

EFFECTO ESCARIFICADOR DEL HIDRÓXIDO DE SODIO EN SEMILLAS DE
***Euterpe precatoria* Mart. var. *precatoria*.**

SASHA CAROLINA PÉREZ FERREIRA 111002924

DANIEL DAVID PÉREZ PÉREZ 111002925

UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA AGRONÓMICA
VILLAVICENCIO
2016

**EFFECTO ESCARIFICADOR DEL HIDRÓXIDO DE SODIO EN SEMILLAS DE
Euterpe precatoria Mart. var. *precatoria*.**

SASHA CAROLINA PEREZ FERREIRA 111002924

DANIEL DAVID PÉREZ PÉREZ 111002925

**Proyecto de trabajo de Tesis presentado como requisito parcial para optar al
título de Ingeniero Agrónomo.**

Director

**I.A M.Sc. Julián Fernando Cárdenas Hernández
Docente de planta de la Universidad de los Llanos**

Co-Director

**I.A M.Sc. Sergio David Parra González
Docente ocasional de la Universidad de los Llanos**

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA AGRONÓMICA
VILLAVICENCIO
2016**

AGRADECIMIENTOS

Nuestras palabras de agradecimiento van dedicadas primeramente a Dios quien nos dio fortaleza y sabiduría para culminar con una de nuestras etapas. En segundo lugar a nuestros padres y familiares quien con sus consejos, ayuda y esfuerzos lograron que esta etapa de nuestras vidas pudiese llegar al final con los objetivos propuestos desde el principio de esta carrera, por ayudarnos a no desfallecer durante este proceso de formación que tuvo momentos buenos como malos y sirven de experiencia para ser mejores personas cada día.

A la Universidad De Los Llanos que nos dio las bases para nuestra formación profesional con ayuda de los diferentes profesores que colaboraron en este proceso, en especial a los Ingenieros Agrónomos Sergio David Parra, Julián Fernando Cárdenas, Harold Bastidas y Nydia Carmen Carrillo, quienes nos orientaron, aportaron y colaboraron en la formulación y desarrollo de nuestro trabajo de grado, y demás profesionales que fueron de apoyo durante esta etapa.

Por ultimo queremos cerrar este capítulo agradeciéndoles a nuestros compañeros de estudio con quienes pasamos compartimos buenos momentos y dejaron cosas buenas que quedaran guardados en nuestros corazones y no olvidaremos, muchas gracias a todos y todas.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUCCIÓN	10
2. OBJETIVOS	13
2.1. Objetivo general	13
2.2. Objetivos específicos	13
3. MARCO TEÓRICO	14
4. MATERIALES Y MÉTODOS	18
4.1. Recolección de semillas	18
4.2. Experimento 1	18
4.2.1. Escarificación	18
4.2.2. Prueba de viabilidad	19
4.2.3. Prueba de imbibición	19
4.2.4. Análisis estadístico	19
4.3. Experimento 2	19
4.3.1. Escarificación	19
4.3.2. Prueba de viabilidad	20
4.3.3. Prueba de imbibición	20
4.3.4. Análisis estadístico	20
4.4. Experimento 3	20
4.4.1. Datos evaluados	21
4.4.2. Análisis estadístico	21
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
5.1 Experimento 1	22
5.1.1. Prueba de imbibición	22
5.1.2. Prueba de viabilidad	22
5.1.3. Análisis estadístico	23
5.2. Experimento 2	25
5.2.1. Prueba de imbibición	25
5.2.2. Prueba de viabilidad	29

5.2.3. Análisis estadístico	30
5.3. Experimento 3	33
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
8. ANEXOS	43

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Porcentaje de viabilidad por tratamientos con su respectiva desviación estándar.	23
2. Regresión lineal de la fluctuación de peso en prueba de imbibición de las repeticiones del tratamiento 1.	25
3. Regresión lineal de la fluctuación de peso en prueba de imbibición de las repeticiones del tratamiento 2.	26
4. Regresión lineal de la fluctuación de peso en prueba de imbibición de las repeticiones del tratamiento 3.	26
5. Regresión lineal de la fluctuación de peso en prueba de imbibición de las repeticiones del tratamiento 4.	27
6. Regresión lineal de la fluctuación de peso en prueba de imbibición de las repeticiones del tratamiento 5.	27
7. Regresión lineal de la fluctuación de peso en prueba de imbibición de las repeticiones del tratamiento 6.	28
8. Regresión lineal de la fluctuación de peso en prueba de imbibición de las repeticiones del tratamiento 7.	28
9. Regresión lineal de la fluctuación de peso en prueba de imbibición de las repeticiones del tratamiento 8.	29
10. Comparación de viabilidad según tratamientos con su respectiva desviación estándar.	30
11. Comparación de ganancia de peso total de los tratamientos en 19 horas.	31
12. Comparación de velocidad de embrillado (germinación) entre los tratamientos.	33
13. Comparación de velocidad de aparición de plúmulas entre los tratamientos.	34

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1. Tratamientos de esscarificación química con NaOH, experimento 1.	18
2. Tratamientos de esscarificación química con NaOH, experimento 2.	20
3. Tratamientos de esscarificación química con NaOH, experimento 3.	21
4. Análisis de varianza (ANAVA) para viabilidad.	23
5. Test de Tukey para viabilidad.	23
6. Análisis de varianza (ANAVA) y análisis de ecuaciones según interacción entre variables peso y tiempo para determinar efectos de ganancia de peso por imbibición.	24
7. Resultados de análisis estadístico con Test de Tukey para determinar mejores tratamientos para su aplicación en el experimento 3.	31

RESUMEN

En esta investigación se evaluó el efecto de la escarificación del Hidróxido de Sodio (NaOH) en semillas de Asaí (*Euterpe precatoria* Mart. var. *Precatoria*. F. Arecaceae). Se desarrollaron tres experimentos donde se evaluaron los efectos de las concentraciones de NaOH 6N. En el primer experimento se evaluaron concentraciones 0%, 10%, 25% y 50% en tiempos de inmersión de 10, 20, 30 y 40 minutos. En el segundo experimento se evaluaron concentraciones 0%, 50%, 75% y 100% en tiempos de inmersión de 10 y 40 minutos. Se evaluó la viabilidad y el proceso de imbibición de la semilla después de la escarificación para determinar los tratamientos que generaron efectos positivos en el proceso de imbibición y que no afectaron la viabilidad de la semilla.

Los mejores tratamientos, es decir, que mostraron mayor ganancia de peso en la prueba de imbibición, fueron: inmersión en agua por 40 minutos e inmersión en NaOH 6N en concentración 100%. La viabilidad de las semillas de Asaí no se vio afectada por los procesos de escarificación en ningún caso. El experimento 3 constó de la prueba en campo de los mejores tratamientos. Las semillas fueron sembradas en turba posterior a la escarificación, germinaron a los 58 días después de la siembra y las primeras plúmulas se observaron a los 58 días después de la siembra en el tratamiento escarificado con NaOH y a los 72 días después de la siembra en el testigo. El porcentaje de germinación de las semillas en un mes que duraron las mediciones en campo fue de 63,5% en el testigo y 50% en el tratamiento de escarificación con NaOH. Los tratamientos aplicados a las semillas no generaron la eliminación completa de tejidos o partes de las semillas, sin embargo, no se descarta que haya generado abertura que facilitara el ingreso del agua.

ABSTRACT

In this research the effect of scarification sodium hydroxide (NaOH) in Asaí seeds (*Euterpe precatoria* Mart. Var. *Precatoria*. F. Arecaceae) was evaluated. Three experiments where the effects of 6N NaOH concentrations were evaluated developed. In the first experiment they were evaluated concentrations 0%, 10%, 25% and 50% by immersion times of 10, 20, 30 and 40 minutes. In the second experiment evaluated concentrations 0%, 50%, 75% and 100% at immersion times of 10 and 40 minutes. Viability and imbibition of the seed after scarification to determine the treatments generated a positive effect on imbibition and that did not affect seed viability was assessed.

The best treatments, ie, that showed greater weight gain in the test imbibition were: immersion in water for 40 minutes and immersion in 6N NaOH in 100% concentration. The viability of seeds Asaí not affected by scarification processes in any case. Experiment 3 consisted of field testing of the best treatments. The seeds were sown in subsequent peat scarification, germinated at 58 days after sowing and the first plumules were observed 58 days after sowing in the scarifying NaOH treatment and 72 days after sowing in the witness. The percentage of seed germination in a month lasting field measurements was 63.5% in the control and 50% in the treatment of scarification with NaOH. The treatments applied to seeds not generate the complete removal of tissue or parts of seeds, however, do not rule that generated opening to facilitate the ingress of water.

1. INTRODUCCIÓN

La palma de Asaí (*Euterpe precatoria* Mart F. Arecaceae) es una planta que tiene alta demanda por los diferentes usos que le han dado los pobladores de la zona donde se produce, siendo de gran interés el contenido nutricional de sus frutos (Ozaki, y otros, 2011) y palmitos extraídos de su tallo (corazón de la palma), a pesar de esto autores como Isaza et al. (2014) indican:

“En la actualidad el manejo de la especie en muchas áreas de Brasil, Bolivia y Colombia es mínimo y para la cosecha de frutos se talan los individuos fértiles. La práctica destructiva de cosecha tiene efectos negativos sobre las poblaciones, en especial cuando esta implica la muerte del individuo, lo que interrumpe los ritmos de crecimiento poblacional y limita la oferta del recurso cosechado”.

El fruto de *Euterpe precatoria* es utilizada para producir un jugo de su pulpa (mesocarpio) además se destaca por su alto valor nutritivo, ya que contienen diferentes tipos de nutrientes, que incluyen ácidos grasos, proteínas, fibras, minerales, vitaminas, y compuestos bioactivos tales como antocianinas, flavonoides y ácidos fenólicos, actualmente es una fruta con alta demanda a nivel internacional para alimentación humana y elaboración de suplementos dietarios por su gran contenido nutricional, además de ser ampliamente utilizada por las comunidades cercanas a sus áreas de desarrollo con fines de alimentación, venta, construcción, uso ornamental y medicinal (Suárez Rocha, 2007, pág. 11) (SINCHI, 2007).

Leticia es el mercado en el que se venden los mayores volúmenes de frutos de *E. precatoria* en Colombia (Isaza et. al., 2014). Este mercado se abastece de poblaciones naturales cercanas a la ciudad, pero se conoce muy poco sobre sus características y su cadena de valor (Calavier, Balslev, Grandez, Tuomisto, & Valencia, 2001). Se estima una tendencia en el aumento de su demanda debido al crecimiento económico de la ciudad, impulsado por el turismo y el desarrollo de iniciativas de biocomercio que incluyen frutales amazónicos como el Asaí, el cual fue diagnosticado con gran potencial para su comercialización masiva (Portafolio verde, 2008).

Esto, ha generado un aumento en la presión de las zonas naturales en las que se realizan la extracción, alterando la integridad y conectividad ecosistémica, este problema se origina en gran medida porque no tienen un manejo agronómico

adecuado ocasionando altos índices de deforestación, degradación genética y endémica de la palma (Goodman., et al 2013).

A pesar que existen estudios sobre su propagación, como el realizado por Suárez Rocha (2007) en la región amazónica peruana, aun esta labor no se realiza de una forma técnica para cumplir con ciclos de renovación y así garantizar la sostenibilidad de su extracción.

Son escasas las experiencias específicas en este nuevo cultivo, sin embargo, el potencial y utilidad es enorme por cuanto de lograrse desarrollar tecnología para este, permitiría aprovechar cientos de miles de hectáreas que hoy en día no se les da un uso específico (de la Cruz, 2003).

Los estudios en el país realizados sobre la palma se han enfocado en el contenido nutricional del fruto dando importancia a la caracterización detallada de los compuestos polifenólicos de *E. oleracea* y *E. precatoria*, en estos estudios se determinó que la segunda posee 35% más de antioxidantes. Otras investigaciones se han realizado respecto a la calidad culinaria (Pacheco, Duncan & Talcott, 2009) y en el proceso germinativo (Otaviano Aguiar & de Mendonça, 2002) además de la fenología del cultivo para etapas de floración y fructificación (Jesús & Oliveira., 2014).

Lamentablemente como indica Ocampo Durán (2015) “la poca capacidad e interés aplicado al conocimiento de los recursos propios, ha dejado a un lado este valioso recurso y es poco lo que se avanza en el conocimiento de su alta diversidad y su utilización en sistemas productivos tropicales. Sin embargo, son pocos, pero valiosos los ejemplos actuales de la importancia del recurso palma en la producción tropical y subtropical”.

El manejo agronómico del cultivo es una alternativa para generar una solución a tal problemática, brindando la posibilidad de aumentar los ingresos económicos a las poblaciones que dependen de su producción, pero para que esto ocurra se ha de desarrollar conocimiento sobre las prácticas de manejo que permitan implementar nuevas tecnologías que aumenten la productividad.

Es necesario entonces, generar técnicas para el manejo agronómico en todo el ciclo de utilización de esta especie, sin embargo, este trabajo se enfoca en optimizar su etapa inicial de desarrollo como lo es el proceso de germinación y así brindar a los productores, profesionales, actores del sector agrícola o personas que a diario utilizan esta especie para que no sea degradada en el tiempo y se logre dar el uso adecuado a la misma.

En condiciones normales hay una alta pérdida de semillas, debido a que no se dan las condiciones óptimas para su germinación, con esta investigación queremos reducir esta alta pérdida y definir qué tan favorable o no puede ser la escarificación con hidróxido de sodio para las semillas de *Euterpe precatoria*, las cuales se ven afectados por la velocidad de imbibición y factores abióticos.

Por tal motivo se buscó evaluar diferentes concentraciones de Hidróxido de Sodio y tiempos de inmersión para definir si estos interfieren en la reducción, alargamiento o generan el rompimiento de los ciclos fisiológicos de la semilla, como lo es la imbibición y viabilidad, es decir, realizar un proceso de escarificación, esto permitirá una aplicación en campo que logre la reducción de los tiempos de emergencia de la radícula y plúmula, obteniendo como resultado plántulas aptas y así lograr una selección de individuos con las mejores características para ser llevadas a cultivo, acortando tiempo, reduciendo pérdidas de material vegetal y reducción de costos de producción.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la escarificación con Hidróxido de Sodio sobre la viabilidad y germinación de *Euterpe precatoria* Mart. var. *precatoria*.

2.2. Objetivos específicos

2.2.1. Determinar el efecto del tiempo de inmersión y la concentraciones de NaOH en la escarificación y viabilidad de la semilla de *E. precatoria* Mart. var. *precatoria*.

2.2.2. Evaluar en campo el poder, vigor y tiempo de germinación de la semilla de *E. precatoria* Mart. var. *precatoria* escarificada con NaOH.

3. MARCO TEORICO

Euterpe precatoria Mart. var. *precatoria*, es una palma silvestre heliófila neotropical cuyo fruto es conocido como Asaí, pertenece a la familia de las Arecaceas, de la cual hacen parte varias especies de uso alimenticio y comercial en la región de la amazonia de Brasil, Bolivia, Colombia y Perú (Isaza Aranguren, Galeano, & Bernal, 2014) sobre todo en los suelos de las zonas bajas (Otaviano Aguiar M. &, 2001) , Galeano & Bernal (2010) y Henderson & Galeano (1996) plantean que:

“Se reconocen dos variedades: var. *precatoria* y var. *longevaginata*, las cuales se diferencian por características morfológicas y de distribución geográfica, la variedad *precatoria* crece específicamente en tierras bajas de la Amazonia, en bosques de galería de los Llanos Orientales y las tierras bajas del Catatumbo; la variedad *longevaginata* por su parte, se encuentra naturalmente en los Andes, en las tierras bajas del Pacífico y en el Valle del Magdalena”.

La semilla es un importante mecanismo de propagación de las palmas, especialmente aquellas que no tienen macollos como *E. precatoria*, el desarrollo del embrión durante la germinación tiene lugar durante un período de 70 días (Otaviano & de Mendonça, 2002), sin embargo, otros autores establecen que se puede presentar un inicio de germinación a los 28 días si se pone en sustrato de aserrín y humus de lombriz en partes iguales garantizando buen porcentaje de germinación (Suárez Rocha, 2007) y según SINCHI (2007) la gran mayoría de las semillas germinan en 30-60 días.

La dormancia en las semillas se refiere al estado en el cual las semillas viables no germinan aún en condiciones normalmente favorables para la germinación (Rao, y otros, 2007), existen dos tipos de dormancia: dormancia de la testa de la semilla y dormancia del embrión. La dormancia de la testa de la semilla se presenta cuando las condiciones físicas, químicas o mecánicas evitan la absorción de la humedad (Rao, y otros, 2007).

Las semillas de *E. precatoria* Mart. var. *Precatoria* no presentan mecanismos de dormancia duradera (SINCHI, 2007) y el porcentaje de germinación es alto en condiciones de laboratorio, alcanzando el 90% (Bovi & De Castro, 1993). El proceso de germinación de la semilla se acelera cuando esta se somete a un proceso de escarificación, facilitándose aún más si se deja en remojo en agua fría o caliente durante algún tiempo (Rojas, 2001), esto con el fin de romper las barreras físicas y químicas que posee la semilla.

Es importante la completa comprensión del proceso de germinación que es básico para el desarrollo de técnicas eficientes para la producción de plántulas, pues su calidad y velocidad de obtención pueden depender de los procesos de escarificación y medio de siembra en los que se planten, los tratamientos de escarificación son un grupo de actividades previas a la germinación encaminadas a facilitar y aumentar la germinación, generalmente se realiza en semillas que presentan una latencia exógena (Pulido Flores & Monks, 2013), existen diferentes tipos de escarificación: escarificación por corte, mecánica, por inmersión, por abrasión y química (Payeras, 2011).

Los procesos de escarificación a los cuales se ha sometido la semilla de *E. precatoria* Mart. var. *Precatoria* se han basado en su inmersión en agua a temperatura ambiente por diferentes lapsos de tiempo 24, 48 y 96 horas; y a temperatura de 50°C por 3 minutos (León Flores & Saldaña Rojas, 2011).

El NaOH se ha utilizado en diferentes ensayos en semillas con testas de diferentes grosores, en algunos casos ha actuado de manera positiva y en otros no. Teniendo en cuenta las diferentes concentraciones y tiempos de inmersión. En el caso de ensayos con semillas de papaya donde el NaOH al 25 % y 15 min de inmersión, eliminó 98% de sarcotesta, presentó sólo 2% de incidencia de micoflora, incrementó y homogeneizó la germinación, los efectos positivos del uso de NaOH en el beneficio de semilla de papaya, simula la degradación natural de la sarcotesta y mejora la condición de la semilla por lo que resulta una alternativa viable para su empleo en el acondicionamiento de semilla (Romero Rodríguez, y otros, 2013).

En ensayos con semilla de olivo donde la testa tiene tal grosor que es considerado como un hueso, los tratamientos a base de hidróxido de sodio (3% por 48h), (4% por 32h), (5% por 16h) no incidieron en la germinación, posiblemente debido a las bajas concentraciones de las soluciones y la viabilidad de la semilla (Manotoa, 2012). En la escarificación de semilla de *Prosopis laevigata* una leguminosa, el uso de NaOH por 5 y 10 min es uno de los tratamientos más efectivos para su escarificación (D'Aubeterre, Principal, & García, 2002).

Otro punto importante en el proceso de tratamiento de semilla para acortar tiempos de germinación es que se conserve la viabilidad de la semilla siendo que los factores internos como la viabilidad del embrión, la cantidad y calidad del tejido de reserva y los diferentes tipos de dormancia no se vean afectados por un factor externo como lo es la escarificación que regula el proceso, cambiando o eliminando el grosor de la testa, además, de interferir en la disponibilidad de agua,

temperatura y tipos de luz que requiera la semilla desde ese momento para la germinación (Suárez & Melgarejo, 2012).

La viabilidad de la semilla es el periodo de tiempo durante el cual esta conserva su capacidad para germinar (Universidad Politécnica de Valencia, 2003) y no debe verse afectada de ninguna manera, de forma que se puedan seguir llevando a cabo las etapas del proceso de germinación que comprenden la imbibición de agua, la síntesis y activación de los sistemas enzimáticos, la degradación de las sustancias de reserva y la elongación de las células del embrión y emergencia de la radícula (Courtis, 2013).

La viabilidad de la semilla puede ser probado por medio de la prueba de viabilidad con Tetrazolio, esta prueba tiene como fundamento la reacción química de enzimas que participan en la respiración de la semilla con un indicador llamado 2,3,5 cloruro de trifenil tetrazolio (en principio es incoloro), que al momento de la reacción dentro de los tejidos del embrión, toma una coloración rojiza, dicha coloración indica qué partes del embrión realizan la respiración y cuáles no. La evaluación consiste en observar el patrón de la tinción (tejidos vivos) y determinar si la semilla tiene la capacidad de germinar, a partir de esta prueba se obtiene el porcentaje de semillas viables de una muestra y se deben utilizar cuatro repeticiones de 100 semillas (SAGARPA, 2016) .

Los procesos de síntesis y activación de los sistemas enzimáticos, la degradación de las sustancias de reserva, la elongación de las células del embrión y emergencia de la radícula, son procesos que se ven activados por el proceso de imbibición, que es el proceso de absorción de agua por la semilla. Se da por las diferencias de potencial hídrico (mátrico) entre la semilla y la solución de imbibición que generalmente es agua, este proceso consta de tres fases: el incremento rápido en la absorción de agua, la fase de estabilización y movilización de nutrientes y finalmente la absorción de agua que generalmente coincide con el proceso de germinación (Suárez & Melgarejo, 2012).

En las semillas de Asaí el proceso de germinación inicia con la hinchazón de los tejidos que forman la radícula y a este proceso se le determina embrillado que es cuando se percibe tejido blanco rompiendo las estructuras que conforman la semilla y posterior a eso se genera la hinchazón de los tejidos que forman las hojas de la planta y comienza a emerger la primera hoja en forma de aguja, a este proceso se le determina la aparición de plúmula.

Dos factores importantes que se deben medir para evaluar críticamente el proceso de germinación son: el poder germinativo o coeficiente de germinación (%PG) que

es el porcentaje de semillas que germinó y desarrolla una plántula normal cuando se coloca en condiciones ambientales óptimas para su crecimiento y el vigor germinativo (VG) o energía germinativa que representa la velocidad de germinación y la rapidez de la semilla para desarrollar una plántula normal, el tiempo estipulado para calcular el porcentaje de semillas que germinó varía con la especie y suele ser aproximadamente $1/4$ del tiempo que se considera para %PG (Borrajo, 2006).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Recolección de semillas:

La semilla de Asaí (*Euterpe precatoria* var. *Precatoria* F. Arecaceae) se obtuvo en el área rural de San José del Guaviare departamento del Guaviare, de la finca El encanto vereda Nuevo Tolima con coordenadas geográficas: latitud 2°36'19.05"N y longitud 72°37'48.74"O; esta zona cuenta con una temperatura media de 25 °C, humedad relativa de 78-90%, luminosidad promedio de 3,5 horas diarias, altitud 175 msnm y precipitación de 2628 mm/año, esta zona se clasifica según Koppen como: "Afi", la cual indica que es un clima tropical muy húmedo.

La semilla que se usó en el experimento se recolectó en horas de la mañana, un (1) racimo de Asaí fue cosechado, de los frutos ubicados en la base del racimo o más cercano al raquis se tomaron las semillas, debido a que estos presentan un grado uniforme de maduración (Instituto Amazonico de Investigaciones Amazonicas-Sinchi, 2015).

4.2. EXPERIMENTO 1:

4.2.1. Escarificación: La escarificación química se realizó con Hidróxido de sodio (NaOH) a concentraciones (vol/vol) de 0, 10, 25 y 50 por ciento de una solución 6 Normal (6N) ,con tiempos de inmersión de: 10, 20, 30 y 40 minutos, como se observa en la tabla 1, esto realizado en 120 semillas por tratamiento. Las semillas que se usaron en cada tratamiento se dividieron en dos partes: 20 semillas escarificadas para la pruebas de imbibición y 20 semillas para prueba de viabilidad con tetrazolio (0,1%).

Tabla 1. Tratamientos de escarificación química con NaOH, experimento 1.

Escarificación química con NaOH 6N																
Tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Concentración (% de NaOH 6N en solución)	0	10	25	50	0	10	25	50	0	10	25	50	0	10	25	50
Tiempo (minutos)	10	10	10	10	20	20	20	20	30	30	30	30	40	40	40	40

Fuente: Autor.

4.2.2. Prueba de viabilidad: Se realizó un corte longitudinal a la semilla para dejar expuesto el embrión de la semilla y se aplicó sobre este el tetrazolio al 1%. El procedimiento de viabilidad se realizó lo más rápido posible, pues la viabilidad de esta semilla se reduce con el paso de las horas y a partir de su aplicación se contaron 12 horas para observar los resultados.

4.2.3. Prueba de imbibición: Una vez escarificada la semilla, se lavó bien con abundante agua para retirar los residuos de Hidróxido de Sodio que pudieran quedar y retirar tejidos de la semilla que trataran de caerse por la escarificación, se pesaron en una balanza analítica para obtener el peso inicial de la semilla, posterior a esto se pusieron en agua para que iniciara el proceso de imbibición, y los pesos se siguieron midiendo en los tiempos de 1, 3, 6, 10, 15, 21, 28, 40, 52 y 84 horas a partir del peso inicial.

4.2.4. Análisis estadístico: El experimento se evaluó con un diseño completamente al azar en arreglo factorial 4x4, cada tratamiento contó con cuarenta (40) semillas para un total de 640. Los métodos estadísticos que se utilizaron fueron el análisis de varianza y prueba de Tukey al 5% de significancia y análisis de regresión para determinar el modelo que mejor se ajustó al efecto de la concentración en las variables evaluadas las cuales determinaron el mejor porcentaje de viabilidad y las tasas más rápidas de imbibición.

Debido a los resultados obtenidos en el experimento 1, se determinó la necesidad de replantear algunos aspectos metodológicos que permitieran obtener resultados más precisos que contribuyan a la solución del interrogante al que apunta la investigación, por esto, se realizó un segundo experimento.

4.3. EXPERIMENTO 2:

4.3.1. Escarificación: las concentraciones de Hidróxido de Sodio fueron nuevamente establecidas incrementando los valores, quedando así: 0, 50, 75 y 100 por ciento de una solución de Hidróxido de Sodio 6N (vol/vol), utilizadas en dos tiempos: 10 minutos y 40 minutos, escogidos como mínimo y máximo de la metodología del experimento 1, se

mantuvieron las cuatro repeticiones anteriores donde se utilizaron 20 semillas por repetición, quedando un arreglo factorial 4x2x4 y un total de 640 semillas.

Tabla 2. Tratamientos de escarificación química con NaOH, experimento 2.

Escarificación química con NaOH 6N								
Tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8
Concentración (% de NaOH 6N en solución)	0	50	75	100	0	50	75	100
Tiempo (minutos)	10	10	10	10	40	40	40	40

Fuente: Autor.

4.3.2. Prueba de viabilidad: Para la prueba de viabilidad se utilizó la misma metodología que en el experimento 1.

4.3.3. Prueba de imbibición: El proceso de la prueba de imbibición se realizó siguiendo el mismo procedimiento que en el experimento 1, cambiando únicamente los tiempos en que se tomaron los pesos por medio de una balanza analítica, los pesos establecidos fueron: peso inicial, 10 y 30 min, 1, 2, 4, 7, 19 y 31 horas.

4.3.4. Análisis estadístico: Los métodos estadísticos utilizados para el análisis de los resultados fueron iguales a los del experimento 1.

4.4. EXPERIMENTO 3:

Es la parte del ensayo en vivero, donde se busca comprobar los datos obtenidos en las pruebas de laboratorio. Se escogieron los mejores tratamientos según los análisis estadísticos los cuales fueron: el tratamiento 5 y el tratamiento 8 del experimento 2, es decir, el primero con agua que se toma también como testigo y el segundo con Hidróxido de Sodio que pasan a ser quienes pasaron a ser tratamiento 1 y tratamiento 2 en esta fase de la investigación como se observa en la tabla 3. Se hicieron cuatro (4) repeticiones por cada uno de los dos (2) tratamientos, utilizando 50 semillas por repetición previamente tratadas como establece el tratamiento y fueron sembradas en turba.

Tabla 3. Tratamientos de escarificación química con NaOH, experimento 3.

Escarificación química con NaOH 6N		
Tratamiento	1	2
Concentración (% de NaOH 6N en solución)	0	100
Tiempo (minutos)	40	40

Fuente: Autor.

4.4.1. Datos evaluados: se midieron el número de días que tardó la germinación de al menos una semilla, poniendo como límite 70 días ya que es el máximo de días en que la semilla tarda en germinar (Otaviano & de Mendonça, 2002), el porcentaje de germinación durante un mes, tiempo de aparición de embrión, tiempo de aparición de aguja. Se realizó el primer conteo de semillas embrilladas por tratamiento y a partir de ese momento las mediciones se realizaron cada 8 días durante 4 semanas, teniendo en cuenta el número de plúmulas que se empezaban a desarrollar, donde el patrón de medición fue que tuvieran 0.5 cm de alto como mínimo.

4.4.2. Análisis estadístico: El efecto de los tratamientos en variables fueron evaluadas por análisis de varianza y la prueba de Tukey al 5% de significancia.

Nota: Es necesario aclarar que en todos los casos de tratamiento con concentración 0, ese es el tratamiento que cumple el papel de testigo absoluto utilizado en cada ensayo y el cual se requiere para comparar los datos de los tratamientos con condiciones normales de las semillas y hacerlos más confiables. Y para todas las pruebas de análisis estadísticos de los experimentos se usó el software libre Infostat.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

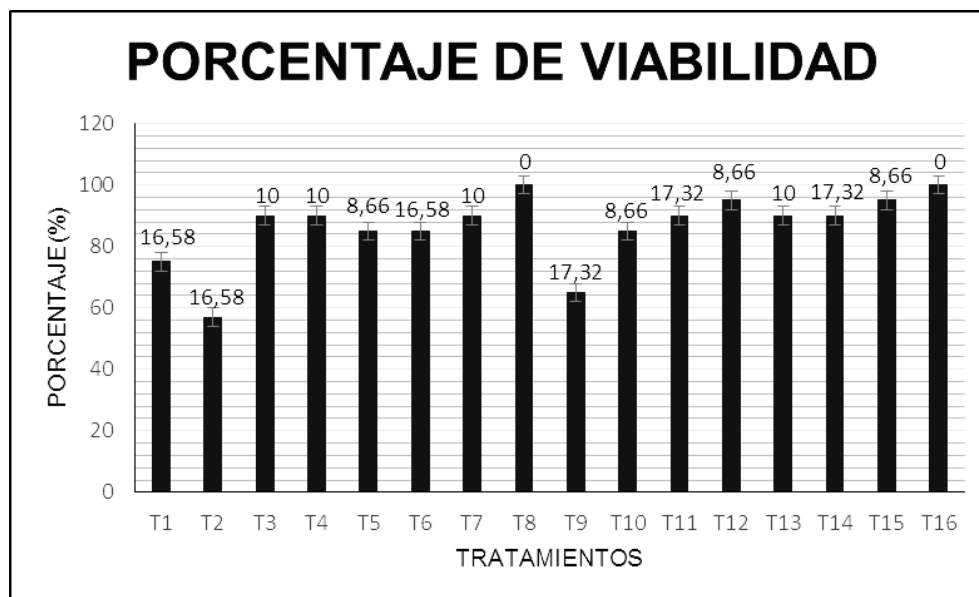
5.1. EXPERIMENTO 1:

5.1.1. Prueba de imbibición: En esta investigación se pudo observar que los resultados del experimento 1 en la prueba de imbibición fueron poco estables, aunque unos más que otros, de modo que determinando la regresión lineal de cada tratamiento se logró establecer el poder de predicción que como nos muestra la tabla 6 de análisis de varianza, es muy bajo; esto pudo haber ocurrido por el uso de un balanza que arrojaba los datos solo con dos decimales ya que el aumento de peso por imbibición de la semilla puede ser muy bajo y no haber sido estimado, también por la no eliminación de tejidos que se desprendieran del proceso de escarificación, lo que pudo haber marcado descensos bruscos de peso que dañaran las curvas de imbibición.

El porcentaje de la variabilidad de los datos que se explica por la asociación entre las dos variables, en la mayor cantidad de tratamientos se encontraba en porcentajes altos que corroboran una buena relación entre las variables tiempo e imbibición, arrojando su ecuación, ya fuera cuadrática o lineal que se generaron por análisis de regresión, se determinó que las concentraciones en las que había mayor imbibición se encontraban en rango de 0,40 a 0,55 de concentración 6N (Normal vol/vol) de Hidróxido de Sodio.

5.1.2. Prueba de viabilidad: Según los resultados obtenidos por este análisis de varianza en comparación con Tukey como se observa en las tablas 4 y 5, las pruebas de viabilidad realizadas a las semillas sometidas a cada uno de los tratamientos compuestos de tiempos y concentraciones variables, no presentaron ninguna diferencia significativa, esto debido a que en general la prueba fue positiva por los altos porcentajes en cada uno de los tratamientos los cuales se encontraban con medias entre el 70% a 100% en su mayoría, donde los más bajos fueron los tratamientos 2 y 9, como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Porcentaje de viabilidad por tratamientos con su respectiva desviación estándar.



5.1.3. Análisis estadístico:

Tabla 4. Análisis de varianza (ANAVA) para viabilidad

Análisis de varianza				
Variable	N	R2	R2 Aj	CV
Columna 1	64	0	0,10	16

Cuadro de Análisis de varianza (SC tipo III)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4393,75	15	293	1,5	0,164
INTERACCIÓN	4393,75	15	293	1,5	0,164
Error	9700,00	48	202		
Total	14093,8	63			

Tabla 5. Test de Tukey para viabilidad.
Test: Tukey Alfa= 0,05 DMS= 36,31459
Error: 202,0833 gl: 48

INTERACCIÓN	Medias	n	E.E	
t4*c2	100	4	7,1	A
t4*c4	100	4	7,1	A
t4*c3	95	4	7,1	A
t3*c4	95	4	7,1	A
t3*c2	90	4	7,1	A
t3*c1	90	4	7,1	A
t3*c3	90	4	7,1	A
t4*c1	90	4	7,1	A
t2*c4	90	4	7,1	A
t1*c4	90	4	7,1	A
t1*c2	85	4	7,1	A
t2*c3	85	4	7,1	A
t2*c2	85	4	7,1	A
t1*c1	75	4	7,1	A
t2*c1	75	4	7,1	A
t1*c3	70	4	7,1	A

Fuente: Autor.

Tabla 6. Análisis de varianza (ANAVA) y análisis de ecuaciones según interacción entre variables peso y tiempo para determinar efectos de ganancia de peso por imbibición.

Peso	Tiempo	Poder de predicción (R2) %	Modelo de ecuación	Ecuación 1	Ecuacion derivada	X (Concentración donde ocurrió mayor imbibición)
H0	1	74,83	Lineal	$y^{**} = -0.17x + 1.88$		
	2	-	No se ajusta	-	-	-
	3	86,54	Cuadrático	$y^{**} = 1.003X - 1.18X^2 + 1.705$	$0 = 1,000 - 2,36X$	0,42372
	4	85,12	Cuadrático	$y^{**} = -0.762X + 0.84X^2 + 1.907$	$0 = -0,762 + 1,68X$	0,45357
H1	1	96,35	Cuadrático	$y^{**} = -0.5810X + 0.58X^2 + 1.8997$	$0 = -0,5810 + 1,16X$	0,50086
	2	37,42	Lineal	$y^{**} = 0,12x + 1,8025$		
	3	87,83	Cuadrático	$y^{**} = 0,9410X - 1,22X^2 + 1,7677$		
	4	65,13	Cuadrático	$y^{**} = -0,5070X + 0,62X^2 + 1,83325$	$0 = -0,5070 + 1,24X$	0,40887
H3	1	21,24	Lineal	$y^{**} = -0.1420x + 1.9070$		
	2	-	No se ajusta	-	-	-
	3	94,04	Cuadrático	$y^{**} = 0,6950X - 0,86X^2 + 1,7462$	$0 = 0,6950 - 1,72X$	0,40406
	4	77,43	Lineal	$y^{**} = -0,19x + 1,7975$		
H6	1	83,76	Cuadrático	$y^{**} = -0,7530X + 1,06X^2 + 2,0117$	$0 = -0,7530 + 2,12X$	0,35510
	2	49,02	Cuadrático	$y^{**} = -0,1620X + 0,60X^2 + 1,8295$	$0 = -0,1620 + 1,2X$	0,13500
	3	34,08	Lineal	$y^{**} = -0,1280x + 1,9705$		
	4	45,48	Lineal	$y^{**} = -0,2620x + 2,017$		
H10	1	95,26	Cuadrático	$y^{**} = -0.7040X + 0.96X^2 + 2.019$	$0 = -0,7040 + 1,92X$	0,36660
	2	-	No se ajusta	-	-	-
	3	84,64	Cuadrático	$y^{**} = 0,65X - 0,76X^2 + 1,735$	$0 = 0,65 - 1,52X$	0,42763
	4	55,27	Cuadrático	$y^{**} = -0,819X + 0,62X^2 + 2,0877$	$0 = -0,819 + 1,24 X$	0,66048
H15	1	64,29	Cuadrático	$y^{**} = 0,72X - 0,96X^2 + 1,81$	$0 = 0,72 - 1,92X$	0,37500
	2	-	No se ajusta	-	-	-
	3	80,97	Cuadrático	$y^{**} = 0,75X - 0,76X^2 + 1,7550$	$0 = 0,75 - 1,52X$	0,49342
	4	60,33	Cuadrático	$y^{**} = -0.5640X + 0.72X^2 + 1.8215$	$0 = -0,5640 + 1,44X$	0,39166
H21	1	87,64	Cuadrático	$y^{**} = 0,4050X + 0,58X^2 + 1.80625$	$0 = 0,4050 - 1,16X$	0,50000
	2	-	No se ajusta	-	-	-
	3	-	No se ajusta	-	-	-
	4	99,98	Cuadrático	$y^{**} = -1.3070X + 1.34X^2 + 2.0457$	$0 = -1,307 + 2,68X$	0,48760
H28	1	52,25	Lineal	$y^{**} = -0.3520x + 2.0370$		
	2	92,67	Cuadrático	$y^{**} = -0.5090X + 0.58X^2 + 2.0552$	$0 = -0,5090 + 1,16X$	0,43870
	3	90,33	Cuadrático	$y^{**} = 0,984X - 1,20X^2 + 1,7185$	$0 = 0,984 - 2,4X$	0,41000
	4	72,69	Cuadrático	$y^{**} = -0,4780X + 0,60X^2 + 1,8155$	$0 = -0,4780 + 1,2X$	0,33983
H40	1	97,94	Cuadrático	$y^{**} = -0,9222X + 0,7640X^2 + 2,063$	$0 = -0,9222 + 1,528X$	0,60353
	2	35,07	Lineal	$y^{**} = 0.3180x + 1.847$		
	3	98	Lineal	$y^{**} = -0,42x + 1,7225$		
	4	-	No se ajusta	-	-	-
H52	1	99,6	Cuadrático	$y^{**} = 0.5350X - 0,70X^2 + 1.8087$	$0 = 0,5350 - 1,4X$	0,38214
	2	84,99	Cuadrático	$y^{**} = -0.5320X + 0.64X^2 + 1.9070$	$0 = -0,5320 + 1,28X$	0,41562
	3	99,83	Cuadrático	$y^{**} = 0.6340X - 0,68X^2 + 1,7160$	$0 = 0,6340 - 1,36X$	0,46617
	4	-	No se ajusta	-	-	-
H84	1	78,47	Lineal	$y^{**} = -0.11x + 1.8950$		
	2	-	No se ajusta	-	-	-
	3	77,01	Cuadrático	$y^{**} = 0.5440X - 0,720X^2 + 1,7560$	$0 = 0,5440 - 1,44X$	0,37770
	4	48,69	Cuadrático	$y^{**} = -0.4270X + 0,54X^2 + 1.8057$	$0 = -0,4270 + 1,08X$	0,39530

Fuente: Autor.

5.2. EXPERIMENTO 2:

5.2.1. Prueba de imbibición: En el desarrollo del segundo experimento los resultados indicaron que las tendencias de imbibición en algunos tratamientos fueron más estables que en la prueba de imbibición del experimento 1, es decir, que sus variaciones por incrementos o disminuciones de pesos drásticos fueron menores, aunque las cantidades de agua embebidas fueron bajas. En cuanto al R^2 de las regresiones lineales realizadas a las gráficas obtenidas por medio de los pesos fueron mucho más cercanos a 1 lo que indica un buen ajuste al modelo, todo lo anterior es posible observarlo en las figuras 2 a 9 donde se encuentran las gráficas de cada uno de los tratamientos con sus correspondientes 4 repeticiones.

Figura 2. Regresión lineal de la fluctuación de peso en prueba de imbibición de las repeticiones del tratamiento 1.

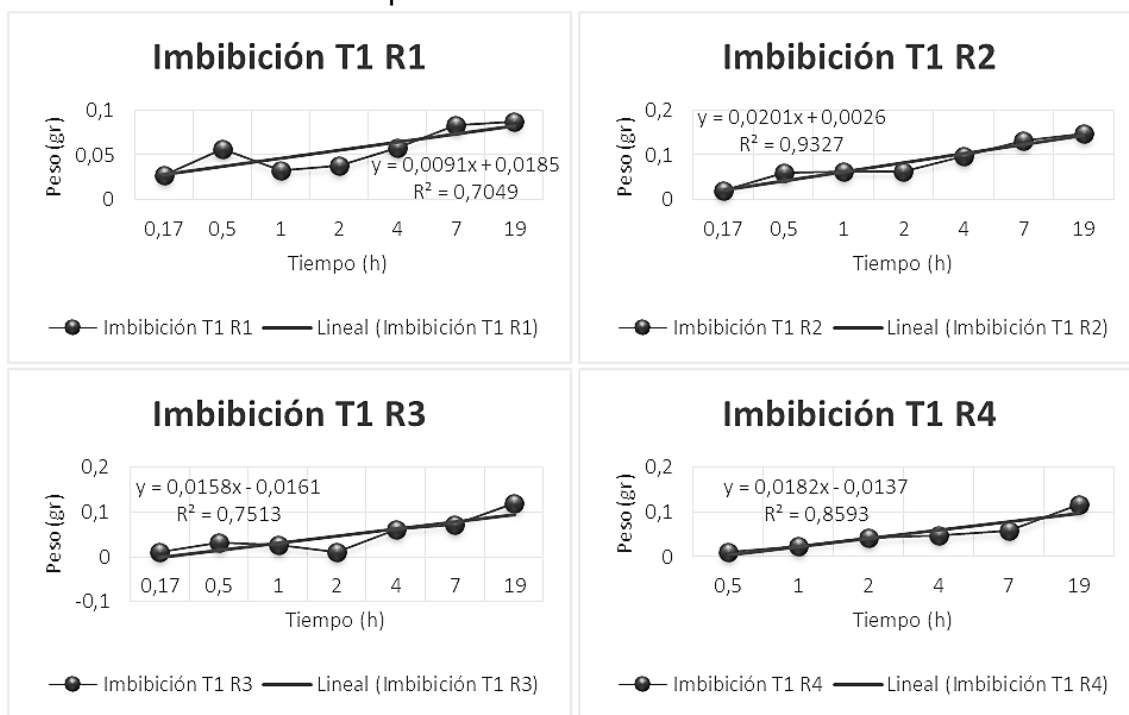


Figura 3. Regresión lineal de la fluctuación de peso en prueba de imbibición de las repeticiones del tratamiento 2.

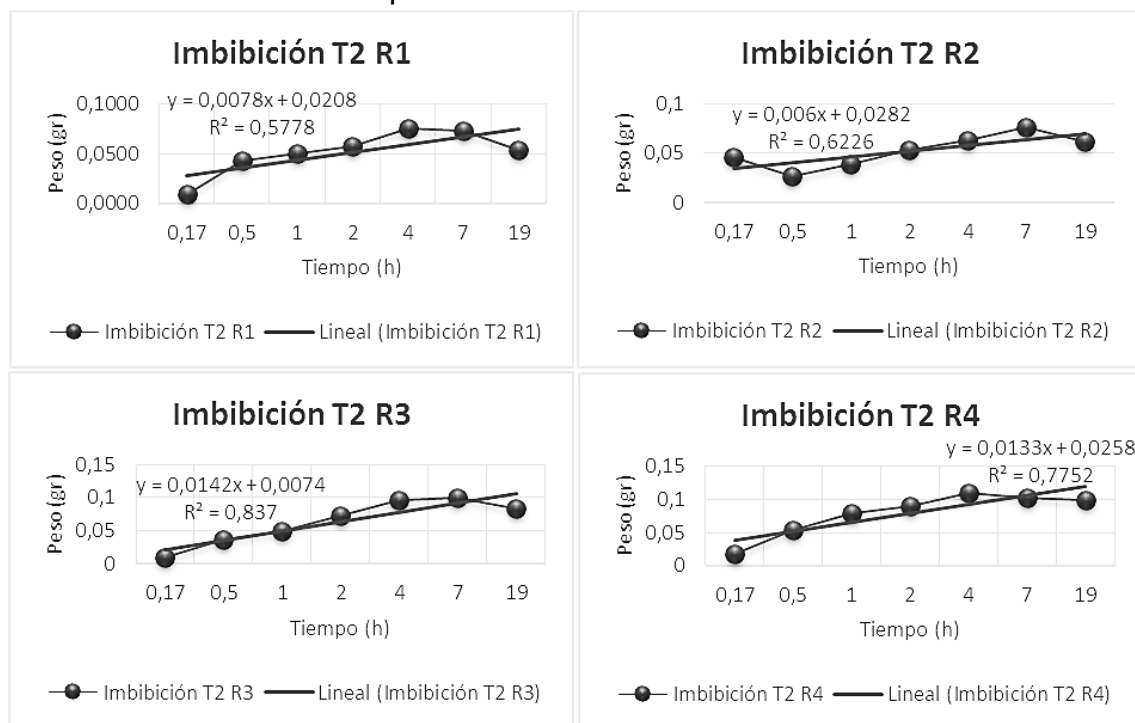


Figura 4. Regresión lineal de la fluctuación de peso en prueba de imbibición de las repeticiones del tratamiento 3.

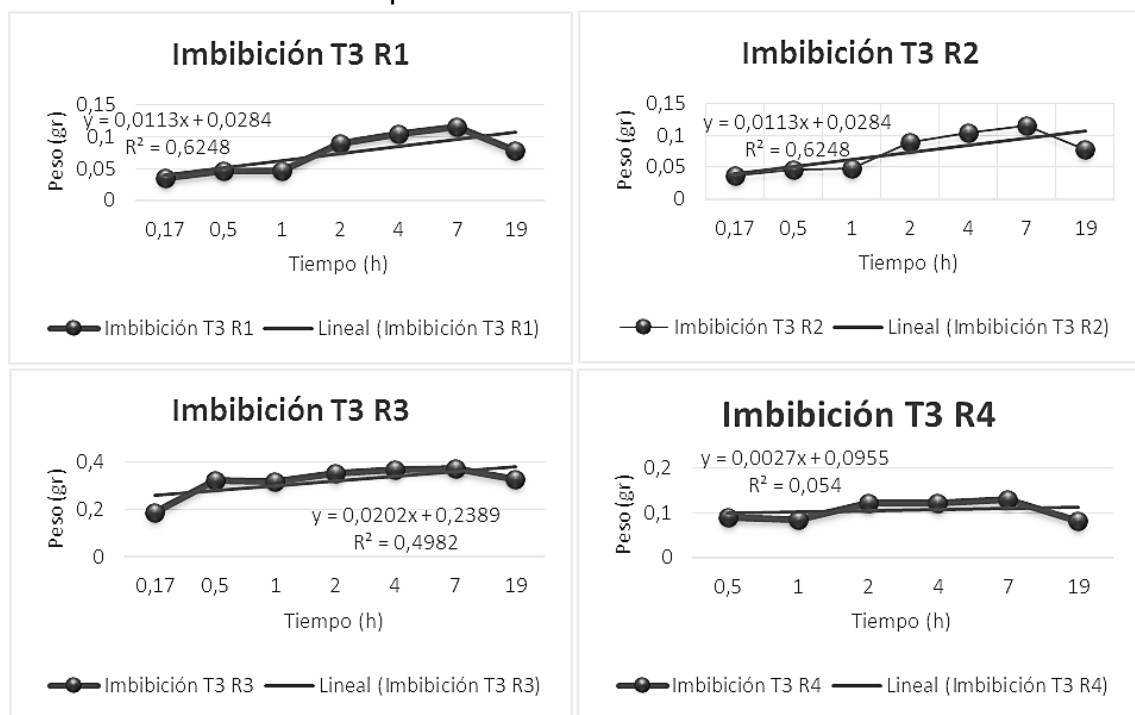


Figura 5. Regresión lineal de la fluctuación de peso en prueba de imbibición de las repeticiones del tratamiento 4.

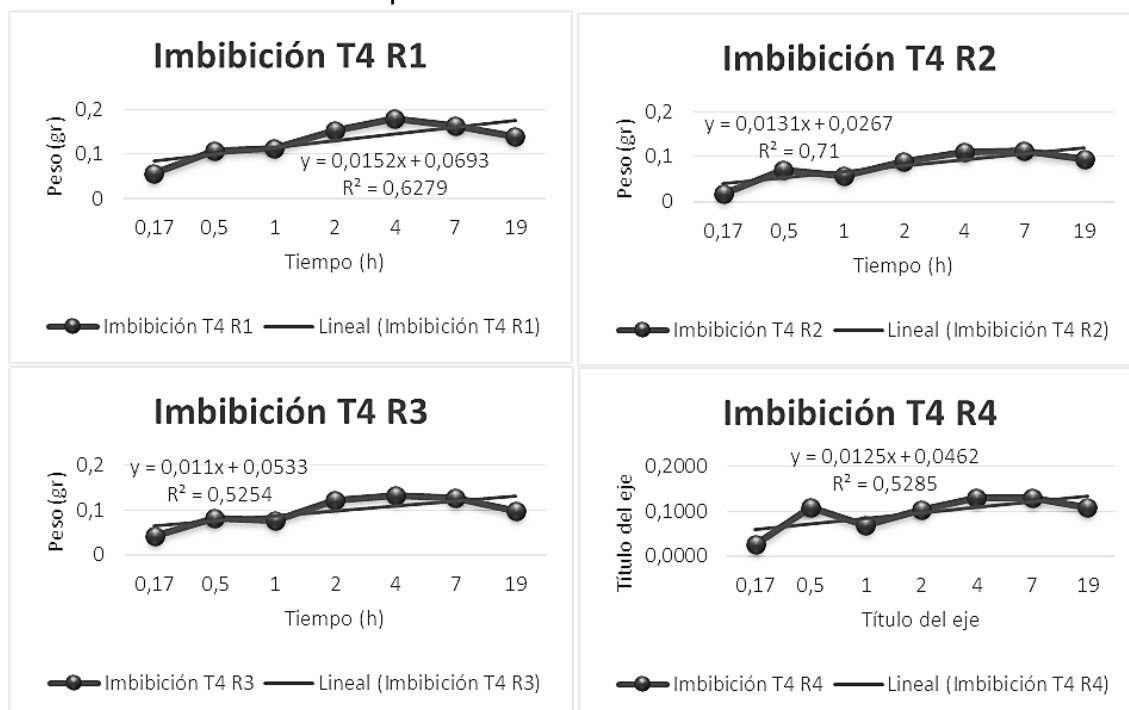


Figura 6. Regresión lineal de la fluctuación de peso en prueba de imbibición de las repeticiones del tratamiento 5.

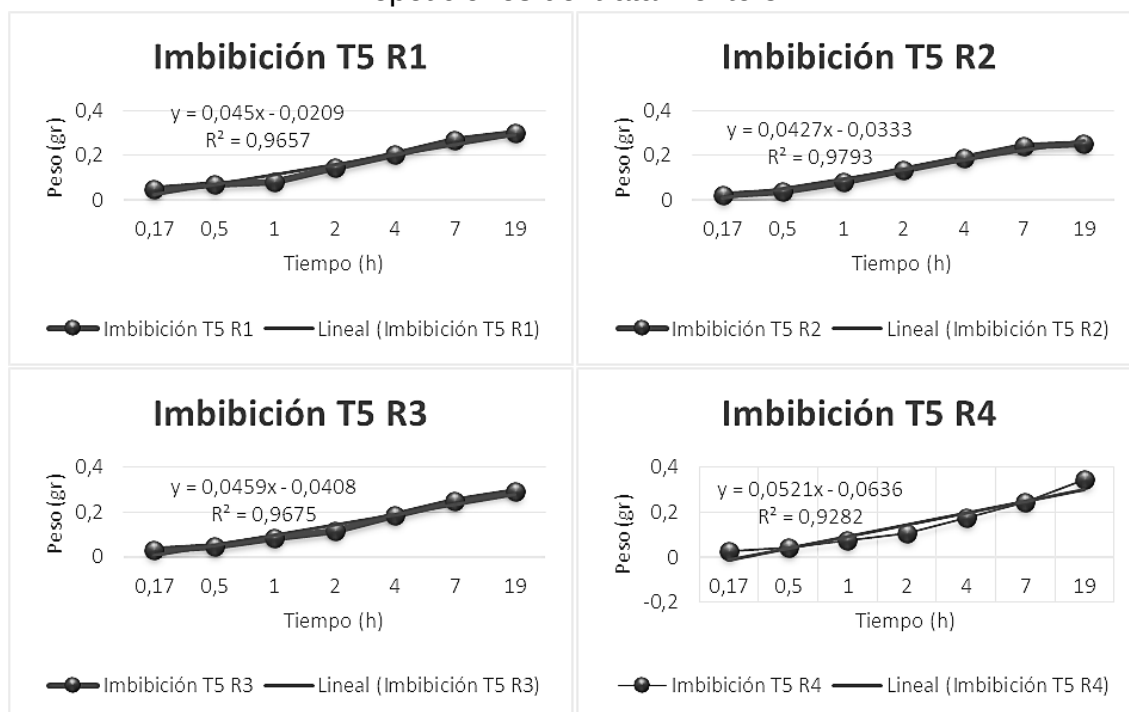


Figura 7. Regresión lineal de la fluctuación de peso en prueba de imbibición de las repeticiones del tratamiento 6.

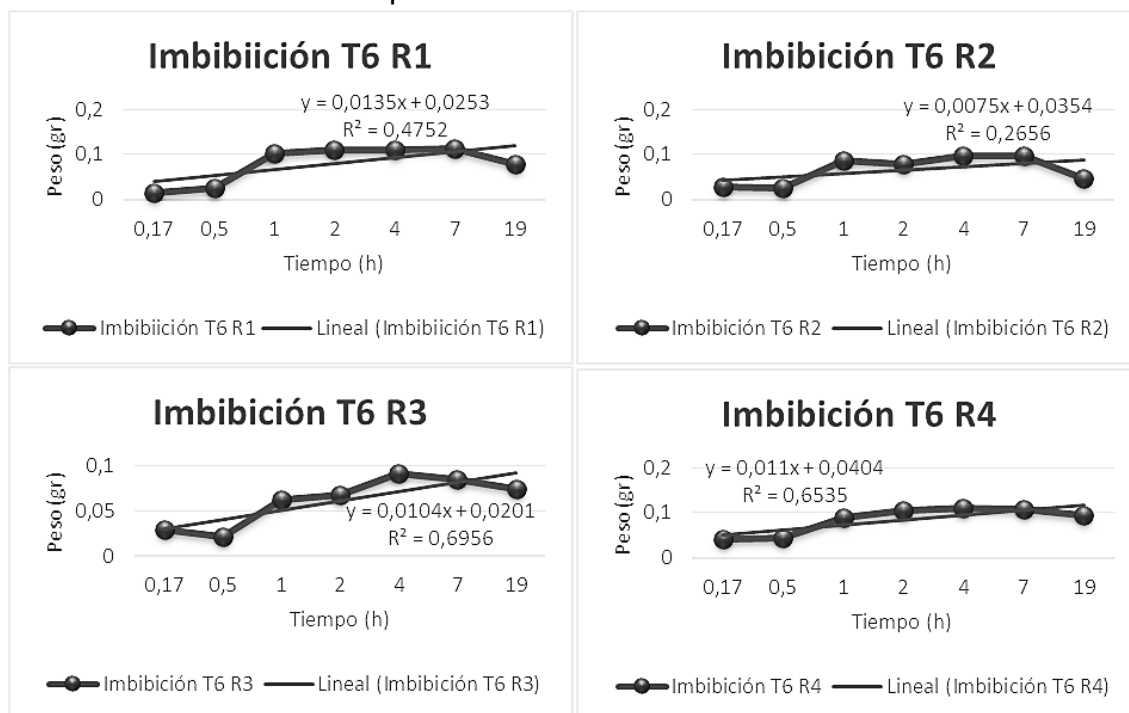


Figura 8. Regresión lineal de la fluctuación de peso en prueba de imbibición de las repeticiones del tratamiento 7.

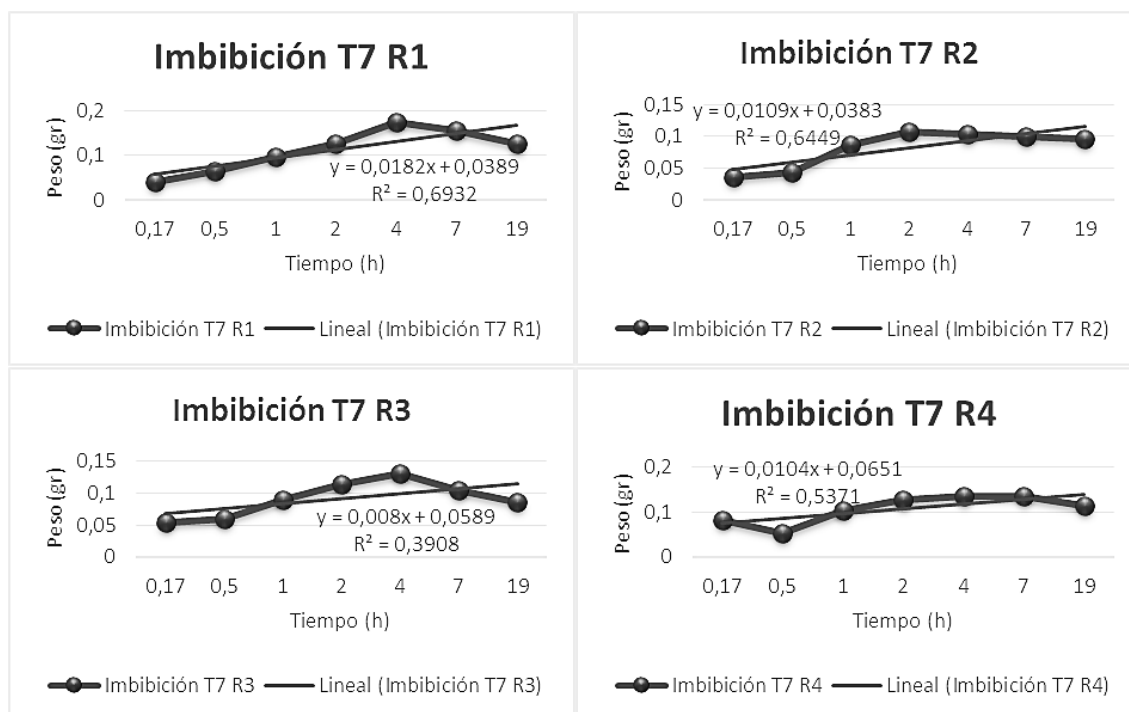
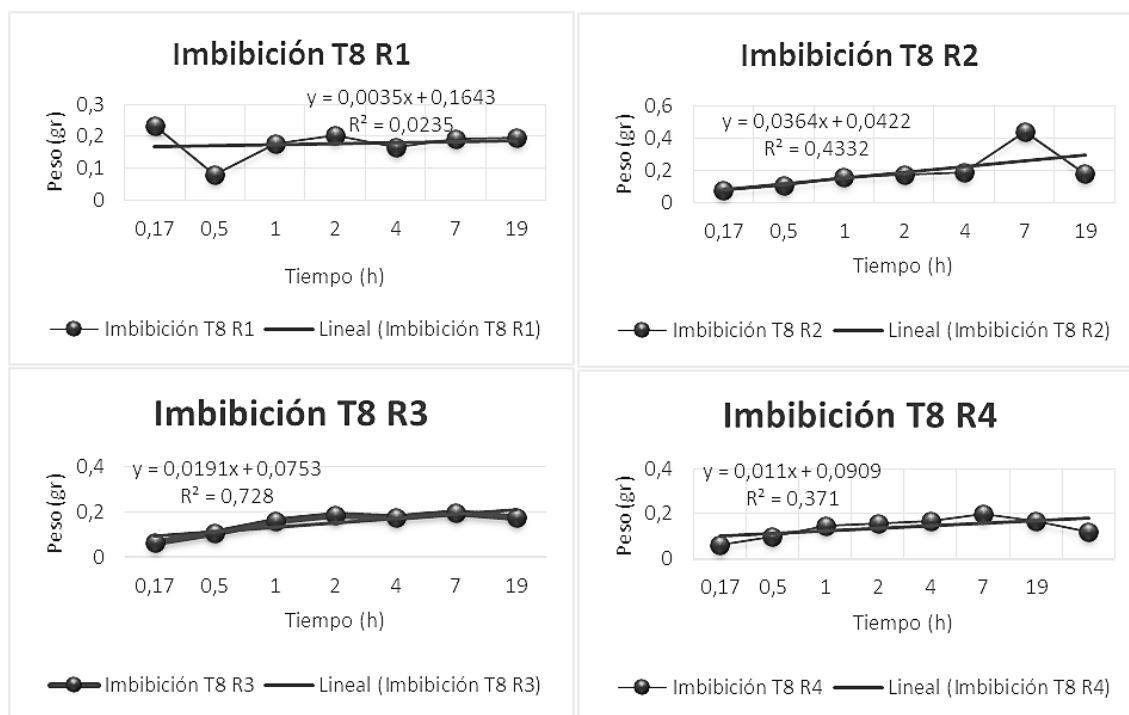
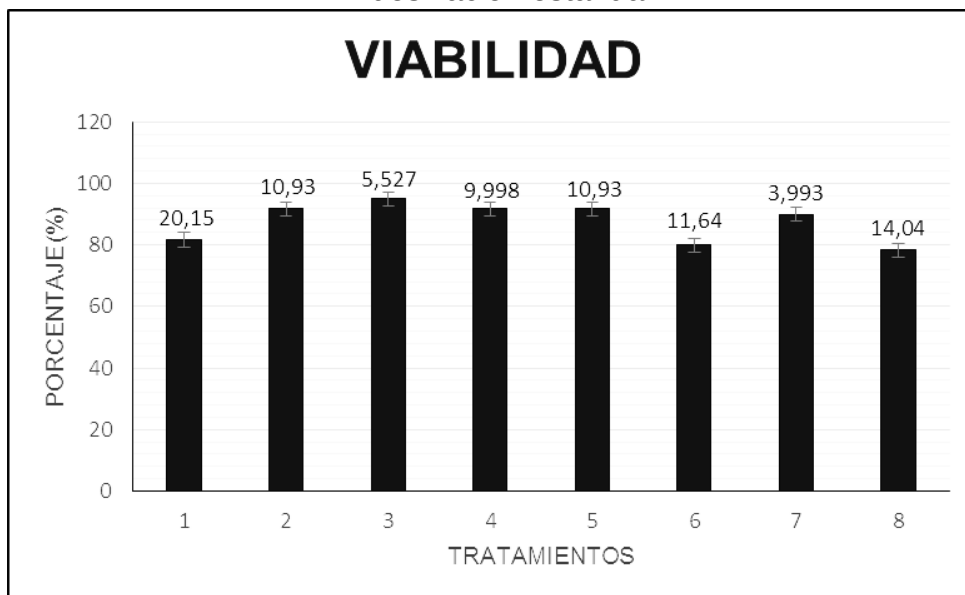


Figura 9. Regresión lineal de la fluctuación de peso en prueba de imbibición de las repeticiones del tratamiento 8.



5.2.2. Prueba de viabilidad: La viabilidad en el segundo experimento, donde se utilizaron las concentraciones de Hidróxido de Sodio más altas se mantuvieron con porcentajes altos, entre 78% y 100% en su mayoría, lo que indica una viabilidad muy favorable y que no se vio afectada por el proceso de escarificación con NaOH, esto es posible observarlo en la figura 10 donde se comparan la viabilidad de todos los tratamientos.

Figura 10. Comparación de viabilidad según tratamientos con su respectiva desviación estándar.



5.2.3. Análisis estadístico: Según el poder de predicción de esta prueba se tuvo un adecuado desarrollo de la metodología y buena toma de los datos demostrando que los resultados son verídicos y posibles de volver a corroborar. Posterior a la toma de datos en las pruebas de imbibición se realizó un análisis estadístico con la prueba de Tukey, como se muestra en la tabla 7, de igual forma se comparó la ganancia de peso de cada uno de los tratamientos en las 19 horas que duró la prueba de imbibición (Figura 11) y con esto se determinó que los mejores tratamientos, es decir lo que tuvieron mayores medias y ganancias de pesos fueron:

- **Tratamiento 5:** Escarificación con Hidróxido de Sodio 6N al 0% (vol/vol) por tiempo de 40 minutos.
- **Tratamiento 8:** Escarificación con Hidróxido de Sodio 6N al 100% (vol/vol) por tiempo de 40 minutos.

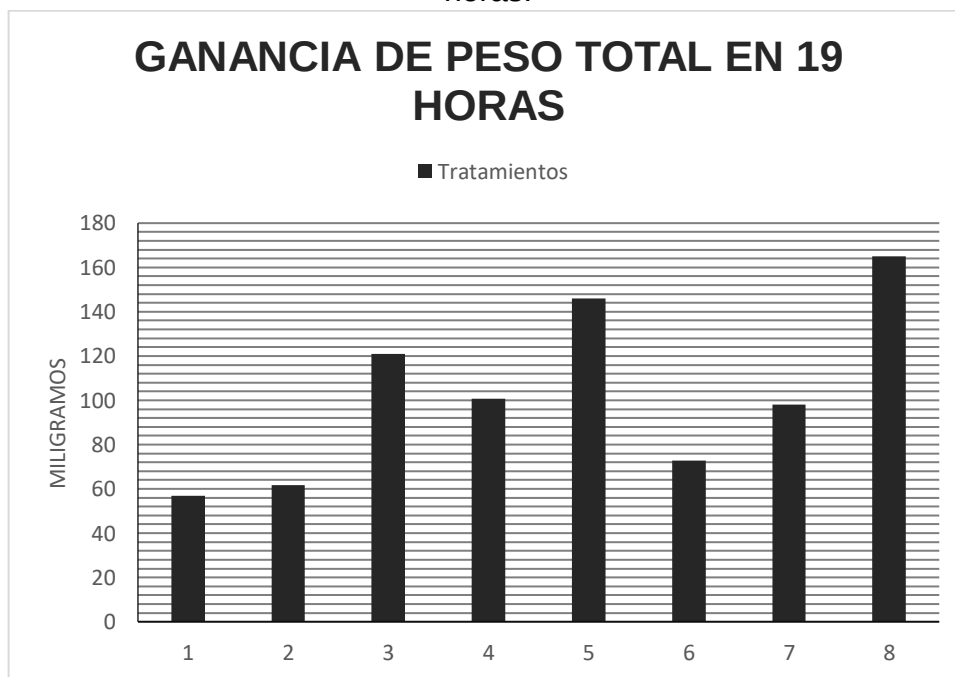
Tabla 7. Resultados de análisis estadístico con Test de Tukey para determinar mejores tratamientos para su aplicación en el experimento 3.

Test: Tukey Alfa= 0,05 DMS= 0,04069

Error: 0,0024 gl: 159

Escarificación	Concentración	Medias	n	E.E	
10	75	0,17	20	0	A
40	100	0,17	28	0	A
40	0	0,15	28	0	A
10	100	0,1	28	0	B
40	75	0,1	28	0	B C
40	50	0,07	28	0	B C
10	50	0,06	28	0	B C
10	0	0,06	27	0	C

Figura 11. Comparación de ganancia de peso total de los tratamientos en 19 horas.



La interpretación de las pruebas de imbibición se debe realizar teniendo en cuenta que en la inmensa mayoría de las semillas de las monocotiledóneas las reservas alimenticias se encuentran en el endospermo (Raven, Evert, & Eichhorn, 1992) y que la cantidad de agua embebida por las semillas de Asaí se pudo ver afectada

debido a la constitución del su endospermo compuesto por 49% de aceites, 9% de proteínas y 28% de hidratos de carbono (Azcon , Bieto, & Talón, 2008) el cual funciona como una barrera hidrófoba para la absorción de agua.

Los resultados dejan ver que los procesos de imbibición en las semillas de las plantas varían, así como la cantidad de agua que deben embeber para iniciar con sus procesos de germinación, es posible entonces, que en el caso del Asaí las semillas al contener casi 50% de aceites en su composición aparte de un bajo porcentaje de proteínas y almidones (Raven, Evert, & Eichhorn, 1992), requiera bajas cantidades de agua para iniciar su proceso de imbibición o la tome lentamente.

Por otra parte, estudios realizados con NaClO (Hipoclorito de Sodio) (Ranil, y otros, 2015) en donde semillas de especies de *Solanum* son sumergidas por 12-24 h realizados con el fin de mejorar el proceso de germinación (Hayati, Sukprakam, & Juntakool, 2005) ya que pueden eliminar los inhibidores de la germinación de las semillas (Bewley, Bradford, Hilhorst, & Nonogaki, 2013) aseguran que el tratamiento con NaClO es efectivo y que incluso se utiliza para la desinfección de las semillas, sin embargo, Prohens et. al. (1999) asegura que esta sustancia afecta las propiedades de la capa de siembra y esto puede afectar la absorción de agua u otras propiedades físicas de las semillas como la germinación.

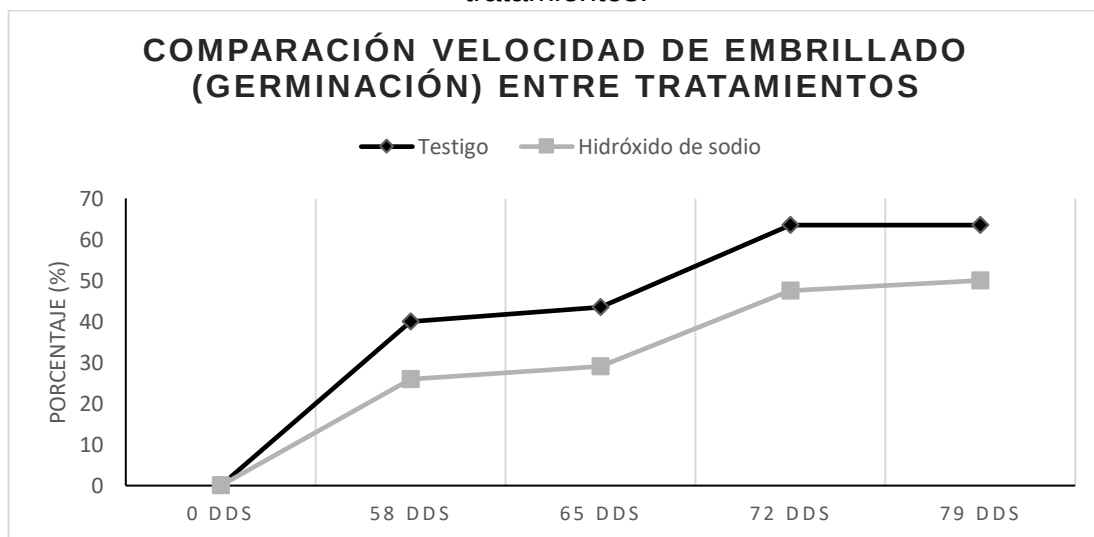
Es contradictorio que los mejores tratamientos hayan sido el de mayor y nula concentración de hidróxido de sodio, lo que deja en duda si la semilla sometida a escarificación en solución de hidróxido de sodio 6N al 100% (vol/vol) sí sufre algún proceso que permita mejorar sus procesos de germinación, puesto que la tasa de germinación de semillas de palma se puede mejorar mediante el tratamiento previo de la semilla, pues varios métodos han demostrado su eficacia para la semilla de *Euterpe edulis*, prima de *Euterpe precatoria*.

Sin embargo, los tratamientos de inmersión en ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno disminuyeron la emergencia de las plántulas germinadas y restringido el crecimiento de las plantas hasta 6 meses después de la germinación (Mullet, Beardsell, & el Rey, 1981), es decir, que el tiempo de observación y evaluación de este tipo de tratamientos de escarificación debe ser mayor pues los beneficios o daños que puedan causar son observados en largo tiempo y de forma variada como lo indican Souza et. al. (2009) que observaron que las semillas con diferentes niveles de daño mecánico si bien germinaron, producían plántulas menos vigorosas y con un elevado porcentaje de anormalidades. Lo señalado sugiere que la expresión del deterioro de la semilla es variada.

5.3. EXPERIMENTO 3:

La germinación de las semillas de asaí en el experimento 3, sembradas en vivero para la comprobación de datos y tratamientos en campo fue observada a los 58 días después de la siembra (DDS), no sobrepasando el límite de tiempo para germinación el cual es de 70 DDS (Otaviano & de Mendonça, 2002).

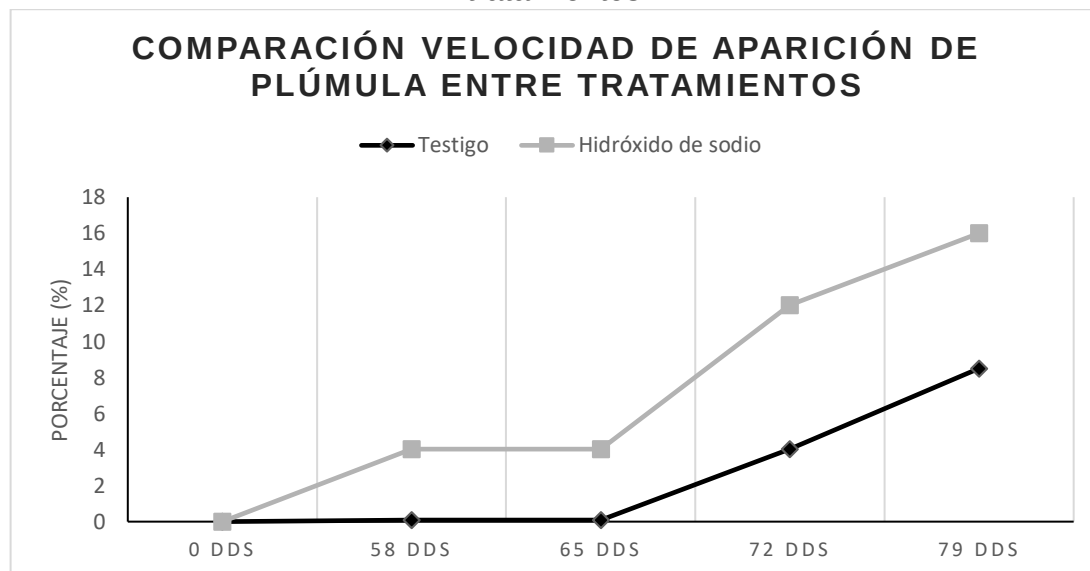
Figura 12. Comparación de velocidad de embrillado (germinación) entre los tratamientos.



De la comparación entre el tratamiento 1 que constó de escarificación con agua y que cumplió también con el papel de testigo, como se observa en el figura 12, se observó que en las tres primeras semanas la cantidad de semillas embrilladas aumentó, y en la cuarta esta cantidad se mantuvo constante. La germinación en la primera semana se encontró 40% incrementando semanalmente hasta llegar a un intervalo entre 63,5%.

En cuanto a las observaciones en el tratamiento 2 escarificado con hidróxido de Sodio, la cantidad de semillas embrilladas fue aumentando con el paso de las semanas, como se observa en la figura 12. En este caso la germinación en la primera semana se encontró en 26% y en la última semana en 50%.

Figura 13. Comparación de velocidad de aparición de plúmulas entre los tratamientos.



En la parte de observación de aparición de plúmulas se encontró que estas aparecieron a partir de la tercera semana en el tratamiento 1 o testigo, como se observa la figura 13, y a partir de los 72 DDS su aparición aumenta en un 4% aproximadamente; mientras que en el tratamiento 2 los porcentajes de plúmulas son mayores desde la primera semana encontrándose la última semana en 16%, lo que permite especular que la escarificación con el hidróxido de sodio pudo haber removido partes del mesocarpio o endocarpio que permitiera una aparición temprana de algunas radículas y plúmulas con respecto al tratamiento 1 y testigo.

La germinación de las semillas, no es posible hasta que la semilla embeba el agua necesaria para sus actividades metabólicas, entonces se activan las enzimas que ya están presentes en la semilla, y se sintetizan algunos nuevos para la digestión y la utilización de las reservas alimenticias que se habían acumulado en las células de la semilla durante el periodo de formación del embrión (Raven, Evert, & Eichhorn, 1992).

El embrillado de las semillas ocurre en el momento en que se ha llevado a cabo el proceso de diferenciación debido a la constante división celular de los meristemos (Cayón Salinas, 1999) y se observa la aparición o iniciación de la radícula o raíz embrionaria, que es la primera estructura que emerge de la mayoría de las semillas y que permite que la plántula en desarrollo se fije al suelo y absorba agua (Raven, Evert, & Eichhorn, 1992), y la hinchazón del punto o primordio floral de donde emerge la plúmula.

Aunque los porcentajes de germinación en la última semana de medición para los dos tratamientos aumentó considerablemente, hay que tener en cuenta que a pesar de que las semillas utilizadas pertenecieran a la misma planta y racimo, naturalmente no todas tienen el mismo nivel de desarrollo y maduración lo que puede retrasar un poco los procesos de embriogénesis y germinación, este es un factor que no es posible medir al momento de escoger las semillas para los ensayos; además, las semillas de palma Arecaceae en general presentan periodos de reposo extenso; por lo que recién cosechadas germinan en baja proporción (Ellis, Roberts, & Hong, 1985), al menos la cuarta parte de las especies de palmas requieren un plazo mayor de 100 días para germinar y durante este periodo solo se obtiene 20% de la germinación potencial.

En general las palmas tropicales requieren de temperaturas altas para obtener una germinación más rápida y uniforme, se utilizan temperaturas entre 21°C a 38°C pero entre 30-35°C se obtienen generalmente los mejores resultados (Capisto, 2004); en este caso la temperatura en el lugar escogido para desarrollar la fase de campo contaba con la temperatura y humedad adecuadas que requieren las semillas para su óptimo desarrollo.

El tiempo que transcurre entre la germinación de la semilla y el establecimiento de la plántula como un organismo independiente es la fase más decisiva en la vida de la planta. Durante este periodo, la planta es muy susceptible a los daños que puedan producirle las diferentes plagas de insectos, y de hongos mientras que un déficit hídrico puede llevarla a la muerte rápidamente (Raven, Evert, & Eichhorn, 1992); posterior a la aparición de la radícula, la aparición de la plúmula o aguja como se determina en las palmas la aparición de las primeras hojas no verdaderas, es el siguiente paso en la formación de las plántulas, lo que quiere decir que a menos de que se presenten situaciones de sanidad o de falta de agua las plantas que presentaron desarrollo de plúmula ya garantizan ser un organismo capaz de fotosintetizar.

Lo anterior permite estimar que en el tratamiento 1 y testigo, la germinación fue mayor que en el tratamiento 2 pero el desarrollo de las plúmulas fue mayor en el tratamiento 2, sin embargo, como se sustenta anteriormente es necesario realizar un seguimiento por más tiempo debido a que los daños ocurridos o no en la semilla por el proceso de escarificación química no necesariamente se muestran en la etapa de germinación y diferenciación a plántula.

Por otra parte, si posiblemente el hidróxido de sodio hubiese generado algún daño que permitiere que el agua ingresase en mayor cantidad y rápidamente, esto no garantiza que la semilla embebiera mayores cantidades de agua en menor tiempo por su composición en el endocarpio, aunque fuese posible.

De igual forma se observó que al ser escarificada la semilla con Hidróxido de Sodio se deben eliminar bien partes de la semilla que se puedan perder en el transcurso de las mediciones de pesos durante la imbibición puesto que altera los pesos tomados generando error en la información obtenida, por lo que se aconseja realizar una escarificación mecánica muy suave de las partes que puedan ser removidas en el transcurso de la prueba, como es el exocarpio.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las concentraciones de Hidróxido de Sodio utilizadas en los experimentos no generaron efectos negativos en la viabilidad de las semillas de *Euterpe precatoria*.

La germinación de las semillas escarificadas con Hidróxido de Sodio se observó en bajos porcentajes, sin embargo, la aparición de las radículas y plúmulas fue más rápido que en los tratamientos con agua.

El tiempo de inmersión de 40 minutos de las semillas de *Euterpe precatoria* en hidróxido de sodio 6N al 100% (vol/vol) para la escarificación no generó la eliminación completa de los tejidos de la semilla.

El tiempo de germinación de las semillas de asaí tanto escarificadas con agua como el testigo fue de 58 días después de la siembra, el vigor germinativo fue de 65 días aproximadamente y el poder germinativo a la cuarta semana después de la germinación de 25% para escarificación con hidróxido de sodio y 14% para testigo o semillas sin escarificación.

El porcentaje de germinación hasta la cuarta semana fue de 63,5% para tratamiento con agua y 50% para tratamiento con NaOH.

El tiempo de aparición de las plúmulas fue de 72 días después de la siembra para tratamiento con agua y 58 días después de la siembra para tratamiento con NaOH.

Se recomienda que para este tipo de pruebas se realicen seguimientos más extensos en tiempo pues algunos efectos del proceso de escarificación se pueden observar durante el desarrollo de la planta hasta un estado juvenil.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azcon , J., Bieto, & Talón. (2008). *Desarrollo y germinación de semillas*. McGraw Hill.
- Bewley, J., Bradford, K., Hilhorst, H., & Nonogaki, H. (2013). *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*. Springer.
- Borrajo, C. (6 de Noviembre de 2006). *Importancia de la calidad de semillas*. Obtenido de Curso internacional en ganaderia bovina subtropical: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/79-semilla.pdf
- Bovi, M., & De Castro, A. (1993). *Asaí en: Clay y clemants. Select species and strategies to enhance income generation from Amazonian forest*. Roma: FAO.
- Calavier, J., Balslev, H., Grandez, C., Tuomisto, H., & Valencia, R. (2001). *Comercialización de Productos vegetales no maderables en los Mercados de Leticia y Florencia, Amazonia Colombiana*. Holanda: Poisen & Iooigen, Wagenigen.
- Capisto, C. (12 de 12 de 2004). *Avepalmas*. Recuperado el 20 de 10 de 2016, de <http://www.avepalmas.org/germina.htm>
- Cayón Salinas, D. (1999). Apuntes sobre fisiología del crecimiento y desarrollo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Revista palmas*, Vol. 20 núm. 3. pg. 43.
- Courtis, A. (2013). *Guía de estudio de fisiología vegetal*. Obtenido de Germinación de semillas: <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/GuiadeestudioGerminacion.pdf>
- D'Aubeterre, R., Principal, J., & García, J. (2002). Efecto de diferentes métodos de escarificación sobre la germinación de tres especies del género *Prosopis*. *Revista científica*, Vol. XII Suplemento 2 p. 575-577.
- de la Cruz, R. (2003). *Efecto de la intensidad de luz y la fertilización nitrogenada en la producción de biomasa y velocidad de crecimiento del Huasai (Euterpe*

- precatoria* Mart.) en condiciones de vivero. Iquitos, Perú: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Ellis, Roberts, & Hong. (1985). Compendium of specific germination information and test recommendations. *Handbook of seed technology for genebanks Vol II*, 456.
- Galeano, G., & Bernal, R. (2010). *Palmas de Colombia. Guía de campo*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Goodman, R. C., Phillips, O.L., Freitas L., del Castillo, D., Tapia Cortese, S., Monteagudo, A., & Baker, T.R. (2013). Amazon palm biomass and allometry. *Forest ecology and management.*, 994-1004.
- Hayati, N., Sukprakam, S., & Juntakool, S. (2005). Seed germination enhancement in *Solanum stramonifolium* and *Solanum torvum*. *Kasetsart J. Nat. Sci.*, Vol. 39 pg. 368-76.
- Henderson, A., & Galeano, G. (1996). *The palms of the Amazon*. New York: Oxford University express.
- Instituto Amazonico de Investigaciones Amazonicas-Sinchi. (2015). *Asaí (Euterpe precatoria): Cadena de valor en el sur de la región amazónica*. Bogota: SINCHI.
- Isaza Aranguren, C., Galeano, G., & Bernal, R. (2014). Manejo actual del Asaí (*Euterpe precatoria* Mart.) para la producción de frutos en el sur de la amazonía Colombiana. *Colombia forestal*, Vol. 17 p.77-99.
- León Flores, J., & Saldaña Rojas, J. (2011). Tratamientos pregerminativos de la semilla de *Euterpe precatoria* Mart. en Santo Tomas, Loreto-Perú. *Pittieria*, 35: 63-70.
- Manotoa, S. (28 de Septiembre de 2012). *Escarificación mecánica y química como tratamientos pregerminativos en semillas de olivo (Olea europea)*. Obtenido de Repositorio Universidad Técnica de Ambato.: <http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/2224>
- Mullet, J., Beardsell, D., & el Rey, S. (1981). The effect of seed treatment on the germination and early growth of *Euterpe edulis* (family Palmae). *Scientia horticulturae*, Vol. 15, No. 3, pág. 239-44.

- Otaviano Aguiar, M. &. (2001). Aspectos morfológicos da germinação e do desenvolvimento plantular em *Euterpe precatoria* Mart. *Acta amazonica*, pág. 687-91.
- Otaviano, M., & de Mendonça, M. (2002). Aspectos morfo-anatômicos do embrião de *Euterpe precatoria* Mart. durante o processo germinativo. *Acta Botanica Brasilica*, pág. 241-49.
- Ozaki, Aguiar, Filho, Yuyama, Varejao, Teixeira, . . . Fernandes. (2011). Caracterização físico-química do suco de açaí de *Euterpe precatoria* Mart. oriundo de diferentes ecossistemas amazônicos. *Acta amazonica*, Vol. 41 p.545-552.
- Payeras, A. (2011). *Bonsai Menorca*. Recuperado el 2 de Febrero de 2016, de Estratificación y escarificación de semillas de árboles: <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/estratificacion-y-escarificacion-de-semillas-de-arboles/>
- Portafolio verde. (2008). *Consolidación de dos nodos del observatorio nacional de biocomercio OBIO. Nodos Valle y Amazonas*.
- Prohens , J., Soler, S., & Nuez, F. (1999). The effects of thermotherapy and sodium hypochlorite treatments on pepino seed germination, a crucial step in breeding programmes. *Ann. Appl. Biol.*, Vol. 134 pp. 299-305.
- Pulido Flores, G., & Monks, S. (2013). *Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas*. Lincoln, Nebraska: Zea Books.
- Ranil, R., Niran, H., Plazas, M., Fonseka, R., Fonseka, H., Vilanova, S., . . . Prohens, J. (2015). Improving seed germination of the eggplant rootstock *Solanum torvum* by testing multiple factors using an orthogonal array design. *Scientia Horticulturae*, Vol. 193 Pg. 174- 181.
- Rao, N., Hanson, J., Dulloo, M., Ghosh, K., Novell, D., & Larinde, M. (2007). *Manual para el Manejo de Semillas en Bancos de Germoplasma*. Roma, Italia: Biodiversity internacional.
- Raven, P., Evert, R., & Eichhorn, S. (1992). *Biología de las plantas*. Wisconsin: Reverté.
- Rojas, S. (2001). *Especies promisorias de la Amazonía. Conservación, manejo y utilización del germoplasma*. Florencia, Colombia.: Produmedios.

- Romero Rodríguez, J., Mejía Contreras, J., Carballo Carballo, A., López Jiménez, A., Rangel Lucio, J., & Ávila Reséndiz, C. (2013). Escarificación química de semilla de papaya. *Revista mexicana de ciencias agrícolas.*, Vol.4 Núm.6 p. 947-954 .
- SAGARPA. (22 de Febrero de 2016). *Prueba de Viabilidad con Tetrazolio*. Obtenido de Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas: <http://www.lcrsemillas.org.mx/viabilidad.html#/4>
- SINCHI. (2007). *Ecología, aprovechamiento y manejo sostenible de nueve especies de plantas del departamento del Amazonas, generadoras de productos maderables y no maderables*. Bogotá: Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.
- Souza, D., Albuquerque, M., Zorato, M., & Carvahlo, D. (2009). Análise de danos mecânicos e qualidade de sementes de algodoeiro. *Revista Brasileira de Sementes*, Vol. 31, No. 3, pág. 123-31.
- Suárez Rocha, J. J. (2007). *Germinación, repique y transplante de dos especies de Huasai: Euterpe oleracea (brasiliensis) y Euterpe precatoria (peruviana)*. Iquitos, Perú: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Suárez, D., & Melgarejo, L. (2012). *Experimentos en fisiología y bioquímica vegetal. Biología y germinación de semillas*. Colombia: Departamento de biología. Universidad Nacional de Colombia.
- Universidad Politécnica de Valencia. (2003). *Germinación de semillas*. Obtenido de Universidad Politécnica de Valencia: http://www.euita.upv.es/varios/biologia/temas/tema_17.htm#Viabilidad de las semillas

8. ANEXOS

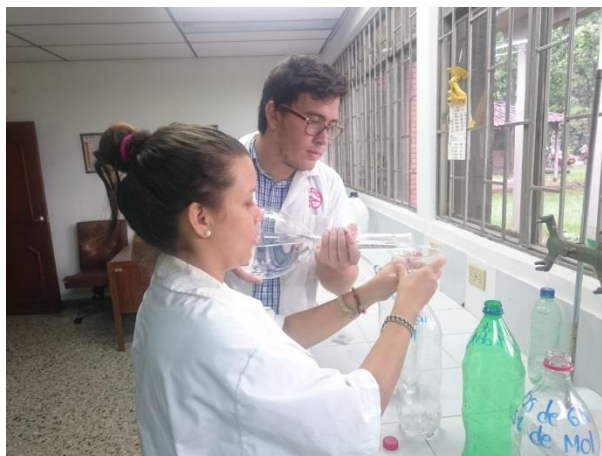


Imagen 1. Preparación y empaque de NaOH.

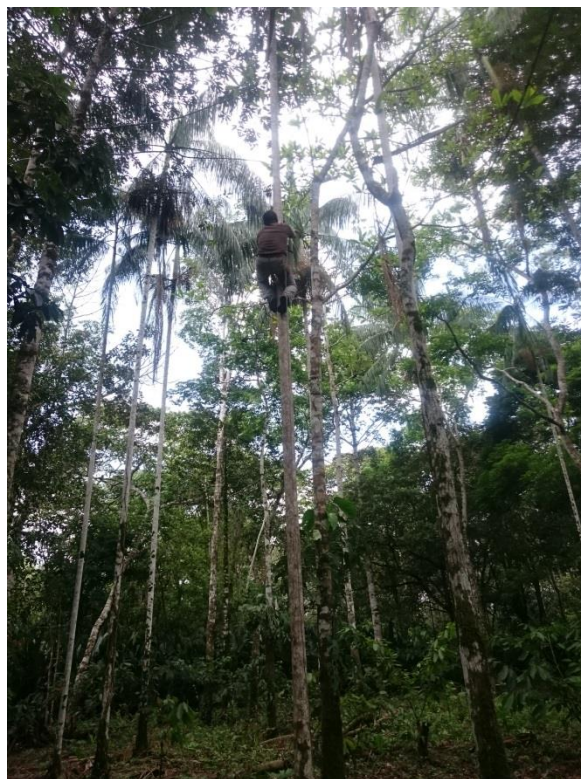


Imagen 2. Recolección de racimos.



Imagen 3. Racimo de asai.



Imagen 4. Clasificación de frutos de asai.



Imagen 5. Empaque de frutos de asai.



Imagen 6. Tratamientos de escarificación experimento 1.



Imagen 7. Rotulado de tratamientos.



Imagen 8. Aplicación de tetrazolio a embrión de semillas de asai.



Imagen 9. Tinción del embrión de semillas asai.



Imagen 10. Viabilidad de semillas tratamiento 6 experimento 1.



Imagen 11. Prueba de imbibición experimento 1.



Imagen 12. Decoloración de semillas de asai.

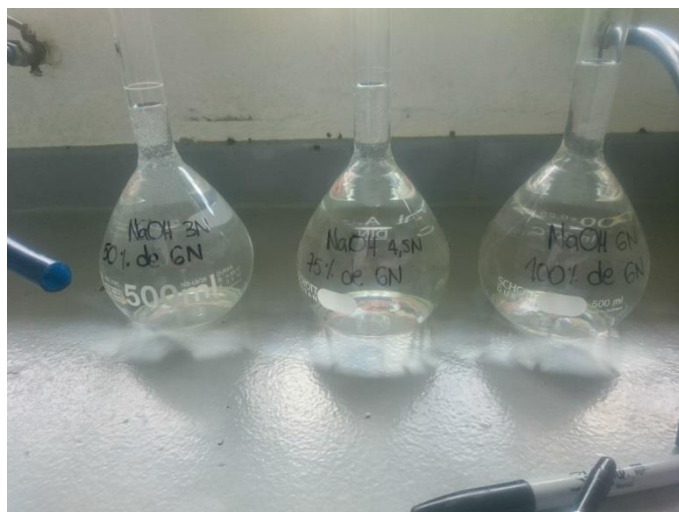


Imagen 13. Soluciones de NaOH

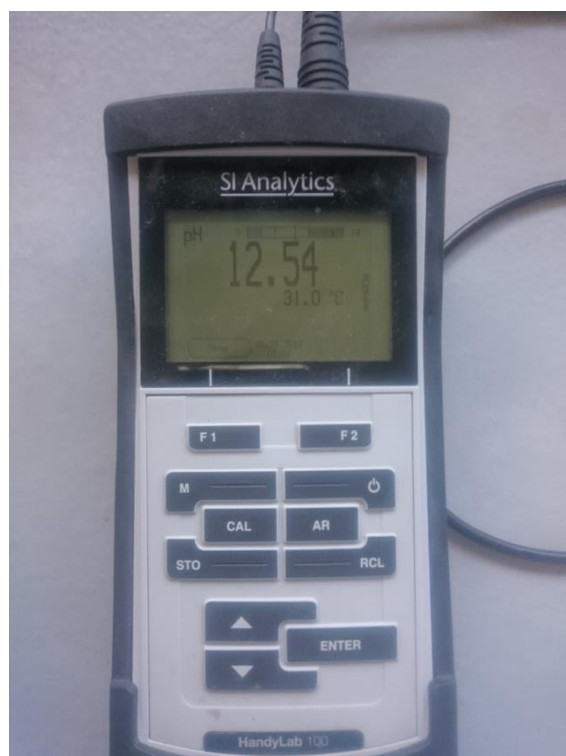


Imagen 14. Decoloración de semillas de asai



Imagen 15. Rotulado de tratamientos de escarificación experimento 2.



Imagen 16. Escarificación química con NaOH.



Imagen 17. Registro de peso de semillas de asai.



Imagen 18. Prueba de imbibición experimento 2.



Imagen 19. Decoloración de semillas de asai experimento 2.



Imagen 20. Prueba de viabilidad con tetrazolio experimento 2

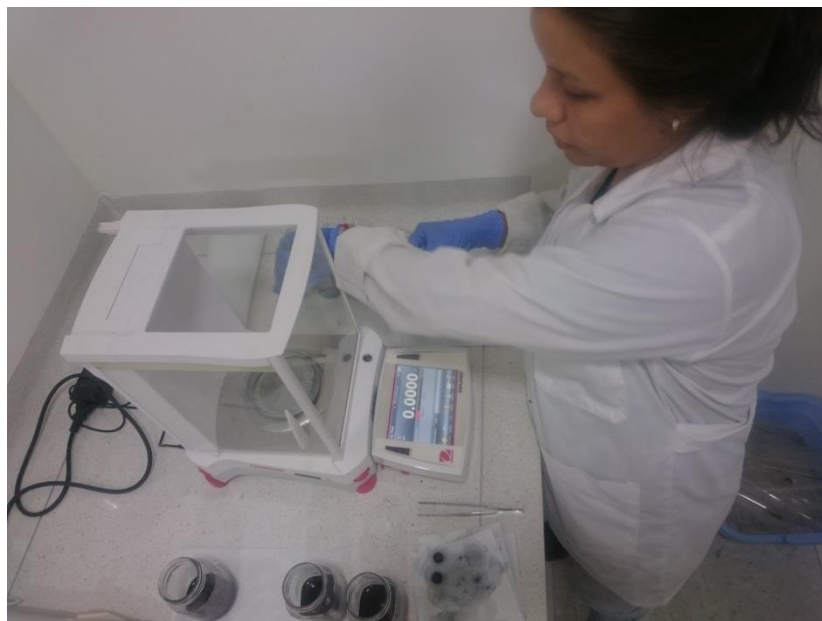


Imagen 21. Registro de peso de semillas de asai experimento 2.



Imagen 22. Registro de plúmulas de semillas de asai experimento 3.

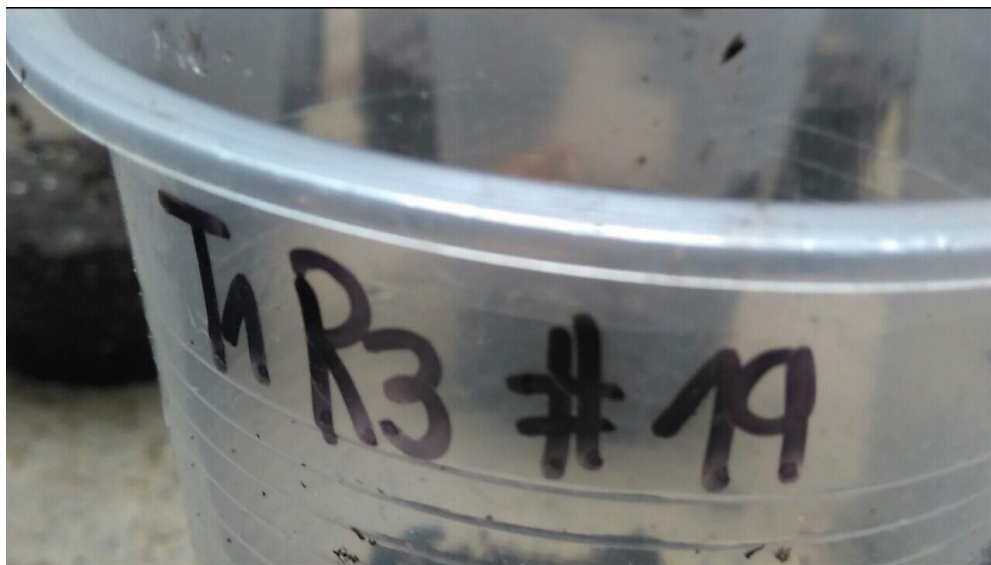


Imagen 23. Rotulado experimento 3.

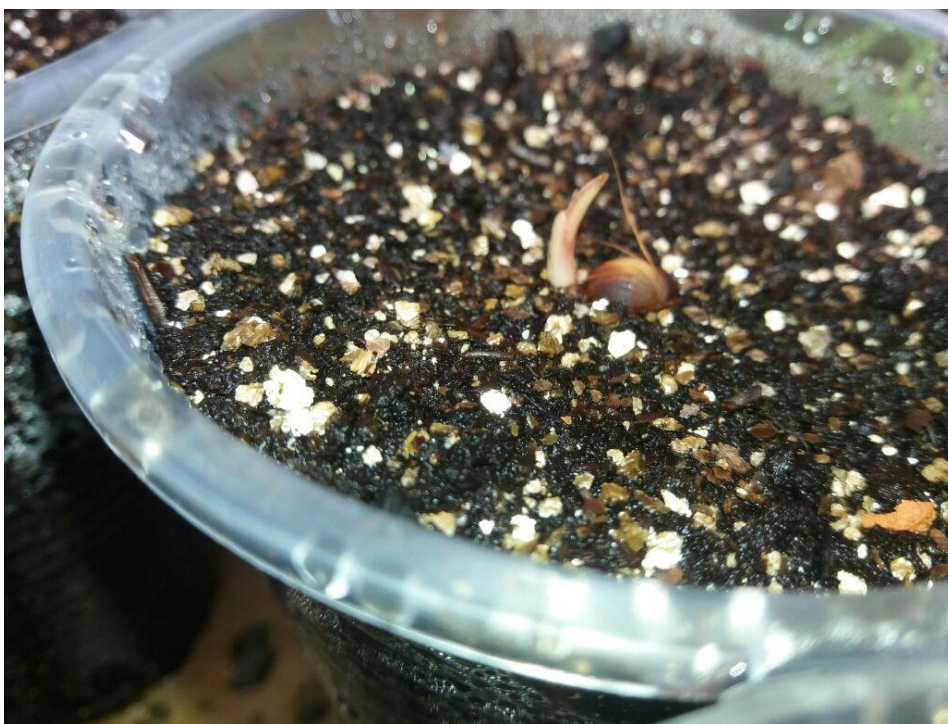


Imagen 24. Aparición de plúmula.



Imagen 25. Semilla embrilada experimento 3.



Imagen 26. Plúmula y radícula de semilla de Asaí

AUTORIZACIÓN

Yo, **SASHA CAROLINA PÉREZ FERREIRA**, mayor de edad, vecino de Villavicencio, Meta., identificado con la Cédula de Ciudadanía No. **1.121.919.199** de Villavicencio, Meta, actuando en nombre propio en mi calidad de autor del trabajo de tesis y trabajo de grado denominado **Efecto escarificador del Hidróxido de Sodio en semillas de *Euterpe precatoria* Mart. var. *precatoria*.**, hago entrega del ejemplar y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (CD-ROM) y autorizo a la UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS, para que en los términos establecidos en la ley 23 de 1982. Ley 44 de 1993. Decisión Andina 351 de 1993. Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquilar, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento. **PARAGRAFO:** La presente autorización, se hace extensiva, no solo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato virtual, electrónico, digital, óptico, usos en red Internet, extranet, etc., y en general, para cualquier formato conocido o por conocer.

El AUTOR- ESTUDIANTE, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización, es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de exclusiva autoría y detecta la titularidad sobre la misma. **PARAGRAFO:** En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión. EL ESTUDIANTE- AUTOR, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados, para todos los efectos la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia, se firma el presente documento en dos (2) ejemplares del mismo valor y tenor en Villavicencio, Meta: a los _____ días del mes de Noviembre de dos mil dieciséis (2016).

SASHA CAROLINA PÉREZ FERREIRA
C.C. 1.121.919.199 de Villavicencio, Meta.
AUTOR- ESTUDIANTE

AUTORIZACIÓN

Yo, **DANIEL DAVID PÉREZ PÉREZ**, mayor de edad, vecino de Villavicencio, Meta., identificado con la Cédula de Ciudadanía No. **1.120.371.553** de Granada, Meta, actuando en nombre propio en mi calidad de autor del trabajo de tesis y trabajo de grado denominado **Efecto escarificador del Hidróxido de Sodio en semillas de *Euterpe precatoria* Mart. var. *precatoria*.**, hago entrega del ejemplar y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (CD-ROM) y autorizo a la UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS, para que en los términos establecidos en la ley 23 de 1982. Ley 44 de 1993. Decisión Andina 351 de 1993. Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquilar, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento. **PARAGRAFO:** La presente autorización, se hace extensiva, no solo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato virtual, electrónico, digital, óptico, usos en red Internet, extranet, etc., y en general, para cualquier formato conocido o por conocer.

El AUTOR- ESTUDIANTE, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización, es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de exclusiva autoría y detecta la titularidad sobre la misma. **PARAGRAFO:** En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión. EL ESTUDIANTE- AUTOR, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados, para todos los efectos la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia, se firma el presente documento en dos (2) ejemplares del mismo valor y tenor en Villavicencio, Meta: a los _____ días del mes de Noviembre de dos mil dieciséis (2016).

DANIEL DAVID PÉREZ PÉREZ
C.C. 1.120.371.553 de Granada, Meta.
AUTOR- ESTUDIANTE