexto, el presente estudio de investigación pretende determinar el efecto en la germinación de semillas de *Plukenetia volubilis* L. bajo diferentes tratamientos pregerminativos y crecimiento inicial de las plantas en vivero, en Pastaza. De esta forma contribuirá a fortalecer los conocimientos e información científica relevante que ayuden a estimular la germinación de la semilla de *Plukenetia volubilis* L. consecuentemente propagando plantas con buenas características de desarrollo fisiológico y así

desarrollar métodos alternativos rentables, que permita garantizar el mayor número de plantas en el cultivo establecido.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

El consumo de la semilla nativa de *Plukenetia volubilis* L. conocido como maní de monte o maní estrella “tikatsu” es muy importante para la alimentación humana y/o animal ya que posee altos contenidos de aceites insaturado, proteínas, aminoácidos y antioxidantes. La semilla es originaria de la amazonia y se encuentra en estado silvestre, la problemática es que las semillas poseen una testa dura, gruesa e impermeable, esto dificulta y retrasa los días de germinación afectando la uniformidad de germinación de las plantas en vivero o en campo (Araoz, 2006). Esto se ha observado en el medio natural, por otra parte, existe escasa información sobre las técnicas aplicadas a la germinación de la semilla lo que conlleva al escaso desarrollo tecnológico para la producción competitiva del *Plukenetia volubilis* L., como también la limitada y débil oferta de paquetes tecnológicos, sumada a la escasa organización de los agricultores para la producción y comercialización de *Plukenetia volubilis* L. En los últimos años, su oferta ha ido creciendo gracias a los grandes beneficios y demandas del *Plukenetia volubilis* L.; esto ha motivado que se realicen estudios para conocer y desarrollar el cultivo desde su germinación, siembra, cosecha, post cosecha y transformación. Sin embargo, el proceso de investigación se debe profundizar con el estudio del mismo.

Castaño, Valencia, Murillo, Mendez, & Eras (2012) consideran a *Plukenetia volubilis* L. una de las mejores oleaginosas desde el punto de vista de obtención de aceites grasos, por su composición y alta calidad nutricional: omega 3 (más de 48%), omega 6 (36%) y omega 9 (8%), por su digestibilidad muy alta (más de 96%), contenido de antioxidantes, vitamina A y alfa-tocoferol vitamina E. Y aporte de proteína (60% de la almendra desgrasada es proteína completa de alta calidad), lo que ha convertido en una alternativa de producción amazónica, lo que ha conllevado al incremento de hectáreas de producción en Ecuador y las provincias amazónicas entre ellas Pastaza en la parroquia Diez de Agosto. El ministerio de agricultura del Ecuador (MAG) reportó la existencia de 813 hectáreas cultivadas con un promedio de 3.5 toneladas anuales por hectárea; lo que significa que en todo el país en el 2014 la producción total de *Plukenetia volubilis* L. fue 2845.5, su mayoría se vende la materia prima, las semillas, y en

pocos casos es industrializado. La producción de *Plukenetia volubilis* L. se realiza por semillas sin tratamiento pregerminativo y no se lleva un registro del poder germinativo de la semilla en los sistemas de producción. Conocer los parámetros germinativos y la calidad de las plantas en vivero permite conocer alternativas de manejo de semillas para obtener mayor poder germinativo de la semilla, una germinación homogénea y producir plantas de calidad que tengan mayor producción de semillas. Por tales razones la presente investigación tuvo como finalidad determinar el efecto en la germinación de semillas de *Plukenetia volubilis* L. bajo diferentes tratamientos pregerminativos y crecimiento inicial de las plantas en vivero, en Pastaza.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo los tratamientos pregerminativos influyen en la germinación de la semilla de *Plukenetia volubilis* L.?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto en la germinación de semillas de *Plukenetia volubilis* L. bajo diferentes tratamientos pregerminativos y crecimiento inicial de las plantas en vivero, en Pastaza.

1.4.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- ❖ Evaluar los parámetros germinativos de la semilla de *Plukenetia volubilis* L. con la aplicación de los diferentes tratamientos pregerminativos.
- ❖ Determinar el tratamiento pregerminativo más idóneo para garantizar la mayor germinación y desarrollo inicial de las plantas.
- ❖ Evaluar el crecimiento inicial de las plantas de *Plukenetia volubilis* L. en vivero con la aplicación de tratamientos pregerminativos.

CAPÍTULO II

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Según Perúbiodiverso (2009) describe a la especie del sachá inchi de acuerdo a su:

| | |
|------------------|--------------------------------|
| Reino: | Plantae |
| División: | Magnoliophyta |
| Clase: | Magnoliopsida |
| Orden: | Malpighiales |
| Familia: | Euphorbiaceae |
| Género: | Plukenetia |
| Especie: | <i>Plukenetia volubilis</i> L. |

Sinónimos: *Fragariopsis paxii* Pittier, *Plukenetia macrostyla* Ule *Plukenetia peruviana* Müll. Arg. **Nombres comunes:** Sachá inchi (español), Chikaksi, inshi, tikasu (kichwa), estrella tikasu (castellano-kichwa), núse (shuar chicham), maní de monte (castellano), ticasu (lengua no especificada).

Plukenetia volubilis L. es una planta trepadora, monoica, decidua, con hojas simples, opuestas, lámina foliar aovado-triangular, base truncada o cordada; margen es crenado o finamente aserrado; con protuberancia glandular en el ápice del pecíolo en la cara adaxial. Inflorescencia en racimo, alargada, monoica (bisexual); flores pistiladas - solitarias en los nudos basales, con columna estilar parcial o totalmente connada, flores masculinas subglobosas, numerosas, agrupadas en los nudos distales; estambres con filamentos conspicuos, cónicos. Fruto cápsulas tetra o pentámeras, glabras. Semillas lenticulares, de color marrón presenta manchas irregulares oscuras (Dostert, et al., 2006).

2.1.3 GERMINACIÓN

Vázquez-Yanes, et al., (1987) señalan que la germinación de las semillas comprende tres etapas; 1) La absorción de agua por imbibición, su hinchamiento y la ruptura final de la testa, 2) Inicio de la actividad enzimática y del metabolismo respiratorio, translocación y asimilación de reservas alimentarias en zonas en desarrollo del embrión y 3) El crecimiento y la división celular que provoca la emergencia de la radícula y posteriormente de la plántula (Figura 1). Las mismas que requieren de condiciones favorables o estables según la especie donde la humedad, luz, temperatura y oxígeno activen el metabolismo de la germinación, influenciada por factores externos, lo que va a reflejar su efecto tanto en la capacidad germinativa como en la velocidad de germinación. Estos autores también consideran que en los trópicos las semillas presentan tipos de germinación intermedios entre los dos descritos y tienden a germinar casi de inmediato cuando las condiciones ambientales son adecuadas. Con frecuencia, en pocos días la radícula emerge entre las cubiertas de la semilla y en pocas semanas concluye la germinación total de las semillas viables. En la mayoría de las semillas el agua penetra inicialmente por el micrópilo y la primera manifestación de la germinación exitosa es la emergencia de la radícula. Existen varias etapas de desarrollo de la plántula cuyas características varían, dependiendo del tipo de germinación que presenta cada especie.

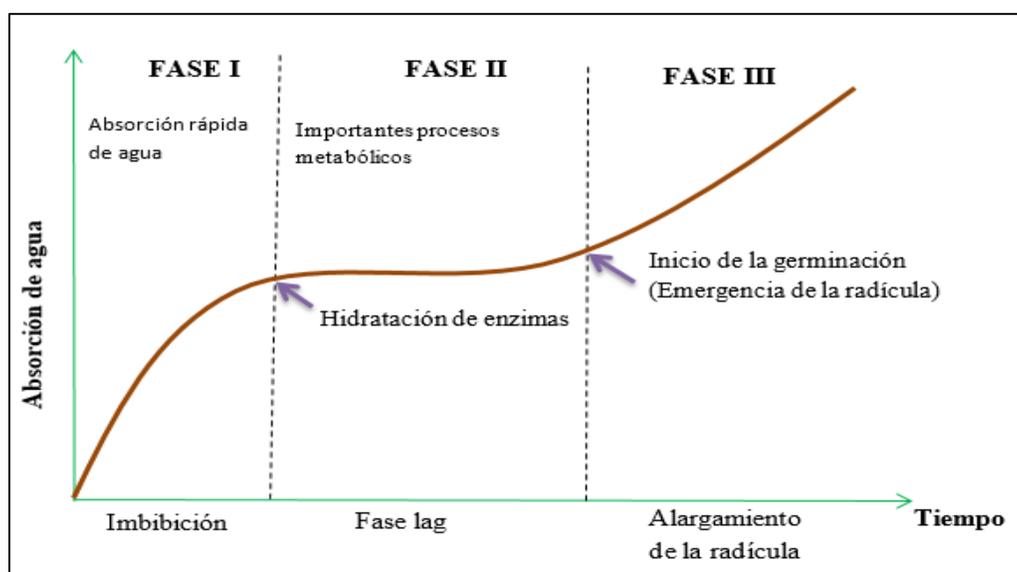


Figura 1. Etapas de la germinación que conducen a la emergencia de la radícula
Fuente: Sotolongo et al., (2016)

Los estudios de germinación permiten comprender en forma más precisa, los mecanismos e interacciones que se llevan a cabo entre las condiciones internas de la semilla (viabilidad) factores ambientales que determinan el éxito del proceso (como es la luz, temperatura y humedad). Dentro de los requerimientos ambientales necesarios para la germinación se consideran esenciales el agua, el oxígeno y la temperatura. En ausencia de alguno de estos factores, la mayoría de las semillas se mantendrían en un estado quiescente, aún sin reposo. En el caso de las semillas recalcitrantes, se produciría una rápida disminución de la longevidad de la semilla (Cóme, 1982 citado por Herrera et al; 2006). El protocolo de germinación nos permite establecer los parámetros ambientales necesarios para conocer la capacidad germinativa de cada especie y así poder propagarla indefinidamente en laboratorio; en el caso particular de especies endémicas, raras o amenazadas esto es muy importante ya que se podrá obtener material de propagación sin afectar a las poblaciones silvestres (Gómez-Campo, 1985; Herranz et al., 2002).

Tabla 1. Medios de germinación

| Medio | Observaciones |
|-----------------|---|
| Agar | Es un medio con humedad constante y baja contaminación. En condiciones de sombra es muy útil en el campo, ya que conserva la humedad por un tiempo prolongado, pero en condiciones de insolación directa se deshidrata y el agua condensada anega las cajas de petri. Permite ver con facilidad la emergencia de las radículas y facilita el trasplante. |
| Papel de filtro | La humedad se debe controlar constantemente para evitar la deshidratación. |
| Vermiculita | Es más bien un medio de crecimiento, pero pueden ser un útil medio de germinación para las semillas grandes, sin embargo, dificulta la localización de semillas pequeñas a menos que se coloque encima un disco de papel de filtro. Conserva la humedad más tiempo que el papel, pero es necesario regular la humedad. También se puede regular la profundidad. |
| Zeolita | |
| Suelo | Las mismas observaciones que para el medio anterior. Además, se debe considerar que puede proveer estímulos de naturaleza compleja, por ejemplo, compuestos de naturaleza nitrogenada. |
| Arena | Debe ser lavada cuidadosamente para eliminar la presencia de sales. Las mismas observaciones que para la vermiculita y la zeolita. |

Fuente: Sotolongo et al., (2016)

2.1.4 FACTORES QUE INCIDEN EN LA GERMINACIÓN

Azcon y Talón (1993) expresan que existen muchos factores que influyen en la germinación de semillas tales como factores internos (viabilidad del embrión, la cantidad y calidad del tejido de reserva y los diferentes tipos de dormancia) y externos (grosor de la testa, disponibilidad de agua, temperatura y tipos de luz). Uno de los factores más importantes que inciden en el proceso de germinación es la humedad, donde la absorción de agua es el primer paso, y el más importante, que tiene lugar durante la germinación; porque para que la semilla recupere su metabolismo es necesaria la rehidratación de sus tejidos. Sin embargo, la deshidratación no afecta negativamente a las semillas, las cuales pueden posteriormente volver a hidratarse y reiniciar el proceso de germinación.

No obstante, en algunas especies, una deshidratación prolongada puede implicar la transformación de las semillas en "semillas duras", que se caracterizan porque se inhiben muy lentamente. Un exceso de agua también puede llegar a ser desfavorable al dificultar la llegada de oxígeno al embrión. Otro factor de importancia es la temperatura mínima sería aquella por debajo de la cual la germinación no se produce, y la máxima aquella por encima de la cual se anula igualmente el proceso. La temperatura óptima, intermedia entre ambas, puede definirse como la más adecuada para conseguir el mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo posible, convirtiéndose un factor decisivo en el proceso de germinación, ya que influye sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla después de la rehidratación. La actividad de cada enzima tiene lugar entre un máximo y un mínimo de temperatura, existiendo un óptimo intermedio. Las semillas de especies tropicales suelen germinar mejor a temperaturas superiores a 25 °C. Por otra parte, la alternancia de las temperaturas entre el día y la noche actúan positivamente sobre las etapas de la germinación, por lo que el óptimo térmico de la fase de germinación y crecimiento no tiene por qué coincidir. Así, unas temperaturas estimularían la fase de germinación y otras la de crecimiento (Azcon y Talón 1993; Russo *et al.*, 2010; Doría, 2010).

Otros factores que intervienen influyen en la germinación de semillas son; gases requieren para su germinación puesto que el O₂ disuelto en el agua de imbibición debe poder llegar hasta el embrión por lo que requiere un medio suficientemente aireado, que permita una adecuada

disponibilidad de O₂ y CO₂. De esta forma, el embrión obtiene la energía imprescindible para mantener sus actividades metabólicas (Ramón, 2002) y metabolismo de la germinación. Los procesos metabólicos relacionados con la germinación son la respiración y movilización de las sustancias de reserva.

2.1.5 CALIDAD DE LA SEMILLA

Las semillas son unidades de reproducción sexual de las plantas con flores, su objetivo es la multiplicación y perpetuación las especies a la que pertenecen. Desde el punto de partida para la producción es indispensable que tenga una buena respuesta en las condiciones de siembra y que produzca plántulas vigorosas, para alcanzar el máximo rendimiento, lo que la convierte imprescindible en todo cultivo su calidad para alcanzar éxito en la producción.

La calidad de las semillas varía dependiendo de su origen, nivel de maduración, grado de parasitismo y depredación, limitaciones de recursos para la reproducción dentro del año de colecta y las técnicas de recolección y manejo que se hayan empleado. Esta está determinada por su capacidad para germinar y producir una planta normal y un complejo de condiciones, que son el producto de las interacciones más favorables entre las posibilidades genéticas de la especie y el medio en el cual las semillas se producen, cosechan, procesan y almacenan. Es conocido que los factores que en estrecha interrelación pueden conducir al deterioro, la pérdida del vigor y viabilidad total o parcial son: la temperatura, humedad, presión de oxígeno, bacterias, hongos, insectos y roedores (Hampton, 2001; Gallo, Craviotto, y Arango, 2006).

Los factores que intervienen en la calidad son; procedencia (lugar natural de origen de la semilla), madurez (embrión, endospermo y partes de la semilla han alcanzado su desarrollo normal), masa seca es la máxima, pudiéndose en ese momento secar hasta alcanzar un bajo contenido de humedad sin dañar la viabilidad, año semillero por lo general la calidad de la semilla está relacionada con la mayor o menor abundancia anual de producción. En cosechas abundantes los frutos y semillas tienen mejor desarrollo y mejor viabilidad, por lo tanto, aumenta la calidad. El tiempo de cosecha (la edad de las semillas después de cosechadas) y se define como el tiempo entre la maduración y el momento en que se va a usar. Además, también influye la dormancia que constituye un fuerte impedimento para germinaciones rápidas en

vivero, por lo que se necesita conocer el tipo de dormancia y el tratamiento pregerminativo que la elimine, sí se desea tener éxito en la producción (Doria, 2010).

Durante décadas se han establecidos algunos métodos de análisis de semillas con la finalidad de comprender, conocer y determinar algunos parámetros como vigor, velocidad de germinación, calidad de las semillas, sin embargo no están definidos cuáles son los parámetros que determinan la calidad, por lo que a medida que ha evolucionado la ciencia se generan indicadores que permiten la determinación de la calidad de semillas.

2.1.6 VALOR REAL

Sotolongo et al., (2016) mencionan que el valor útil o real, es la capacidad de un lote de semillas de producir plantas expresada en porcentaje. También como la cantidad de semillas de un lote que se necesita para establecer un área dada.

2.1.7 VIABILIDAD

La viabilidad de la semilla se determina como su capacidad de germinar y producir una plántula normal bajo condiciones favorables (Borza *et al.*, 2007). La prueba de viabilidad se realiza para evaluar la cantidad de semillas con potencial para germinar, lo cual depende del momento de dispersión y de la planta madre. Dentro de los métodos más extendidos se encuentra la prueba de Tetrazolio (TZ) en la cual se colocan semillas cortadas longitudinalmente con el embrión expuesto, sobre una solución incolora de 2, 5,5-cloruro de trifenil tetrazolio 0.5% a 1%; si las células están vivas el compuesto se reduce produciendo un compuesto rojizo, producto de la acción de la actividad deshidrogenasa de la semilla, que se evidencia tanto en el embrión como en el endospermo (Patil & Dadlani, 2009; Schmidt, 2000).

Tabla 2. Pruebas para determinar viabilidad

| Prueba | Observaciones |
|---|---|
| 2,3,5 difeniltetrazolio (con concentración de 1 a 5%) | Se debe conocer muy bien la anatomorfología de la semilla, en particular del embrión, de lo contrario se puede considerar viable o muerta una semilla en forma equivocada. |
| Respirometría por el método de Warburg | Requiere de un volumen mínimo de 10 g de semillas para poder detectar su respiración |
| Rayos x | Puede detectar únicamente semillas vanas o dañadas por parásitos. |
| Impregnación de cloroformo y rayos x | Puede detectar únicamente semillas vanas o dañadas por parásitos con más precisión que en el caso anterior. |
| Flotación | Separa las semillas vanas de las llenas. En el caso de semillas muy pequeñas hay que vencer la tensión superficial del agua y detectar si existen cámaras aéreas en las semillas. |
| Germinación | Es un método muy eficiente, se requiere conocer bien la forma adecuada para germinar y/o romper la latencia. |

Fuente: Sotolongo et al., (2016)

2.1.8 VIGOR

El vigor en las semillas es el potencial biológico de esta que favorece el establecimiento rápido y uniforme bajo condiciones, incluso desfavorables de campo Gonzales et al., (2008). La semilla presenta el mayor vigor y potencial germinativo cuando alcanza la madurez fisiológica. La International Seed Testing Association (1995) definió que el vigor de las semillas es la sumatoria total de aquellas propiedades que determinan el nivel de actividad y el comportamiento de las semillas o de un lote de semillas durante la germinación y emergencia de las plántulas, consideradas de alto vigor aquellas que muestren un buen comportamiento como a) tasa y uniformidad de germinación de semillas y crecimiento de plántulas; b) comportamiento en el campo, incluyendo la tasa y uniformidad de la emergencia de las plántulas y c) comportamiento después del almacenamiento y transporte, particularmente la disminución de la capacidad de germinación.

2.1.9 MASA

Sotolongo et al., (2016) mencionan en el caso de las semillas, la masa se relaciona con el tamaño, pero también con la presencia de semillas vanas o no completamente formadas debido a una recolección antes del tiempo de maduración. También una excesiva desecación influye en el peso. Se expresa por la relación del número de semillas por kilogramo.

2.1.10 PUREZA

La semilla se considera pura si aparece normal en cuanto a su tamaño, forma y aspecto general externo. Inversamente, se considera como impura la semilla que es demasiado pequeña, que ha sido parcialmente comida por los insectos o pone en evidencia manchas producidas por los hongos (Ffolliott y Thames, 1983).

2.1.11 PODER GERMINATIVO

El poder germinativo se reconoce como el porcentaje de la semilla que germina en las condiciones más favorables y este se pierde cuando la semilla es incapaz de germinar, cualesquiera que sean las condiciones de germinación y los tratamientos realizados (Come, 1970). Este valor es muy considerado en las tomas de decisiones y planificaciones puesto que sin conocer el mismo se puede obtener un material no rentable, sin embargo, muchas veces resulta muy difícil de determinar con absoluta precisión, debido a que las mejores condiciones de germinación, además de poder variar de un lote a otro.

2.1.12 VELOCIDAD GERMINATIVA

Rodríguez *et al.*, (2008) define a la velocidad de la germinación como el tiempo que necesitan las semillas para germinar, se puede expresarse con diferentes índices:

- ❖ Porcentaje de germinación: Porcentaje de semillas germinadas hasta un momento determinado.
- ❖ Período de latencia: Tiempo necesario para que se produzca la germinación de la primera semilla desde la siembra.

- ❖ Tiempo de germinación: Tiempo necesario para conseguir un porcentaje de germinación determinado. Por ejemplo, el tiempo necesario para alcanzar el 50 % (T50) o 25 % (T25) de la capacidad germinativa.
- ❖ Tiempo medio de germinación: tiempo medio para conseguir un porcentaje de germinación determinado.

2.1.13 ENERGÍA GERMINATIVA

La energía germinativa definida como el porcentaje de semillas de una muestra que emerge hasta llegar al momento de germinación máxima (Pece *et al.*, 2010) o un periodo corto de 7 días para especies forestales, y el valor de germinación, que combina la energía germinativa y la velocidad de germinación (Djavanshir y Pourbeik, 1976), son indicadores pertinentes del vigor de la semilla durante los primeros días de la germinación. Estos indicadores son apropiados porque las semillas que germinan con rapidez y vigor en condiciones controladas, tienen mayor probabilidad de generar plántulas vigorosas en terrenos naturales (Ffolliott y Thames, 1983).

La energía germinativa está determinada por la rapidez y la uniformidad de la germinación de la semilla. Es importante tener en cuenta que la semilla tenga una germinación rápida y al mismo tiempo que el mayor número de ellas lo hagan en el menor tiempo posible. La rapidez es muy importante porque se realiza una mejor explotación de semillas germinadas casi al mismo tiempo. Numéricamente se dice que la semilla tiene una buena energía germinativa, cuando las dos terceras partes ($2/3$) de las semillas germinan en un tercio ($1/3$) del total de días que dura la germinación. Los días se cuentan a partir de la fecha en que germina la primera semilla y se da por terminado cuando dos días seguidos no germinan más semillas. Para evitar confusiones y facilitar las contadas, es conveniente eliminar cada día las semillas germinadas (Vargas, 2009).

2.2 TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS

Respecto con Westwood (1982) demuestra que los inhibidores de las cubiertas de las semillas son eliminados mediante repetidos lavados con agua, pero los del embrión solo parecen ser eliminados por la acción fisiológica del frío. Las semillas de envoltura muy dura pueden requerir tratamientos especiales que las ablanden suficientemente para que puedan germinar. También en sus ensayos nos explica que para facilitar la germinación estas semillas pueden ser

escarificadas, tratadas con ácido fuerte o sometidas a congelación y deshielos alternos o como en el caso de frutos secos y de hueso, se puede quitar la cubierta.

Tabla 3. Pretratamientos para semillas de testa dura y/o impermeable a los gases o al agua.

| Tratamiento | Observaciones | Simula |
|---|---|---|
| Eliminar la testa o hueso | | |
| Escarificación mecánica 1. Incisión 2. Raspado | Conocer la ubicación del embrión en la semilla para no dañarlo. | Desgaste de la testa por acción de las partículas de suelo, o rotura parcial por otros agentes. |
| Escarificación con ácidos 1. Ácido sulfúrico 2. Ácido clorhídrico | Probar con diferentes concentraciones desde el 100% al 10 %. También probar con diferentes tiempos de exposición al ácido. | Paso por el tracto digestivo de animales con diferentes tiempos de digestión, |
| Escarificación térmica | | |
| Inmersión en agua caliente | La temperatura puede alcanzar incluso los 100 °C y puede mantener constante o hacer que gradualmente se enfríe. | Se simula en el efecto térmico de incendios cuando el suelo esta húmedo y el tiempo que tarda en enfriarse. |
| Calentamiento en seco | La temperatura puede ser mayor a 100°C, debe determinarse con base en temperaturas reportadas durante incendios para diferentes profundidades del suelo. Hay que tener mucho cuidado con el tiempo de exposición. | Se simula el efecto de altas temperaturas sobre cubierta durante los incendios cuando el suelo esta carente de humedad. |
| Termoperiodo marcado | Se puede lograr con cámaras de germinación o con cualquiera de los métodos anteriores. La amplitud de la fluctuación se determina de acuerdo con lo que ocurriría en el hábitat de la especie. | Se simula la variación que hay en la temperatura a lo largo del día la temperatura más alta corresponde a la registrada en el suelo a la hora de mayor insolación |

Fuente: Sotolongo et al., (2016)

2.2.1 TRATAMIENTO TÉRMICO

La exposición de las semillas a diferentes gradientes de temperatura, activó y estimuló los procesos metabólicos de la semilla, demostrando efectos contundentes en la etapa de germinación, emergencia y de desarrollo vegetativo temprano. Dicho efecto se vio reflejado en el incremento del porcentaje y tasa de emergencia, así como en el crecimiento y producción de

biomasa de plántulas las temperaturas altas provocan la desnaturalización de proteínas, el incremento de la fluidez de la membrana y la inactivación de enzimas claves en el proceso de la germinación. Otro efecto asociado a la inhibición de la germinación se debe a la inducción alterada del ácido ascórbico, donde se ha demostrado que una sobreproducción de este compuesto induce muerte celular en los tejidos. El 50% de las plántulas germinadas a 70°C, lograron un desarrollo como plántula (Conagua, 2014).

2.2.2 TRATAMIENTOS QUÍMICOS

Según la Revista Botánica-Online (2010) sugiere que se debe llevar a cabo utilizando productos químicos para aumentar la uniformidad de la germinación de las semillas. Este tipo de escarificación, además de debilitar la capa externa de las semillas, la libera de posibles plagas o impurezas que podrían estar pegadas en la misma, consiste en remojar las semillas por períodos breves (15 minutos) a 2 horas, en compuestos químicos entre los productos que se utilizan se encuentra el ácido sulfúrico o ácido clorhídrico. Hay que ser muy prudentes al utilizar estos productos puesto que son tóxicos por inhalación y extremadamente cáusticos para el pie, las semillas secas se colocan en recipientes no metálicos y se cubren con ácido sulfúrico concentrado en proporción de una parte de semilla por dos de ácido. Por todo ello, se debe llevar una ropa adecuada y una protección eficaz para la cara y las manos.

De acuerdo con Gavilánez y Flor (1990) afirman que utilizando el hidróxido cáustico en determinadas fracciones ayuda a quemar los tejidos orgánicos usados en la industria para la fabricación de papel, tejidos y detergentes. A temperatura ambiente, el hidróxido de sodio es un sólido blanco cristalino sin olor que absorbe humedad del aire (higroscópico). Es una sustancia manufacturada. Cuando se disuelve en agua o se neutraliza con un ácido libera una gran cantidad de calor que puede ser suficiente como para encender materiales combustibles. El hidróxido de sodio es muy corrosivo.

La FACU (2011) menciona que los nombres químicos: ácido sulfúrico, ácido sulfúrico fumante. Sus nombres usuales son: ácido sulfúrico, óleum. Su fórmula molecular es: H_2SO_4 para el óleum es H_2SO_4 con SO_3 en solución. El ácido sulfúrico es un líquido incoloro a la temperatura y presión ambiente; es más pesado que el agua. El óleum tiene un olor picante y penetrante.

Respecto con Gavilánez y Flor (1990) expresa que el ácido sulfúrico es un producto industrial fundamental. Sus aplicaciones son numerosas y su consumo es extraordinario, por su facilidad de reacción con otras materias, eliminando metales, oxígeno, agua y otras sustancias no deseadas. La industria que más utiliza el ácido sulfúrico es la de los fertilizantes. Otras aplicaciones importantes se encuentran en la refinación del petróleo, producción de pigmentos, tratamiento del acero, extracción de metales no ferrosos, manufactura de explosivos, detergentes, plásticos y fibras.

2.2.3 TRATAMIENTO MECÁNICO

De acuerdo con los experimentos de (Hartmann y Lester (1971) indican que el objeto de la escarificación mecánica es ablandar las cubiertas duras e impermeables de las semillas, aunque es probable que durante la cosecha, extracción y lavado de las semillas se efectúe cierta escarificación; en la mayoría de semillas de cubierta dura la germinación se mejora con un tratamiento artificial adicional. La remoción de las cubiertas de las semillas permite una mayor germinación del embrión. Además, consiste en raspar la cubierta de las semillas con lijas, limas o quebrarlas con un martillo o pinzas. 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 (ej.: lija, cemento) o dotados de discos abrasivos giratorios, logrando un 81% de germinación (Cabello y Camelia, 1996).

2.3 ATRIBUTOS UTILIZADOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA PLANTA EN VIVERO

La calidad es definida por parámetros morfológicos y fisiológicos que caracterizan la planta en el momento de su plantación y que permitirán un seguimiento más controlado de su comportamiento en el campo, por tanto, la calidad de planta es la acción de identificar los atributos o caracteres que se relacionan más estrechamente con la respuesta de la plantación en la plantación o cultivo, es decir cuál es el mejor fenotipo para un sitio de plantación concreto (Sotolongo et al, 2016).

El proceso de evaluación de la calidad de la postura organizado a través de la medición de dos tipos de atributos: (1) Atributos materiales o directamente medibles: a) Morfológicos: parámetros directos como la altura, diámetro del cuello de la raíz, la biomasa, volumen y superficie de distintas fracciones de la planta; o relaciones en forma de índices o ratios (razones) y combinación de los anteriores y b) Fisiológicos: como el estado de latencia del agua o de los nutrientes, así como el nivel de reservas, de reguladores del crecimiento u otros compuestos. (2). Atributos de desarrollo que miden la respuesta de toda la planta cuando es sometida a unas condiciones de ensayos particulares. La resistencia al frío o el potencial de regeneración radical son ejemplos de atributos de desarrollo.

Los atributos para determinar la calidad de plantas en viveros son: Altura (cm) mide el grado de desarrollo de la parte aérea. Puede ser manipulada en vivero a través de la fertilización, riego y el repicado. La tendencia debe ser conseguir una planta en el vivero cuya altura maximice la supervivencia. El diámetro en el cuello de la raíz (dcr), se considera un predictor de la supervivencia y desarrollo, el mismo que permite tener una aproximación de la sección transversal de transporte de agua, de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa para tolerar altas temperaturas en la superficie del suelo. La relación parte aérea-parte radical (P_{psa}/P_{psr}); Plantas con valores más bajos sobreviven mejor, lo cual se debe al reducirse la superficie transpirante respecto a la absorbente. Peso seco de la parte aérea (Psa): indica la capacidad de resistencia de las plantas, peso seco de la parte radical (Psr): caracteriza la masa total de raíces.

Otros indicadores de mucha importancia son; el índice de robustez (h/d); que permite estimar la resistencia mecánica de la planta frente al viento o la sequía. El índice de calidad de Dickson que expresa la potencialidad de la planta en relación con la supervivencia y el crecimiento, predice el éxito de la plantación y debe existir equilibrio y proporción entre la parte aérea, y el sistema radical de las plantas. El índice de calidad de Dickson (QI) reúne varios atributos morfológicos en un solo valor y se usa como índice de calidad: a mayor valor del índice, resultará una mejor calidad de planta. Además de importante determinar el balance hídrico de la planta en las plantas con buena disponibilidad de agua en el suelo, a medida que la transpiración aumenta durante el día, el potencial hídrico puede disminuir debido al retraso en la absorción.

realizar lijado manual e inmersión en agua.

3.1.3 METODO DE INVESTIGACIÓN

Los métodos de investigación empleados fueron; observación, medición y experimental. Observación: donde se observó la reacción de las semillas mediante cambio de coloración con la prueba de viabilidad topográfica de tetrazolio al 1% durante 24 horas. Se observó el crecimiento y emergencia de la radícula y plúmula para determinar el proceso de germinación. Medición: se realizó la medición de altura y diámetro al cuello de la raíz de las plantitas a los 8, 16 y 24 días luego de la emergencia de las hojas embrionarias. Experimental: Debido a la aplicación de tratamiento pregerminativos (químico, térmico y mecánico).

3.1.4 PARÁMETROS PARA DETERMINAR LA GERMINACIÓN

El material vegetal (frutos) fueron adquiridos en la comunidad San Jacinto de la parroquia Tarqui del cantón Pastaza, de cultivadores locales que producen semillas de *Plukenetia volubilis* L. Posterior a la compra se procedió a procesar la semilla, se retiró la pulpa de los frutos hasta obtener cinco kilogramos, luego se realizó la desinfección de las semillas con Vitavax por el lapso de 24 horas antes de la siembra.

Se estableció el ensayo de siembra mediante un diseño de bloques completos al azar (figura 3) con la aplicación de cuatro tratamientos pregerminativos con cuatro repeticiones (100 semillas). Posterior a la siembra se realizó riego matutino y vespertino durante las dos primeras semanas de siembra. Una vez que se registró la germinación en los tratamientos se realizó un riego diario.

| | | | | |
|---------------|------|------|------|------|
| T1 = Testigo | T4R4 | T1R4 | T2R4 | T3R4 |
| T2 = Térmico | T3R3 | T4R3 | T1R3 | T2R3 |
| T3 = Químico | T2R2 | T3R2 | T4R2 | T1R2 |
| T4 = Mecánico | T1R1 | T2R1 | T3R1 | T4R1 |

Elaborado por: Ortiz D. y Yambay D., 2020.

Figura 3. Diseño del experimento en bloques completamente al azar para aplicar los tratamientos pregerminativos en *Plukenetia volubilis* L.

Tabla 4. Tratamientos pregerminativos aplicado a las semillas de *Plukenetia volubilis* L.

| Tratamiento | Métodos pre germinativos | Observación |
|-------------|--------------------------|--|
| T1 | Testigo | Sin aplicación |
| T2 | Térmico | 30 min en H ₂ O a 75°C |
| T3 | Químico | 120 min en H ₂ SO ₄ al 80% |
| T4 | Mecánico | Escarificación con lija No. 80 |

Elaborado por: Ortiz D. y Yambay D., 2020.

Para determinar; masa, viabilidad, poder germinativo, vigor, energía germinativa, inicio de germinación, valor real, estimó mediante la metodología de Sotolongo (2016), con la aplicación de las siguientes ecuaciones;

Ecuación 1. Cálculo de la masa de las semillas.

a)

$$\text{Masa: } s/\text{kg} = (N/P) * 1000$$

Donde; s: semillas. Kg: Kilogramos. N: Número de semillas. P: Peso de las semillas.

Ecuación 2. Capacidad germinativa.

b)

$$\text{CG} = (N/Ss) * 1000$$

Donde; CG: capacidad germinativa en %. N: Número total de semillas germinadas. Ss: Semillas sembradas.

c) **Día de inicio de la germinación (IG):** Corresponde al tiempo transcurrido desde la siembra de las semillas hasta la germinación del 5 % de las semillas sembradas.

Ecuación 3. Tiempo medio de germinación.

d)

$$\text{TMG} = (T1N1 + T2N2 + \dots + TnNn) / N$$

Donde; TMG: Tiempo medio de germinación. Tn: Número de días transcurridos desde el inicio de la germinación hasta el día n. Nn: Número de semillas germinadas en el día n. N: Número total de semillas germinadas.

Ecuación 4. Energía germinativa.

e)

$$EG = PG * \frac{\text{semillas germinadas en un tiempo } t}{\text{Total de semillas de la muestra}}$$

Donde; EG: Energía germinativa. PG: poder germinativo

Ecuación 5. Vigor germinativo.

f)

$$VG = UM * GDM$$

Donde; VG: Vigor germinativo. UM: Valor máximo o pico, GDM: Germinación media diaria calculada

3.1.5 METODOLOGIA PARA EVALUAR EL CRECIMIENTO Y CALIDAD DE LAS PLANTAS

Para estimar el crecimiento el diámetro y altura se midió el dcr (diámetro en el cuello de la raíz) en milímetros y la altura en cm a los 8, 16 y 24 días después de la germinación (cuando ya se cayeron las hojas embrionarias), posterior a ello se estimó los parámetros;

- a) **Altura (h):** Se midió 100 plantas por tratamiento desde la base del tallo hasta la hoja más alta de las plantas con una regla en cm.
- b) **Diámetro en el cuello de la raíz (dcr):** Se midió 100 plantas (plantas que se midió para las alturas) por tratamiento en la base en el cuello de plantas con el uso de un calibrador vernier digital en unidades milimétricas.

Ecuación 6. Relación parte aérea-parte radical.

c)

$$\text{Relación parte aérea-parte radical} = \frac{Psa}{Psr}$$

Donde; Psa: Peso seco de la parte aérea Psr: Peso seco de la parte radical.

Ecuación 7. Robustez de la plántula.

d)
$$R = \frac{h}{dcr}$$

Donde; R= robustez, dcr diámetro en el cuello de la raíz, h=altura.

Ecuación 8. Índice de Dickson.

e)
$$QI = (PST / ((h/d) + (P_{psa}/P_{psr})))$$

Donde; QI: Índice de Dickson. PST: Peso seco total, h = altura. d= diámetro cuello de la raíz

Ecuación 9. Balance hídrico de la planta.

f)
$$BAP = PSA / (Dcr * PSR)$$

Donde; BAP: Balance hídrico de la planta, PSA= Peso seco aéreo, Dcr= Diámetro en el cuello de la raíz, PSR= Peso seco radical.

Para la interpretación de la calidad de las plantas de *Plukenetia volubilis* L. En vivero se interpretaron los resultados mediante la metodología de Santiago et al. (2007) y CONAFOR (2009) modificada por de Sáenz et al. (2010) con los siguientes valores;

Tabla 5. Valores de interpretación para los índices: (R. P_a/P_r); R (h/c); (IQ), Dcr

| PARÁMETROS | Baja | Media | Alta |
|---|--------|-------------|--------|
| Dcr (mm) | < 2.5 | 2.5 – 4.9 | ≥ 5.0 |
| Altura (cm) | < 12.0 | 12.0 – 14.9 | ≥ 15.0 |
| Relación Parte seca aérea: Parte seca radical (R. P_a/P_r) | ≥ 2.5 | 2.4 - 2.0 | < 2.0 |
| Robustez (h/c) | ≥ 8.0 | 7.9 – 6.0 | < 6.0 |
| Índice de la calidad de Dickson (QI) | < 0.2 | 0.2 - 0.4 | ≥ 0.5 |

Fuente: Santiago et al. (2007)

3.1.6 MATERIALES

Se utilizaron los siguientes materiales biológicos: 100 unidades de semilla por cada tratamiento, clasma o turba a base fibra orgánica. Material químico; Sales de Tetrazolio con una concentración de 1 %, ácido sulfúrico (H₂SO₄), una concentración de 80%, para el método químico, 200 gramos Vitavax para la desinfección de la semilla. Otros materiales; estufa y recipiente para calentar el agua, termómetro de mercurio, balanza digital, cinta métrica, bandeja de germinación, libreta de apuntes, lapicero, cámara digital, laptop Intel CORE i5.

3.1.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de los datos se utilizó el programa SPSS versión 22. Las métricas relacionadas con la forma y tamaño de las semillas se analizaron mediante estadísticos descriptivos y curvas de distribución normal. El efecto de los distintos tratamientos fue analizado mediante el análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de Tukey para estimar las diferencias significativas entre los tratamientos. Las diferencias se consideraron significativas cuando $p < 0,05$. Se determinó el coeficiente de correlación de Pearson entre el porcentaje de semillas germinadas y la velocidad de germinación.

CAPÍTULO IV

4.1 RESULTADOS

4.1.1 MASA Y GERMINACIÓN DIARIA ACUMULADA DE *Plukenetia volubilis* L.

La masa de *Plukenetia volubilis* L. varió entre 602.68 – 702.74 semillas/kg, las muestras evaluadas mostraron diferencia significativa entre las medias (Tabla 6).

Tabla 6. Peso y masa de semillas de *Plukenetia volubilis* L.

| Muestras | Peso g 100 semillas | Número semillas/Kg |
|----------|------------------------|--------------------|
| 1 | 142.90 ± 26.01 b | 702.74 ± 26.01 a |
| 2 | 160.55 ± 20.21 ab | 624.82 ± 20.21 ab |
| 3 | 167.01 ± 29.44 a | 602.68 ± 29.44 b |
| 4 | 147.14 ± 14.53 ab | 680.05 ± 14.53 ab |

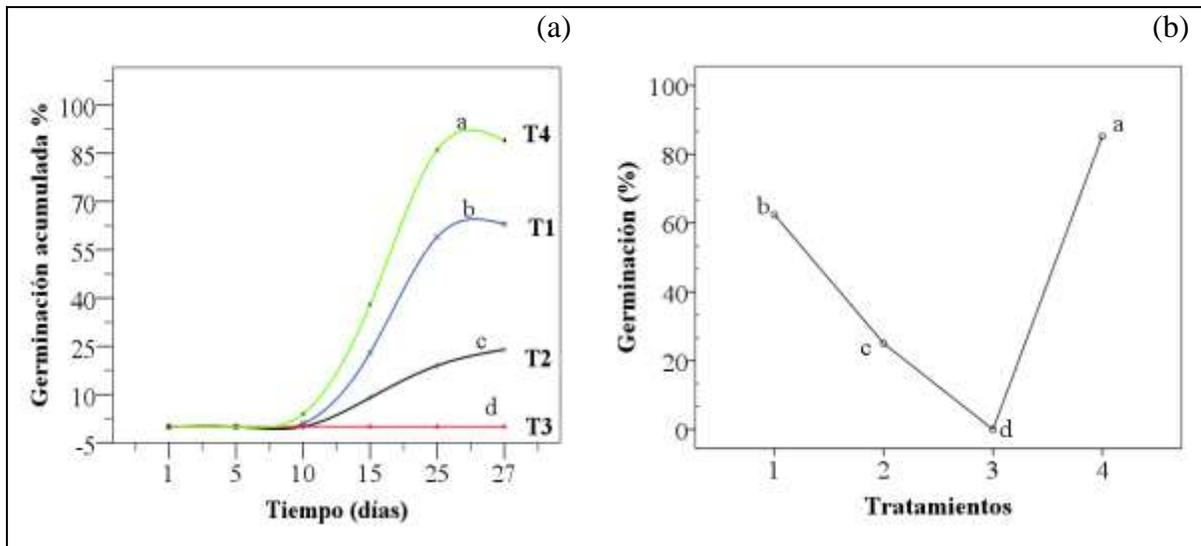
Elaborado por: Ortiz D. y Yambay D., 2020.

Las curvas de cinética de germinación de las semillas de *Plukenetia volubilis* L. mostraron un comportamiento similar para el testigo (T1) y el tratamiento pregerminativo mecánico (escarificado) T4, a diferencia el tratamiento térmico (T2) que mostró germinación por debajo del tratamiento control o testigo (T2), y el tratamiento T3 (químico) no registró ninguna germinación esto evidencia el efecto en la viabilidad de la semilla, esto determina que la concentración del 80% de H₂SO₄ causó la pérdida total de la viabilidad de *Plukenetia volubilis* L. (Figura 4).

La germinación diaria acumulada presentó un incremento entre los días 10 a 21 de comportamiento logarítmico, posterior a ello se estable la germinación hasta los días finales, esto reflejó una homogeneidad en la germinación durante el período antes mencionado.

El comportamiento de germinación acumulada para T2 mostró un comportamiento lineal entre los días 9 a 11 y posterior tiende a una linealidad, los valores obtenidos de germinación se registraron por debajo de T1, lo que indica que el tratamiento pregerminativo fue desfavorable

lo que provocó que la temperatura (75°C) aplicada para T2 también afectó a la viabilidad de las semillas.



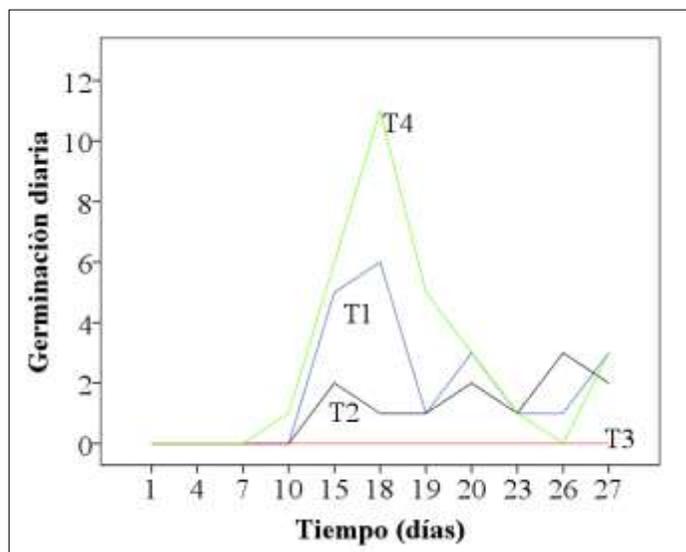
Elaborado por: Ortiz D. y Yambay D., 2020.

Figura 4. Porcentaje de germinación acumulada de semillas de *Plukenetia volubilis* L. durante 30 días a diferentes tratamientos pregerminativos (a). Poder germinativo a los 30 días a diferentes tratamientos pregerminativos (b). Los datos se representan como valores medios \pm D.E. Los valores que tienen letras distintas son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

4.2.1 POTENCIAL DE GERMIANCIÓN DE *Plukenetia volubilis* L.

El período de latencia duró entre 11 y 14 días y el porcentaje de germinación osciló entre 0 y 85% mostrando diferencias significativas entre los tratamientos. Estos resultados concuerdan con Colbios, 2013 donde reporta germinación para *Plukenetia volubilis* L. entre los días 11 a 14 días y con La Rosa & Quijada quienes obtuvieron PG mayor 90% en *Plukenetia volubilis* L. sin la testa de las semillas en sustrato de musgo.

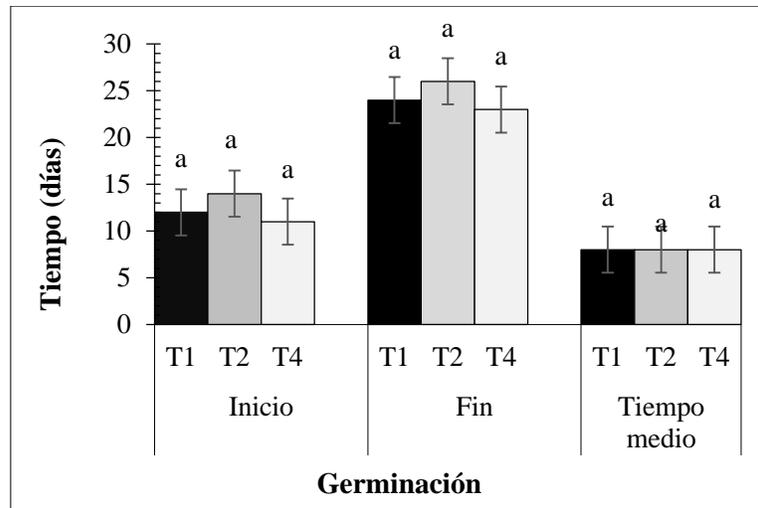
La germinación diaria (figura 5) muestra igual comportamiento para los tratamientos T1 y T4, con un incremento abrupto entre período de 10 a 13; 15 a 17 días. Sin embargo, T2 mostró un comportamiento diferente sin incrementos y períodos sin germinación (se establece) y luego disminuye su germinación.



Elaborado por: Ortiz D. y Yambay D., 2020.

Figura 5. Germinación diaria de semillas de *Plukenetia volubilis* L. durante 30 días a diferentes tratamientos pregerminativos.

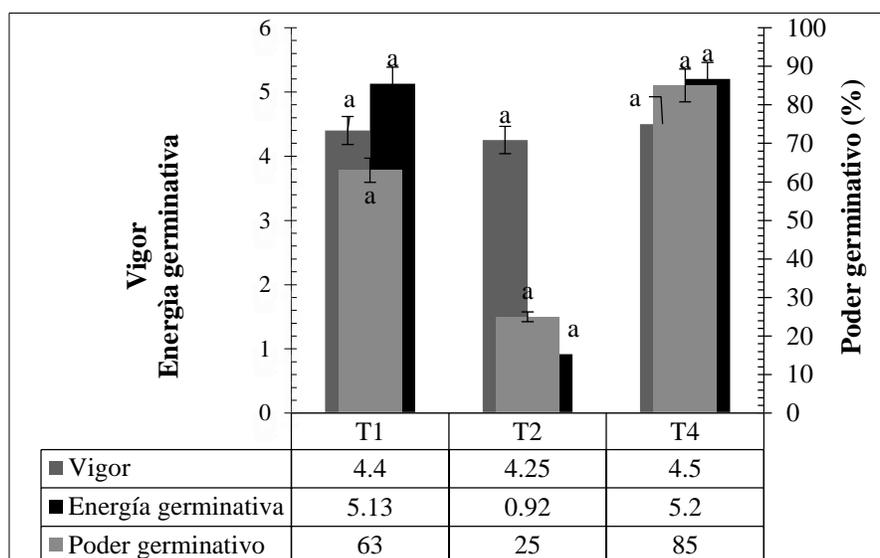
Se observan para las medias de inicio de germinación (IG), en la figura 6, para $T2=14 \pm 0.57$ $T1= 12.25 \pm 1.25$, $T4=11 \pm 1.95$ días, y fin de germinación (FG) para $T1=24 \pm 12$, $T2=25 \pm 1.50$, $T4=23 \pm 1.88$ días. El tiempo medio de germinación (TMG) fue igual para todos los tres tratamientos que hubo germinación T1, T2 y T4 con 8 días. Estos parámetros IG, TMG no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, lo que indica que la aplicación de tratamientos pregerminativos no afecta de manera determinante en el inicio, tiempo medio y fin de la germinación, estos resultados se sustentan en capacidad de las semillas para germinar y producir una planta normal y un complejo de condiciones, que son el producto de las interacciones más favorables entre las posibilidades genéticas de la especie y el medio en el cual las semillas se producen, cosechan, procesan y almacenan. Es conocido que los factores que en estrecha interrelación pueden conducir al deterioro, la pérdida del vigor y viabilidad total o parcial son: la temperatura, humedad, presión de oxígeno, bacterias, hongos, insectos y roedores (Hampton, 2001; Gallo, Craviotto, y Arango, 2006).



Elaborado por: Ortiz D. y Yambay D., 2020.

Figura 6. Inicio, fin y tiempo medio de germinación de semillas de *Plukenetia volubilis* L. durante 30 días a diferentes tratamientos pregerminativos.

El tratamiento con mayor poder germinativo (PG) fue T4 con $85.25\% \pm 5.54$, para T2 y T1 se obtuvieron un PG de $62.5\% \pm 4.66$ y $25.00\% \pm 4.08$. El vigor (VG) de las semillas de *Plukenetia volubilis* L. fue T1= 4.40 ± 0.41 , T2= 4.25 ± 0.21 , T= 4.47 ± 0.36 . El Tratamiento con mayor energía germinativa (EG) fue y T4= 5.16 ± 1.79 , seguido de T1= 5.13 ± 2.09 y para T2= 0.92 ± 0.31 , considerando $\frac{1}{2}$ de criterio para su evaluación en razón que las semillas germinó a los 11, 12 y 13 días (figura 7). Los resultados obtenidos para TMG, VG y EG no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Lo que significa que el vigor y la energía germinativa de *Plukenetia volubilis* L. tuvo un comportamiento similar entre los tratamientos. Esto puede deberse a que la energía germinativa está determinada por la rapidez y la uniformidad de la germinación de la semilla. Es importante tener en cuenta que la semilla tenga una germinación rápida y al mismo tiempo que el mayor número de ellas lo hagan en el menor tiempo posible. La rapidez es muy importante porque se realiza una mejor explotación de semillas germinadas casi al mismo tiempo. Numéricamente se dice que la semilla tiene una buena energía germinativa, cuando las dos terceras partes ($\frac{2}{3}$) de las semillas germinan en un tercio ($\frac{1}{3}$) del total de días que dura la germinación.



Elaborado por: Ortiz D. y Yambay D., 2020.

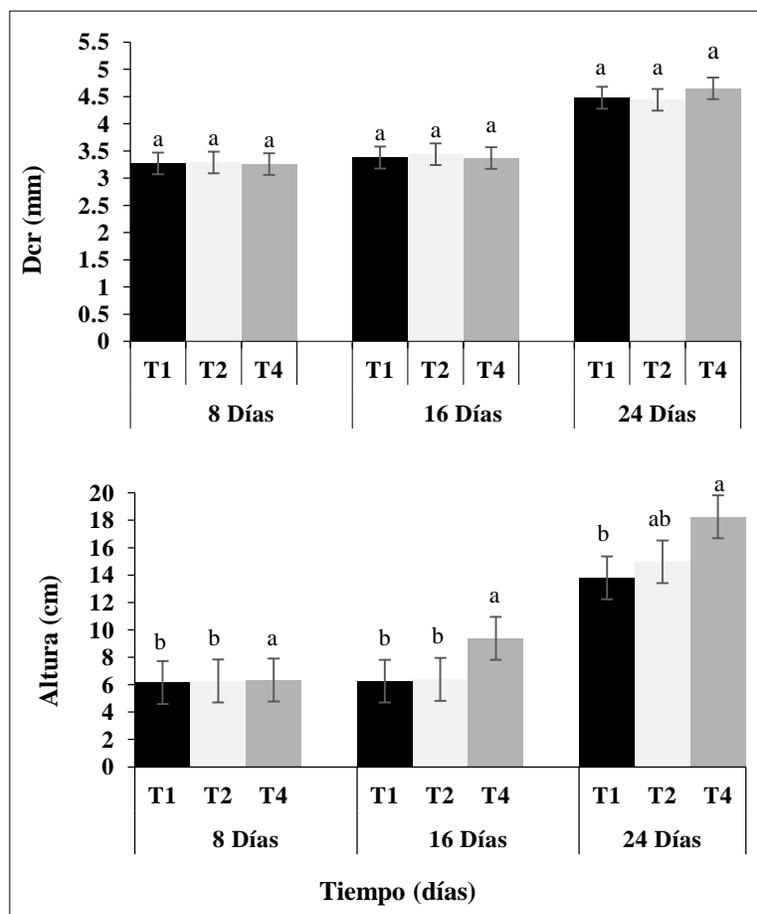
Figura 7. Vigor, energía germinativa y poder germinativo de semillas de *Plukenetia volubilis* L. durante 30 días a diferentes tratamientos pregerminativos.

Los resultados obtenidos para los parámetros germinativos se reflejan con mencionado por Vázquez-Yanes, et al., (1987), quienes mencionan que la germinación es un proceso que requiere de condiciones favorables o estables según la especie donde la humedad, luz, temperatura y oxígeno activen el metabolismo de la germinación, además, en los trópicos las semillas presentan tipos de germinación intermedios entre los dos descritos y tienden a germinar casi de inmediato cuando las condiciones ambientales son adecuadas.

4.3 CRECIMIENTO INICIAL EN ALATURA Y DIÀMETRO *Plukenetia volubilis* L.

Para determinar el crecimiento de las plantas en vivero se evaluó en tres tiempos; 8, 16 y 24 días, con un diámetro al cuello de la raíz (dcr) entre 3 – 3.9 mm y una altura (cm) entre 3.6 – 8.2cm a los 8 días, un dcr entre 3.2 – 4.0 y una altura de 3.7 – 11.3cm a los 16 días, un dcr entre 3.2 – 5.2 y una altura de entre 9 – 21.6cm a los 24 días. El crecimiento en dcr para los días 8, 16 y 24 fueron similares entre los tratamientos, las medias de dcr a los 24 días fueron; T1= 4.48 ± 0.11; T2= 4.44 ± 0.05 y T4= 4.65 ± 0.06. Las evaluaciones a los diferentes días no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. Las alturas de las plantas de *Plukenetia volubilis*

L. a los días 8, 16 y 24 días mostraron diferencia entre los tratamientos. T4 resultó con mayor altura durante el tiempo de la evaluación. (Figura 8).



Elaborado por: Ortiz D. y Yambay D., 2020.

Figura 8. Diámetro al cuello de la raíz (mm) y altura (cm) de *Plukenetia volubilis* L., mediante la aplicación de tres tratamientos pregerminativos. Medias seguidas de igual letra no difieren significativamente al 95% de probabilidad (Tukey).

En la tabla 7, se observa que el peso seco de la parte aérea (P_{sa}) de las plantas de *Plukenetia volubilis* L. osciló entre 0.60 ± 0.04 – 0.65 ± 0.01 g, para peso seco de la parte radical de (P_{sr}) 0.36 ± 0.01 – 0.45 ± 0.01 g. El tratamiento con mayor; $R_{P_{sa}/P_{sr}}$ fue T2= 1.86 ± 0.06 , mayor robustez T4 con 3.93 ± 0.05 , mayor QI fue T1 con 0.26 ± 0.001 y mayor Bap T2 con 0.41 ± 0.09 . Para la altura, P_{sa} , P_{sr} y los índices de; $R_{P_{sa}/P_{sr}}$ Robustez, QI, Bap mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

Tabla 7. Relación parte aérea-parte radical (**R. P_{sa}/P_{sr}**), Robustez, índice de Dickson (QI) y balance hídrico (Bap)

| Tratamientos | Dcr | H | P _{sa} | P _{sr} | R.P _{sa} /P _{sr} | Robustez | QI | Bap |
|--------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|------------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| T1 | 4.48 ± | 12.68 ± | 0.65 ± | 0.45 ± | 1.46 ± | 2.85 ± | 0.26 ± | 0.33 ± |
| | 0.11 ^a | 0.79 ^b | 0.01 ^a | 0.01 ^a | 0.06 ^b | 0.24 ^b | 0.001 ^a | 0.01 ^b |
| T2 | 4.46 ± | 13.98 ± | 0.66 ± | 0.36 ± | 1.85 ± | 3.14 ± | 0.20 ± | 0.41 ± |
| | 0.05 ^a | 0.29 ^{ab} | 0.01 ^a | 0.01 ^b | 0.06 ^a | 0.09 ^b | 0.001 ^b | 0.09 ^a |
| T4 | 4.65 ± | 18.26 ± | 0.60 ± | 0.41 ± | 1.46 ± | 3.93 ± | 0.19 ± | 0.31 ± |
| | 0.06 ^a | 0.04 ^a | 0.04 ^b | 0.004 ^a | 0.006 ^b | 0.05 ^a | 0.002 ^b | 0.04 ^b |

Dcr = Diámetro en el cuello de la raíz; h = Altura de la planta; P_{sa} = Peso seco aéreo; P_{sr} = Peso seco radicular. Medias seguidas de igual letra no difieren significativamente al 95% de probabilidad (Tukey). Entre los tratamientos.

Elaborado por: Ortiz D. y Yambay D., 2020.

En la tabla 7, se muestra la valoración para dcr, altura, P_{sa}, P_{sr} y los índices de; R_{P_{sa}/P_{sr}} Robustez, QI, Bap quienes mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos a excepción del dcr. Expresando los siguientes resultados de calidad de las plantas de *Plukenetia volubilis* L. a los 24 días de crecimiento inicial en condiciones de vivero. El dcr mostró calidad media para los tres tratamientos, en cuanto a altura mostró una calidad media para T1 y T2 y calidad alta para T4.

Los índices de calidad de plantas en vivero como Robustez y R_{P_{sa}/P_{sr}} indicó calidad alta para los tres tratamientos lo que significa que las plantas de *Plukenetia volubilis* L. a los 24 días y en las condiciones de vivero tiene excelente resistencia mecánica que le permite tolerar vientos y heladas (Tabla 8). Con referencia a la calidad alta de la parte aérea y radical esto le permite una adecuada nutrición. El índice de Dickson (QI) mostró una calidad mediana para T1 y T4 y una calidad alta para T2, lo que indica que las plantas de *Plukenetia volubilis* L. tiene un potencial mediano y alto de sobrevivencia.

Tabla 8. Relación parte aérea-parte radical ($R_{Psa/Psr}$), Robustez, índice de Dickson (QI) y balance hídrico (Bap)

| Tratamientos | Dcr | h | $R_{Psa/Psr}$ | Robustez | QI |
|--------------|-------|-------|---------------|----------|-------|
| T1 | Media | Media | Alta | Alta | Media |
| T2 | Media | Media | Alta | Alta | Alta |
| T4 | Media | Alta | Alta | Alta | Media |

Elaborado por: Ortiz D. y Yambay D., 2020.

CAPÍTULO V

5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.1 CONCLUSIONES

- ❖ Las semillas que fueron sometidas al tratamiento pregerminativo de escarificación (método mecánico) presentaron los más altos porcentajes de germinación, mayor energía germinativa y mejor vigor, así como las plantas de mayor diámetro al cuello de la raíz y altura.
- ❖ El tratamiento pregerminativo más idóneo para germinar *Plukenetia volubilis* L. es mediante el método de escarificación (Método mecánico) por obtener mayor homogeneidad en la germinación y mayor poder germinativo.
- ❖ Las plantas *Plukenetia volubilis* L. producidas en vivero obtuvieron una alta calidad en comparación del tratamiento testigo, sin embargo, todas las plantas tienen una excelente resistencia mecánica.

5.1.2 RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda realizar estudios sobre tratamientos pregerminativos a la semilla de *Plukenetia volubilis* L. ya que por ser una semilla semi dura dificulta su germinación y la uniformidad de sus plántulas.
- ❖ Realizar tratamientos pregerminativos térmicos con temperaturas por debajo de 75 °C.
- ❖ Efectuar tratamientos pregerminativos con H₂SO₄ (ácido sulfúrico) en concentraciones menores al 80%.
- ❖ Para determinar los índices de calidad de plantas, evaluar a los 45 o 60 días posterior a la germinación.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, G.F.L.; Ríos, T.R.S. 2017. Estudio de viabilidad económica del cultivo de *Plukenetia volubilis* Linneo “Sacha inchi” – departamento de San Martín. Programa de ordenamiento ambiental – POA evaluación económica opciones productivas amazonia peruana. Iquitos, Perú.
- Araoz; del Longo. (2006). Tratamientos pregerminativos para romper la dormancia física impuesta por el endocarpio en *Ziziphus mistol* Grisebach. España.
- Aiquipa, S. M. (2012, 07, 30). El mejor aceite del mundo. *Revista Biomanantial*. (1), p.2.
- Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2001). *Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. San Diego, California: Academic Press.
- Benavides, J y Morales, J. 1994. Caracterización del Aceite y Proteína del Cultivo sachá inchi o Maní del Monte (*Plukenetia volubilis* L.) como alternativa para la alimentación humana y animal.
- Botánica-Online (2010). Escarificación Química. Consultado el 17 de abril del 2011. Recuperado: <http://www.botanica-online.com/escarificacion.htm>.
- Castaño T, D. L., Valencia G, M., Murillo P, E., Mendez A, J. J., & Eras J, J. (2012). Composición de ácidos grasos de *Plukenetia volubilis* L. y su relación con la bioactividad del vegetal. *Revista chilena de nutrición* (2), p. 45-52.
- Castro A. 2008. Desarrollo Fenológico de *Plukenetia volubilis* en condiciones agroecológicas del Centro de Investigaciones Amazónicas Macegual (CIMAZ). Momentos de ciencias, Perú.
- Conagua. (2014). Comisión Nacional del Agua. Reporte del clima en México. Reporte anual 2014. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. Gerencia de Meteorología y Climatología. Subgerencia de Pronóstico a Mediano y Largo Plazo.
- Dostert, N., Roque, J., Brokamp, G., Cano, A., La Torre, M y Weigend, M. (2009) Datos botánicos de *Plukenetia volubilis* L., *ResearchGate* (12) 1 ,1-4.

- Djavanshir, K., and H. Pourbeik. 1976. Germination value: A new formula. *Silvae Gen.* 25 p. 79-83.
- Ffolliott, P. F. and J. L. Thames. 1983. Recolección, manipuleo, almacenaje y pre-tratamiento de las semillas de Prosopis en América Latina. FAO. Roma, Italia. 43 p.
- Gallo, C.; Craviotto, R. M. y Arango, M. R. Casete de Germinación y Sanidad de Semillas: Su uso en la Evaluación de la Calidad de Semillas de Soja. [En línea] Manfredi: INTA. PRECOP, 2006.
- Gavilánez R.; Flor B. 1990. Evaluación de siete tratamientos pregerminativos y seis sustratos para la germinación de la semilla de Capulí (*Prunus capulí*). Tesis Ing. Agr. Ambato, Ecuador. Universidad Técnica, Facultad de ingeniería Agronómica. 213 p.
- Gómez-Campo. 1985. Seed banks as an emergency conservation strategy. En: Plant Conservation in the Mediterranean Area. Gómez-Camp, C. (ed.). Dr. W. Junk Publishers. Dordrecht, pp. 237-247.
- Hampton. J. G. ¿Qué significa calidad de semillas? Revista SEED News [en línea], 2001, vol. 5, no. 5
- Hartmann, H.T. y Kester. D.E. 1971. Propagación de plantas. Trad. Del inglés por Antonio Mariño Ambrosio. 3 impresiones. Impresión. México, CECSA. 790 p.
- Instituto Nacional De Meteorología e Hidrología (INAMHI), 2014. Anuario Meteorológico Nro. 51-2014.
- La FACU. 2011. Disoluciones. Consultado el 16 de abril del 2011. Recuperado: <http://es.scribd.com/doc/7098286/Apuntes-Quimica-Muchos-Temas>.
- Manco, E. (2006). Cultivo de *Plukenetia volubilis* L. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria, 1-11.
- Pece, M. G., C. Gaillard de Benítez, M. Acosta, C. Bruno y S. Saavedra. 2010a. Tratamientos pregerminativos para Tipa colorada (*Pterogyne nitens* Tul.). *Foresta Ver.* 12: 17-25.
- Perúbiodiverso. 2009. Manual de producción de sacha inchi con el marco conceptual operativo del Biocomercio y la agroforestería sostenible. Perúbiodiverso. Lima, Perú.
- Quijada, R. L. (2013). Germinación del sacha inchi, *Plukenetia volubilis* L. (MCBRIDE, 1951). *The Biologist*, 6.
- Rómel, L. 2012. Balanza Comercial del Ecuador. Agro Ecuador

- Rodríguez, T. (04 de Julio de 2010). Consumo de aceites vegetales. *Consumo de aceites vegetales tienen asiento en la canasta familiar, (1)*. p 1.
- Sotolongo, R. Geada, G. Cobas, M. Fomento Forestal 2010. Editorial Félix Varela. La Habana. 287 pp.
- Tekrony, D. M. Accelerated ageing. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION, 24., 1995, Copenhagen. Seed vigour testing: contributions to a seminar. Zurich: International Seed Testing Association, 1995. p. 816-822.
- Vázquez-Yanes C. 1987. Cómo viven las plantas. La Ciencia desde México No. 48. Fondo de Cultura Económica, México.
- Vargas G. 2009. "Determinación de la viabilidad de semilla de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) bajo condiciones de almacenamiento en cámara fría y condiciones normales" en Tarapoto. Tarapoto – Perú.
- Volvió. 2013. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Centro de Investigación Colombiana de Biocombustibles Colbio. Antioquia, Colombia.
- Westwood, N. 1982. Fruticultura de zonas templadas; propagación por semilla. Madrid. Mundi-Prensa. 85. p.

CAPÍTULO VII

7.1 ANEXOS

7.1.1 REGISTRO FOTOGRÁFICO



Fotografía 1 Recolecta y selección de semillas de *Plukenetia volubilis* L.



Fotografía 2 Pureza de las semillas de *Plukenetia volubilis* L.



Fotografía 3 Viabilidad de las semillas aplicando Tetrazolio al 1%.



Fotografía 4 Tratamiento químico: 120 min en (H_2SO_4) al 80%.



Fotografía 5 Tratamiento térmico: 30 min en (H_2O) a $75^{\circ}C$.



Fotografía 6 Tratamiento mecánico: Escarificación con lija No. 80.



Fotografía 7 Distribución de los tratamientos.



Fotografía 8 Primeros indicios de germinación.



Fotografía 9 Germinación a los 15 días después de la siembra.



Fotografía 10 Emergencia de las primeras plántulas



Fotografía 11 Observación de las hojas dicotiledóneas.



Fotografía 12 Aparición de hojas verdaderas.



Fotografía 13 Plántulas a los 24 días.



Fotografía 14 Medición de temperatura dentro de vivero



Fotografía 15 Medida del ancho de las hojas.



Fotografía 16 Registro de datos del diámetro del cuello de la raíz (dcr).



Fotografía 17 Muestreo de plántulas por tratamiento.



Fotografía 18 Pesaje de materia seca.



Fotografía 19 Desarrollo de la plántula de *Plukenetia volubilis* L.



Fotografía 20 Plántula de *Plukenetia volubilis* L.

7.1.2 GERMINACIÓN ACUMULADA

Tabla 9. Germinación Diaria Acumulada

| GERMINACIÓN DIARIA ACUMULADA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|---|------|------|------|------|--|------|------|------|------|--|------|------|------|------|
| Tratamiento 1 = testigo | | | | | Tratamiento 2 = Térmico (30 min en H ₂ O °C) | | | | | Tratamiento 3 = Químico (2 horas de remojo H ₂ SO ₄ al 80%) | | | | | Tratamiento 4= Mecánico (escarificado con lija No. 80) | | | | |
| DÍAS | T1R1 | T1R2 | T1R3 | T1R4 | DÍAS | T2R1 | T2R2 | T2R3 | T2R4 | DÍAS | T3R1 | T3R2 | T3R3 | T3R4 | DÍAS | T4R1 | T4R2 | T4R3 | T4R4 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 8 | 0 | 0 | 4 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 2 | 8 |
| 9 | 0 | 0 | 5 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 3 | 8 |
| 10 | 0 | 0 | 5 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 5 | 8 |
| 11 | 0 | 0 | 12 | 2 | 11 | 0 | 0 | 2 | 4 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 1 | 0 | 15 | 9 |
| 12 | 3 | 6 | 18 | 4 | 12 | 1 | 0 | 3 | 4 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 1 | 4 | 33 | 16 |
| 13 | 3 | 6 | 41 | 14 | 13 | 1 | 0 | 5 | 11 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 1 | 6 | 56 | 39 |
| 14 | 3 | 6 | 48 | 20 | 14 | 1 | 2 | 9 | 11 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 1 | 9 | 64 | 51 |
| 15 | 6 | 19 | 53 | 20 | 15 | 5 | 7 | 9 | 11 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 7 | 23 | 64 | 54 |
| 16 | 17 | 30 | 59 | 39 | 16 | 7 | 8 | 9 | 11 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 8 | 35 | 67 | 60 |
| 17 | 22 | 43 | 62 | 44 | 17 | 10 | 10 | 11 | 13 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 28 | 56 | 69 | 63 |
| 18 | 29 | 48 | 71 | 46 | 18 | 12 | 10 | 11 | 13 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 64 | 59 | 70 | 65 |
| 19 | 30 | 51 | | 46 | 19 | 14 | 11 | 12 | 14 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 70 | 65 | 71 | 70 |
| 20 | 36 | 55 | | 48 | 20 | 14 | 13 | 15 | 15 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 71 | 70 | | 74 |
| 21 | 39 | 66 | | 49 | 21 | 14 | 14 | 19 | 15 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 80 | 79 | | 81 |
| 22 | 43 | 67 | | 49 | 22 | 14 | 14 | 19 | 16 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 80 | 79 | | 83 |
| 23 | 45 | 67 | | 51 | 23 | 14 | 14 | 21 | 19 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 85 | 79 | | |
| 24 | 46 | 70 | | 51 | 24 | 15 | 14 | | | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | 90 | 84 | | |
| 25 | 46 | | | 51 | 25 | 20 | 14 | | | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | | 84 | | |
| 26 | 48 | | | 51 | 26 | 25 | 21 | | | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 | | 84 | | |
| 27 | 53 | | | 56 | 27 | 30 | 23 | | | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 | | 96 | | |
| 28 | | | | | 28 | 34 | | | | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 | | 97 | | |
| 29 | | | | | 29 | 37 | | | | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | | | | |
| 30 | | | | | 30 | | | | | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | | | | |

7.1.3 ANÁLISIS ANOVA PARÁMETROS DE GERMINACIÓN

Tabla 10. Análisis ANOVA Parámetros de Germinación

| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|-----|------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| CG | Entre grupos | 7405.167 | 2 | 3702.583 | 40.161 | .000 |
| | Dentro de grupos | 829.750 | 9 | 92.194 | | |
| | Total | 8234.917 | 11 | | | |
| IG | Entre grupos | 18.167 | 2 | 9.083 | 1.189 | .348 |
| | Dentro de grupos | 68.750 | 9 | 7.639 | | |
| | Total | 86.917 | 11 | | | |
| TMG | Entre grupos | 1.496 | 2 | .748 | .231 | .798 |
| | Dentro de grupos | 29.084 | 9 | 3.232 | | |
| | Total | 30.580 | 11 | | | |
| VR | Entre grupos | 7405.167 | 2 | 3702.583 | 40.161 | .000 |
| | Dentro de grupos | 829.750 | 9 | 92.194 | | |
| | Total | 8234.917 | 11 | | | |
| VG | Entre grupos | .097 | 2 | .049 | .105 | .902 |
| | Dentro de grupos | 4.175 | 9 | .464 | | |
| | Total | 4.272 | 11 | | | |
| EG | Entre grupos | 47.575 | 2 | 23.788 | 2.308 | .155 |
| | Dentro de grupos | 92.744 | 9 | 10.305 | | |
| | Total | 140.319 | 11 | | | |

Elaborado por: Ortiz D. y Yambay D., 2020.

7.1.4 REGISTRO MEDIAS POR TRATAMIENTOS

Tabla 11. Registro de Medias por Tratamientos

| 8 Días | | | | 16 Días | | | | 24 Días | | | |
|--------------|--------------|------|--------|--------------|--------------|------|--------|--------------|--------------|------|--------|
| Tratamientos | Repeticiones | Dcr | Altura | Tratamientos | Repeticiones | Dcr | Altura | Tratamientos | Repeticiones | Dcr | Altura |
| 1 | 1 | 3.29 | 6.04 | 1 | 1 | 3.39 | 6.14 | 1 | 1 | 4.63 | 17.14 |
| 1 | 2 | 3.27 | 6.02 | 1 | 2 | 3.38 | 6.12 | 1 | 2 | 4.60 | 10.61 |
| 1 | 3 | 3.24 | 6.27 | 1 | 3 | 3.36 | 6.37 | 1 | 3 | 4.56 | 12.90 |
| 1 | 4 | 3.30 | 6.30 | 1 | 4 | 3.42 | 6.40 | 1 | 4 | 4.13 | 14.49 |
| 2 | 1 | 3.28 | 6.30 | 2 | 1 | 3.40 | 6.40 | 2 | 1 | 4.29 | 14.49 |
| 2 | 2 | 3.32 | 6.27 | 2 | 2 | 3.42 | 6.37 | 2 | 2 | 4.52 | 14.34 |
| 2 | 3 | 3.30 | 6.24 | 2 | 3 | 3.45 | 6.34 | 2 | 3 | 4.53 | 13.17 |
| 2 | 4 | 3.28 | 6.28 | 2 | 4 | 3.48 | 6.40 | 2 | 4 | 4.42 | 17.95 |
| 4 | 1 | 3.21 | 6.31 | 4 | 1 | 3.31 | 8.86 | 4 | 1 | 4.50 | 18.33 |
| 4 | 2 | 3.21 | 6.41 | 4 | 2 | 3.34 | 8.81 | 4 | 2 | 4.60 | 18.28 |
| 4 | 3 | 3.26 | 6.30 | 4 | 3 | 3.35 | 8.59 | 4 | 3 | 4.77 | 18.30 |
| 4 | 4 | 3.38 | 6.35 | 4 | 4 | 3.48 | 11.25 | 4 | 4 | 4.74 | 18.14 |

Elaborado por: Ortiz D. y Yambay D., 2020.

7.1.5 ANÁLISIS ANOVA PARÁMETROS DE LAS PLANTAS

Tabla 12. Análisis ANOVA Parámetros de las Plantas

| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|-----------|------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| Dcr | Entre grupos | .087 | 2 | .043 | 1.538 | .266 |
| | Dentro de grupos | .254 | 9 | .028 | | |
| | Total | .341 | 11 | | | |
| h | Entre grupos | 68.199 | 2 | 34.100 | 35.362 | .000 |
| | Dentro de grupos | 8.679 | 9 | .964 | | |
| | Total | 76.878 | 11 | | | |
| Psa | Entre grupos | .007 | 2 | .004 | 7.616 | .012 |
| | Dentro de grupos | .004 | 9 | .000 | | |
| | Total | .012 | 11 | | | |
| Par | Entre grupos | .016 | 2 | .008 | 22.030 | .000 |
| | Dentro de grupos | .003 | 9 | .000 | | |
| | Total | .019 | 11 | | | |
| R.Psa.Psr | Entre grupos | .406 | 2 | .203 | 18.082 | .001 |
| | Dentro de grupos | .101 | 9 | .011 | | |
| | Total | .507 | 11 | | | |
| Robustez | Entre grupos | 2.490 | 2 | 1.245 | 12.581 | .002 |
| | Dentro de grupos | .891 | 9 | .099 | | |
| | Total | 3.381 | 11 | | | |
| QI | Entre grupos | .010 | 2 | .005 | 14.439 | .002 |
| | Dentro de grupos | .003 | 9 | .000 | | |
| | Total | .013 | 11 | | | |
| Bap | Entre grupos | .024 | 2 | .012 | 33.595 | .000 |
| | Dentro de grupos | .003 | 9 | .000 | | |
| | Total | .027 | 11 | | | |

Elaborado por: Ortiz D. y Yambay D., 2020.

