

**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica y Agrícola**



**COMPARATIVO DE DOS MÉTODOS DE ESCARIFICACIÓN  
MECÁNICO Y QUÍMICO EN SEMILLAS DE PONCIANA  
(*Delonix regia*) EN EL FUNDO LA BANDA  
HUASACACHE, AREQUIPA.**

Tesis presentada por la Bachiller:

**Aguilar Laura, Natalie del Rocío**

para optar el Título Profesional de:

**Ingeniero Agrónomo**

Asesor:

**Mgter. Torres Lizárraga, José Miguel**

**Arequipa – Perú**

**2020**



*Universidad Católica de Santa María*

☎ (51 54) 382038 Fax:(51 54) 251213 ✉ ucsm@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe Apartado:1350

AREQUIPA - PERÚ

**DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS  
(Jurado)**

Señor  
**Ing. FROY COLOMA DONGO**  
Director del P.P. de Ingeniería Agronómica  
Presente.-

Mediante el presente, comunicamos a usted., que se ha procedido a revisar el BORRADOR de Tesis titulado:

**“COMPARATIVO DE DOS METODOS DE ESCARIFICACION MECANICO Y QUIMICO EN SEMILLAS DE PONCIANA (Delonix regia) EN EL FUNDO LA BANDA HUASACACHE - AREQUIPA**

Presentado por el alumno: **NATALIE DEL ROCIO AGUILAR LAURA**  
Asesor: **Ing. José Torres Lizarraga**

El jurado Dictaminador presidido por **Ing. Humberto Stretz Chavez, Ing. Rigoberto López Portilla, Ing. Ingrid Diaz Vento**

**DICTAMINAN**

*Procede su sustentación*

**OBSERVACIONES**

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

Arequipa, 9 de Diciembre de 2019

-----  
**Ing. Humberto Stretz Chavez**

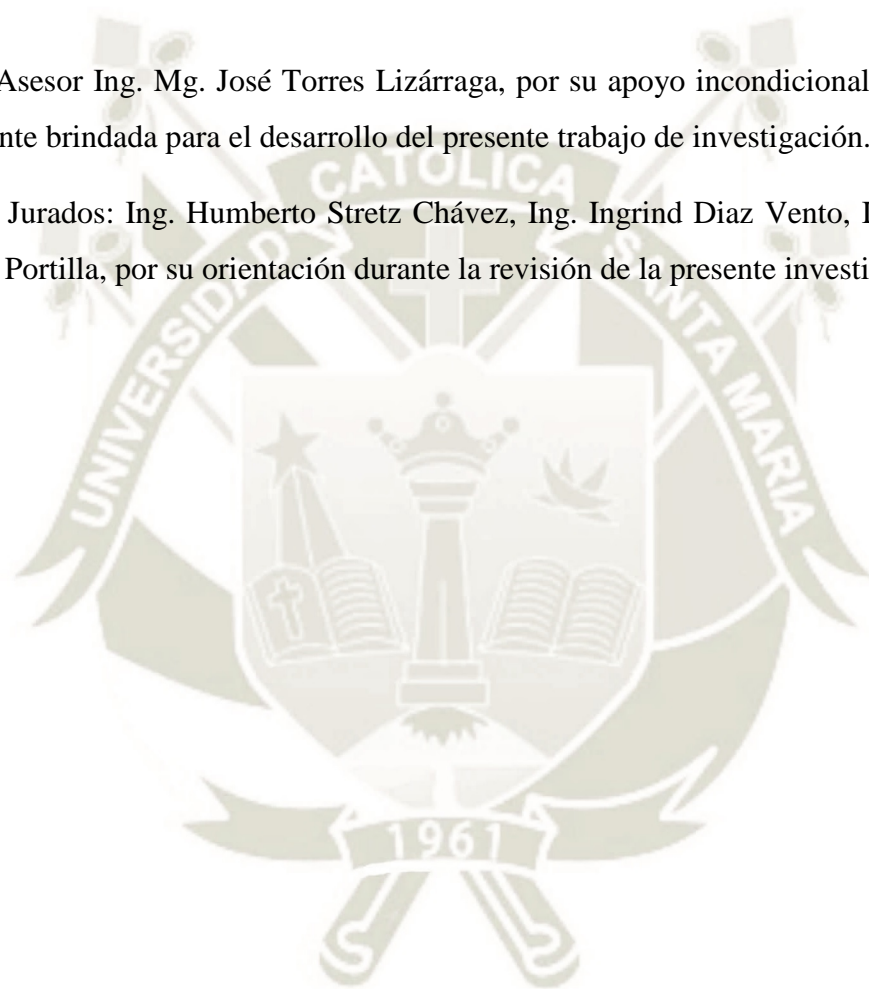
-----  
**Ing. Rigoberto López Portilla**

-----  
**Ing. Ingrid Díaz Vento**

## AGRADECIMIENTOS

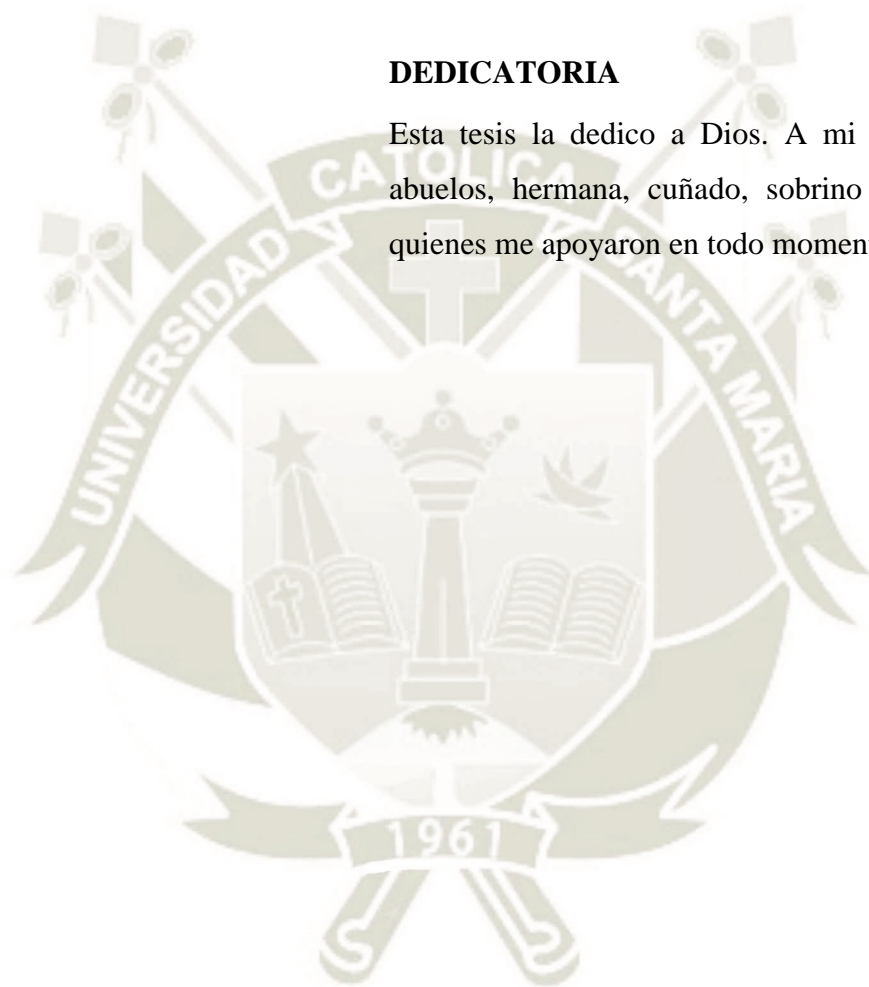
A mi Asesor Ing. Mg. José Torres Lizárraga, por su apoyo incondicional y orientación constante brindada para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A mis Jurados: Ing. Humberto Stretz Chávez, Ing. Ingrid Diaz Vento, Ing. Rigoberto López Portilla, por su orientación durante la revisión de la presente investigación.



## DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a Dios. A mi madre, a mis abuelos, hermana, cuñado, sobrino y mi amiga; quienes me apoyaron en todo momento.



## RESUMEN

La presente investigación se realizó en la ciudad de Arequipa en el Fundo La Banda Huasacache de la Universidad Católica de Santa María para el comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de ponciana (*Delonix regia*) con 7 tratamientos y 4 repeticiones, se utilizaron 800 semillas por tratamiento para poder observar el porcentaje, tiempo de germinación, método de escarificación y el vigor de la semilla.

La evaluación de los tratamientos se hizo a los 28 días después de la siembra que implicaba el establecimiento del experimento y las evaluaciones respectivas. Se utilizó para la siembra bandejas de plástico con arena previamente esterilizadas para la germinación, luego se procedió a sembrar 200 semillas en las bandejas de cada tratamiento. El conteo se efectuó a los 14 días como indica las reglas del ISTA.

De los resultados se observa que los métodos de corte (50.25%) y lija (24.25%) son los mejores para la germinación. Así mismo se observa que con ácidos el que mejor resultado presento fue  $\text{SO}_4\text{H}_2$  (11.38%) seguido del HCl (10.50%) y  $\text{HNO}_3$  (8.63%). Mientras que en el método de golpe (3.63%) se observó una baja germinación. El tratamiento testigo (0.12%) obtuvieron resultados inferiores en el porcentaje de germinación.

En el vigor de las semillas se observó que los tratamientos tratados con ácidos y el testigo no logró la imbibición suficiente para la prueba con el Cloruro de Tetrazolio. En los tratamientos con métodos mecánicos se logró que, al tercer día de imbibición, se encontraban en estado adecuado para la prueba con el reactivo antes mencionado. Los resultados obtenidos es el teñido del embrión de color azul oscuro, que el escutelo inferior y superior presenta 1/3 sin teñir.

**Palabras claves:** Escarificación, Germinación, Embrión, Vigor.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out in the city of Arequipa in the Fundo La Banda Huasacache of the Catholic University of Santa María for the comparison of two methods of mechanical and chemical scarification in ponciana seeds (*Delonix regia*) with 7 treatments and 4 repetitions, They used 800 seeds per treatment to be able to observe the percentage, germination time, scarification method and vigor of the seed.

The treatment evaluation was made 28 days after sowing that involved the establishment of the experiment and the respective evaluations. Plastic trays with sand previously sterilized for germination were used for planting, then 200 seeds were planted in the trays of each treatment. The count was made after 14 days as indicated by the ISTA rules.

The results show that the cutting methods (50.25%) and sandpaper (24.25%) are the best for germination. Likewise, it is observed that with acids, the best result was  $\text{SO}_4\text{H}_2$  (11.38%) followed by HCL (10.50%) and  $\text{HNO}_3$  (8.63%). While in the blow method (3.63%) a low germination was observed. The control treatment (0.12%) obtained lower results in the germination percentage.

In the vigor of the seeds it was observed that the treatments treated with acids and the control did not achieve sufficient imbibition for the test with Tetrazolium Chloride. In the treatments with mechanical methods it was achieved that, on the third day of imbibition, they were in an adequate state for the test with the aforementioned reagent. The results obtained are the dyeing of the dark blue embryo, which the lower and upper eyelid has 1/3 unstained.

Keywords: Scarification, Germination, Embryo, Vigor.

## INTRODUCCIÓN

La Ponciana es originario de la selva seca caducifolia de Madagascar, en donde está en peligro de extinción. Es cultivada en el Perú con bastante éxito en los valles de la costa, ceja de selva y valles interandinos. Esta planta es ornamental y en la ciudad de Piura hay muchas de estas y esto se debe a que el clima permite su desarrollo completo. Cabe resaltar que la planta abunda en lugares mediterráneos debido a su resistencia a las sequías. Es probablemente uno de los árboles más conocidos en todo el mundo por su llamativa flor.

Rivera Ocasio (2011) la ponciana, es un árbol caducifolio, usualmente multitronco, ancho con copa plana. Sus flores rojas a anaranjadas lo cubren de mayo a agosto. El follaje fino, suave y delicado mantiene una sombra densa el resto de la época de crecimiento, haciendo de la ponciana un árbol deseado para la sombra o deleite por su belleza.

SIRE (2001) se encuentra establecida a lo largo de las orillas de los caminos, así como en parques y jardines; en algunas regiones de los EUA, las flores se utilizan para alimentación de las gallinas ponedoras de huevo, con el fin de mejorar la calidad de la cáscara del huevo y hacerla más resistente. Además, es utilizada para cercas, para leña y en la apicultura.

Orozco Cardono, Franco Herrera, & Taborda Beltrán (2010) un gran número de semillas de especies forestales no germinan debido a que la testa dura impide la entrada de agua y algunas semillas no germinan si no tienen un tratamiento de escarificación.

Varias técnicas de escarificación han demostrado su efectividad para disminuir la dureza y acelerar el proceso de germinación. Las técnicas de escarificación química, física y mecánica son de especial valor para acelerar el proceso de germinación.

González Zertuche & Orozco Segovia (1996) la germinación es el proceso fisiológico por medio del cual se reinicia el crecimiento del embrión, comienza con la imbibición de la semilla y termina cuando emerge la radícula. Es posible marcar grados de

germinabilidad para cada lote de semillas según: la especie, la variabilidad de la población y las condiciones ambientales en que germinan las semillas.

La respuesta germinativa de las poblaciones de semillas puede variar en: a) capacidad germinativa (proporción de semillas capaces de germinar en condiciones óptimas o en una condición determinada); b) distribución de la germinación en el tiempo (tasa de germinación, velocidad o forma de la curva); c) tiempo en que germina la primera semilla; d) tiempo promedio de germinación para la muestra o la población; e) uniformidad, simultaneidad, o sincronía de la germinación (variabilidad alrededor del tiempo medio de germinación).

Esta investigación tiene el propósito de reforzar conocimientos existentes sobre el uso de diferentes métodos de escarificación, como las técnicas mecánicas y el uso de ácidos (químico); los cuales estarán representados como tratamientos, siendo evaluados y analizados para obtener el método adecuado para la semilla de ponciana.

La investigación se realiza debido a que la semilla de ponciana (*Delonix regia*), posee una testa dura, la cual no permite una mayor germinación. Mediante el uso de estos dos métodos de escarificación se podrá tener una reacción contundente.

En la investigación, la semilla de ponciana (*Delonix regia*) será sometida a diferentes tipos de ácidos y técnicas mecánicas; así conocer el tratamiento adecuado para la obtención de una mayor germinación.

- **HIPOTESIS**

Es posible que, mediante los métodos químicos y mecánicos, la escarificación de semillas de ponciana (*Delonix regia*) se obtenga mejores resultados en la germinación de la semilla.

- **OBJETIVOS**

**OBJETIVO GENERAL**

Comparar dos métodos de escarificación para la germinación de semilla de ponciana (*Delonix regia*).

## OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Evaluar el porcentaje de germinación de cada método de escarificación.
- Determinar el método de escarificación más apropiado en la semilla de ponciana.
- Establecer el vigor de la semilla durante la germinación.



## INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN .....	iii
ABSTRACT .....	iv
INTRODUCCIÓN .....	v
• HIPOTESIS .....	vi
• OBJETIVOS .....	vi
OBJETIVO GENERAL .....	vi
OBJETIVO ESPECÍFICOS .....	vii
CAPITULO I	
1. REVISION DE LITERATURA .....	1
1.1. CULTIVO DE PONCIANA .....	1
1.1.1. ORIGEN DE LA PONCIANA .....	1
1.1.2. CLASIFICACION TAXONÓMICA .....	1
1.1.3. DISTRIBUCION Y HABITAT .....	2
1.1.4. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS .....	3
1.1.5. DESARROLLO DEL CULTIVO .....	4
1.1.6. FACTORES AMBIENTALES DEL CULTIVO .....	5
1.2. GERMINACIÓN DE SEMILLAS .....	5
1.3. ESCARIFICACION DE SEMILLAS .....	9
1.3.1. IMPORTANCIA DE LA ESCARIFICACIÓN .....	11
1.3.2. TIPOS DE ESCARIFICACIÓN .....	12
1.3.3. TIPOS DE ÁCIDOS .....	12
1.4. VIGOR DE LA SEMILLA .....	13
1.4.1. VIGOR .....	13
1.4.2. ANÁLISIS DE TETRAZOLIO .....	13
1.5. TRABAJOS DE INVESTIGACION REALIZADOS .....	16
CAPITULO II	
2. MATERIALES Y METODOS .....	19
2.1. UBICACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL .....	19
2.2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	20
2.2.1. MATERIALES .....	20
2.2.2. METODOLOGÍA .....	21

2.3.	COMPONENTES DE ESTUDIO .....	29
2.4.	DISEÑO EXPERIMENTAL .....	29
2.5.	DISTRIBUCION DE TRATAMIENTOS .....	30
2.6.	EVALUACIONES REALIZADAS .....	30
2.6.1.	PORCENTAJE DE GERMINACIÓN .....	30
2.6.2.	VIGOR DE LA SEMILLA.....	33
2.7.	PROCESAMIENTO DE DATOS .....	36
CAPITULO III		
3.	RESULTADOS .....	37
3.1.	PORCENTAJE DE GERMINACIÓN EN PONCIANA.....	37
3.2.	METODO DE ESCARIFICACION MÁS APROPIADO PARA LA SEMILLA DE PONCIANA .....	48
3.3.	VIGOR DE LA SEMILLA DE PONCIANA DURANTE LA GERMINACION .....	49
CAPITULO IV		
4.	DISCUSIÓN.....	51
4.1.	PORCENTAJE DE GERMINACIÓN EN PONCIANA.....	51
4.2.	METODO DE ESCARIFICACION MÁS APROPIADO PARA LA SEMILLA DE PONCIANA ( <i>Delonix regia</i> ) .....	52
4.3.	VIGOR DE LA SEMILLA DE PONCIANA.....	53
CAPITULO V		
5.	CONCLUSIONES.....	55
CAPITULO VI		
6.	RECOMENDACIONES .....	56
CAPITULO VII		
7.	REFERENCIAS .....	57
ANEXOS.....		60

## ÍNDICE DE CUADROS

Pág.

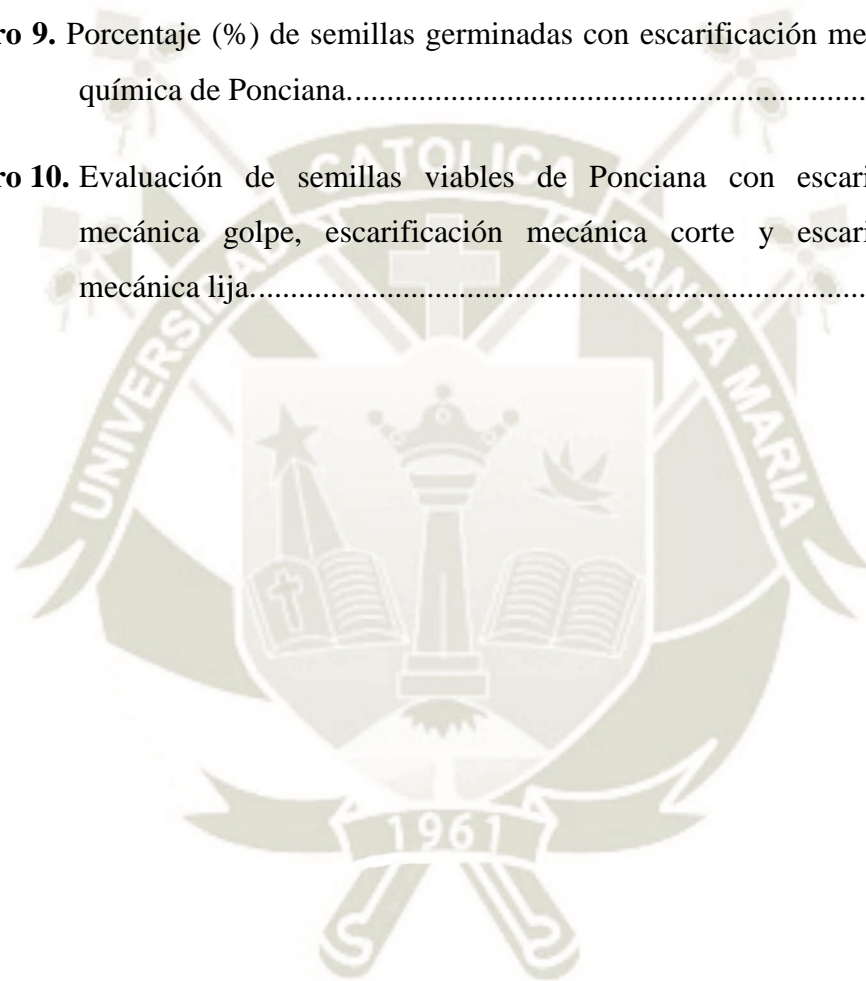
<b>Cuadro 1.</b> Análisis de Varianza ANVA Transformación $\sqrt{x+3}$ para Semillas germinadas en Ponciana de plántulas normales expresado en porcentaje, en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana ( <i>Delonix regia</i> )”. 2019.....	37
<b>Cuadro 2.</b> Prueba estadística de Tukey para semillas germinadas en Ponciana, plantulas normales expresadas en porcentaje (%), en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana ( <i>Delonix regia</i> ). 2019. ....	38
<b>Cuadro 3.</b> Análisis de Varianza ANVA Transformación $\sqrt{x+1}$ para Semillas germinadas en Ponciana, plantulas anormales expresado en porcentaje, en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana ( <i>Delonix regia</i> )”. 2019.....	40
<b>Cuadro 4.</b> Prueba estadística de Tukey para semillas germinadas en Ponciana, plantulas anormales expresadas en porcentaje (%), en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana ( <i>Delonix regia</i> ). 2019. ....	41
<b>Cuadro 5.</b> Análisis de Varianza ANVA, Transformación $\sqrt{x+4}$ para Semillas duras germinadas en Ponciana, expresado en porcentaje, en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana ( <i>Delonix regia</i> )”. 2019. ....	43
<b>Cuadro 6.</b> Prueba estadística de Tukey para semillas duras de Ponciana expresadas en porcentaje (%), en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana ( <i>Delonix regia</i> )”. 2019. ....	44
<b>Cuadro 7.</b> Análisis de Varianza ANVA, Transformación $\sqrt{x+4}$ para Semillas consideradas muertas germinadas en Ponciana, expresado en	

porcentaje, en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana (*Delonix regia*)”. 2019..... 46

**Cuadro 8.** Prueba estadística de Tukey para semillas consideradas muertas de Ponciana expresadas en porcentaje (%), en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana (*Delonix regia*)”. 2019..... 47

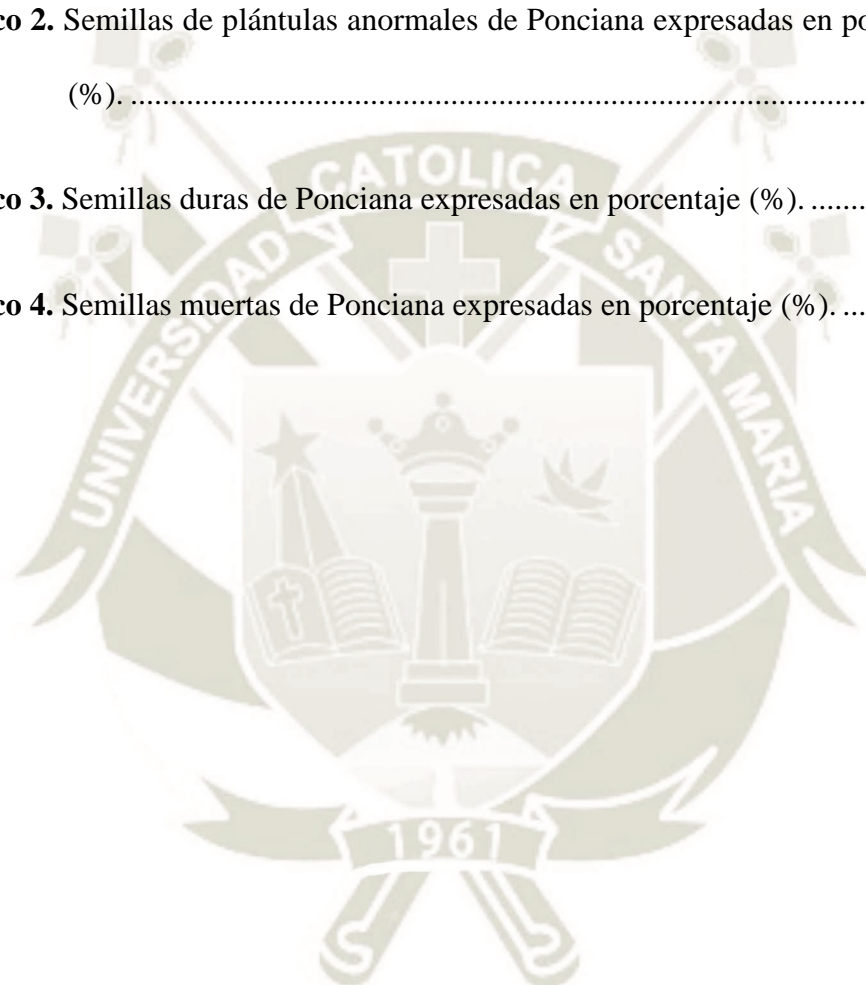
**Cuadro 9.** Porcentaje (%) de semillas germinadas con escarificación mecánica y química de Ponciana..... 49

**Cuadro 10.** Evaluación de semillas viables de Ponciana con escarificación mecánica golpe, escarificación mecánica corte y escarificación mecánica lija..... 50



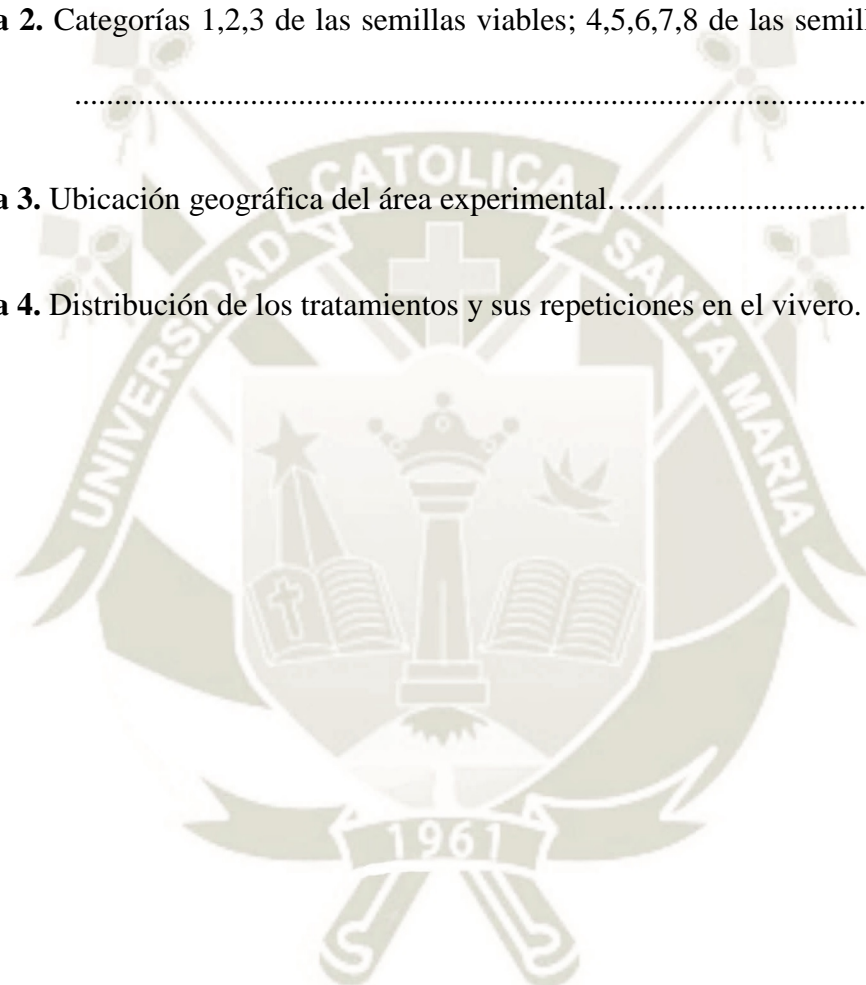
## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
<b>Gráfico 1.</b> Semillas germinadas de plántulas normales expresadas en porcentaje de Ponciana ( <i>Delonix regia</i> ). .....	39
<b>Gráfico 2.</b> Semillas de plántulas anormales de Ponciana expresadas en porcentaje (%). .....	42
<b>Gráfico 3.</b> Semillas duras de Ponciana expresadas en porcentaje (%). .....	44
<b>Gráfico 4.</b> Semillas muertas de Ponciana expresadas en porcentaje (%). .....	48



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Criterios para la evaluación de semillas mediante el análisis de tetrazolio (Semillas VIABLES y NO VIABLES). ....	14
<b>Figura 2.</b> Categorías 1,2,3 de las semillas viables; 4,5,6,7,8 de las semillas no viables. ....	15
<b>Figura 3.</b> Ubicación geográfica del área experimental. ....	19
<b>Figura 4.</b> Distribución de los tratamientos y sus repeticiones en el vivero. ....	30



## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
<b>Fotografía 1.</b> Recolección de semillas de ponciana. ....	22
<b>Fotografía 2.</b> Esterilización del sustrato a usarse para la siembra.....	23
<b>Fotografía 3.</b> Selección de semillas, separación de semillas dañadas y semillas de tamaño uniforme separándolas en cantidades de 800 en bolsas herméticas.....	23
<b>Fotografía 4.</b> Procedimiento de la escarificación química en las semillas de ponciana por un tiempo de 30 minutos usando ácidos en su alta concentración.....	24
<b>Fotografía 5.</b> Realizando el método corte del hilium.....	25
<b>Fotografía 6.</b> Realizando la fractura con la ayuda de una prensa de 2 pulgadas haciendo presión en la semilla.....	26
<b>Fotografía 7.</b> Realizando el método lija haciendo que con el raspado se pueda llegar hasta el embrión de la semilla. ....	26
<b>Fotografía 8.</b> Siembra de las 800 semillas de ponciana de cada tratamiento con sus 4 repeticiones.....	27
<b>Fotografía 9.</b> A la manguera se adaptó una cabeza de ducha para una buena distribución del agua en la bandeja y medición del ph.....	28
<b>Fotografía 10.</b> Termómetro de Temperaturas máximas y mínimas que se ubicó en una de las columnas del vivero.....	28
<b>Fotografía 11.</b> Termómetro digital registrando la temperatura del suelo en cada bandeja.....	29
<b>Fotografía 12.</b> Evaluación del porcentaje de germinación cada tratamiento y repeticiones.....	31

<b>Fotografía 13.</b> Evaluación de plántulas normales. ....	31
<b>Fotografía 14.</b> Evaluación de plántulas anormales.....	32
<b>Fotografía 15.</b> Evaluación de semillas duras.....	32
<b>Fotografía 16.</b> Evaluación de semillas muertas.....	33
<b>Fotografía 17.</b> Preparación del reactivo Cloruro de Tetrazolio en una concentración del 5%.....	33
<b>Fotografía 18.</b> Evaluación de la viabilidad del testigo.....	34
<b>Fotografía 19.</b> Evaluación de la viabilidad de las semillas tratadas con ácidos por un tiempo de 30 minutos. ....	35
<b>Fotografía 20.</b> Evaluación de la viabilidad de las semillas por los métodos de corte, lija y golpe. ....	36
<b>Fotografía 21.</b> Vigor de las semillas de ponciana. ....	50

## INDICE DE ANEXOS

	Pág.
<b>Anexo 1.</b> Registro de temperaturas del ambiente en condiciones de vivero durante el inicio de la siembra hasta las evaluaciones de los tratamientos y sus repeticiones en las semillas de ponciana ( <i>Delonix regia</i> ).....	60
<b>Anexo 2.</b> Registro de temperaturas y humedad del ambiente durante el mes de Marzo de la Estación de Huasacache.....	61
<b>Anexo 3.</b> Registro de temperaturas y humedad del ambiente fuera durante el mes de Abril de la Estación de Huasacache. ....	62
<b>Anexo 4.</b> Registro de temperaturas de las bandejas en condiciones de vivero durante el inicio de la siembra hasta las evaluaciones de los tratamientos y sus repeticiones en las semillas de ponciana ( <i>Delonix regia</i> ).....	63
<b>Anexo 5.</b> Análisis de agua del Fundo La Banda Huasacache. ....	64
<b>Anexo 6.</b> Semillas germinadas de Ponciana de plantas normales (Evaluación 02) (28 dds) en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana ( <i>Delonix regia</i> )”. 2019. ....	65
<b>Anexo 7.</b> Semillas germinadas de Ponciana de plantas anormales (Evaluación 02) (28 dds) en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana ( <i>Delonix regia</i> )”. 2019.....	65
<b>Anexo 8.</b> Semillas germinadas de Ponciana de semillas duras (Evaluación 02) (28 dds) en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana ( <i>Delonix regia</i> )”. 2019. ....	65
<b>Anexo 9.</b> Semillas germinadas de Ponciana de semillas muertas (Evaluación 02) (28 dds) en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana ( <i>Delonix regia</i> )”. 2019. ....	66

<b>Anexo 10.</b> Semillas germinadas de Ponciana de plantas normales expresado en porcentaje (%). (Evaluación 02) (28 dds) en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana ( <i>Delonix regia</i> )”. 2019.....	66
<b>Anexo 11.</b> Semillas de plantas anormales de Ponciana expresadas en porcentaje (%) (Evaluación 02) (28 dds) en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana ( <i>Delonix regia</i> )”. 2019.....	66
<b>Anexo 12.</b> Semillas duras de plantas de Ponciana expresadas en porcentaje (%) (Evaluación 02) (28 dds) en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana ( <i>Delonix regia</i> )”. 2019.....	67
<b>Anexo 13.</b> Semillas muertas de plantas de Ponciana expresadas en porcentaje (%) (Evaluación 02) (28 dds) en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana ( <i>Delonix regia</i> )”. 2019.....	67

## CAPITULO I

### 1. REVISION DE LITERATURA

#### 1.1. CULTIVO DE PONCIANA

##### 1.1.1. ORIGEN DE LA PONCIANA

La ponciana es originario de Madagascar, sin embargo, sus cualidades no han pasado desapercibidas para quienes se encargaron de difundir su cultivo alrededor de todo el mundo.

Según Aburrá (2014) *Delonix*, nombre genérico que proviene de las palabras griegas, que significa evidente, y ónix, garra, refiriéndose a los pétalos; regia, epíteto latino que significa regia, real.

Según EcuRed (2018) el flamboyán o framboyán (del francés flamboyant), cuyo nombre científico es *Delonix regia*, es un árbol de gran tamaño, y su flor es la flor nacional de Haití. Esta planta muy apreciada en jardinería por su espectacular floración de color rojo intenso ha sido difundida por jardines de los trópicos y zonas subtropicales de todo el mundo. Sus flores de color rojo intenso, colgantes sobre pedúnculo de 5 a 7 cm de longitud.

Es una maravilla de la naturaleza, tanto por su excelente sombra como por su carácter ornamental. El comienzo de la primavera es un momento muy especial para apreciar la belleza inigualable del flamboyán, porque es el momento en que comienzan a brotar sus primeras flores, en un período que durará hasta la llegada del otoño.

##### 1.1.2. CLASIFICACION TAXONÓMICA

La *Delonix regia*, fue descrita por el botánico Wenceslas Bojer y William Jackson Hook se tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnolipsida

Orden: Fabales

Familia: Rosidae

Subfamilia: Caesalpinioideae

Tribu: Caesalpinieae

Género: Delonix

Especie: *Delonix regia* (Bojer ex Hook) Raf.

### 1.1.3 DISTRIBUCION Y HABITAT

Según Bustinza Rodriguez (2016) la especie ponciana tiene una distribución muy amplia, se distribuye en Cuba, América Central (Guatemala, Costa Rica, Belice, Panamá, México), Sudamérica (Venezuela, Guyana Francesa), Antillas mayores (Jamaica), Antillas menores (Antigua, Barbados, Barbuda, Dominica, Guadalupe, islas holandesas de Sotavento, San Vicente), Bahamas, África, Madagascar.

Ampliamente cultivada y naturalizada en Cuba como en la mayoría de las regiones tropicales, donde se introdujo como ornamental. La ponciana requiere de clima tropical para sobrevivir, aunque pueden tolerar sequía y salinidad.

Están extendidos en las costas peruanas en Ica por el sur y en Lima es usado como un árbol ornamental hasta el norte como Trujillo, Chiclayo, también se ha naturalizado en muchos lugares de Australia, y se considera una especie invasora, porque su densa y amplia sombra impide el crecimiento de otras especies vegetales alrededor de éste.

Es sensible a las heladas en las etapas juveniles, mientras que los ejemplares adultos soportan heladas moderadas, aunque sufren ocasionalmente de mortandad de ramas. Se adapta a una gran variedad de suelos y condiciones climáticas. Puede crecer en las partes más secas y en todas otras áreas, a excepción de las extremadamente húmedas (hasta una precipitación de 3500 mm por año). Puede ser que los suelos pobremente drenados y los subsuelos más pobres y expuestos no sostengan a esta especie.

## 1.1.4. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

### 1.1.4.1. Hábito de crecimiento

Según Sánchez de Lorenzo (1995) árbol caducifolio de 6-8 metros de altura, con la copa notablemente aparasolada y el tronco algo torcido con la corteza gris, algo áspera.

### 1.1.4.2. Raíces

Árbol de sistema radicular agresivo, por lo que debe tener suficiente espacio para expandir sus raíces.

### 1.1.4.3. Tallos

Tronco blando que secreta una resina gomosa de crecimiento rápido.

### 1.1.4.4. Hojas

Hojas bipinnadas de 20-40 cm de longitud, con 10-15 pares de pinnas, cada una de las cuales tiene 12-20 pares de folíolos oblongos, de ápice y base redonda, sésiles, ligeramente tomentosos, de color verde, con el envés más claro. Presentan un comportamiento caducifolio.

### 1.1.4.5. Flor

Las flores, que son de color rojo, aparecen cuando el árbol carece de hojas, y se disponen en racimos laterales. Cada flor mide 10-12 cm de diámetro y tienen el cáliz con 5 sépalos hirsutos, la corola con 5 pétalos desiguales y el androceo con 10 estambres largos, delgados, de color rojo. Florece de mayo hasta junio.

### 1.1.4.6. Fruto

Legumbre muy coriácea, de 40-50 cm de longitud, plana, de color castaño en la madurez. Los frutos permanecen colgando en el árbol durante todo un año. La época de fructificación es de octubre a noviembre.

#### 1.1.4.7. Semilla

Oblongas, moteadas de color castaño de 2 cm. de largo y 0.5 de ancho.

#### 1.1.5. DESARROLLO DEL CULTIVO

Según Rivera Ocasio (2011) la ponciana provee un florecimiento completo y crece mejor cuando se cultiva a pleno sol. Requiere un buen riego hasta que se establece. En sequías severas la grama no crece bien debajo del árbol. Es decir, posee características alelopáticas.

Las podas son requeridas al principio del crecimiento para fomentar el desarrollo de ramas fuertemente agarradas al tronco. Esto ayudará a compensar la debilidad de la madera. Para mantener un espacio adecuado debajo del árbol, elimine las ramas principales que comienzan luego de 8 a 12 pies del suelo.

Según Aguilera R (2001) para el manejo de la ponciana tiene los siguientes requerimientos:

- a. **Obtención y manejo de la semilla:** Las semillas a utilizar deben provenir de individuos sanos (libres de plagas y enfermedades), vigoroso, y con buena producción de frutos. Con esto se pretende asegurar que las plantas obtenidas de esas semillas hereden las características de los parentales. La semilla permanece en el árbol por más de un año.
- b. **Fuente de semilla:** Se recolecta en toda su área de distribución.
- c. **Periodo de recolección:** Las vainas se recolecta durante los meses de octubre a marzo. En virtud de que las vainas permanecen en el árbol durante bastante tiempo este lapso puede ser ampliado. La semilla permanece con dormancia (latencia) en la estación seca.
- d. **Recolección:** La recolección más común consiste en cosechar manualmente la vaina madura en árboles que han sido seleccionados individualmente por estar bien conformados, con abundante floración, libres de plagas y de rápido crecimiento.

- e. **Obtención de las semillas de los frutos:** Las semillas se pueden separar de las vainas en forma mecánica o manualmente con golpes de vara, auxiliada por cribas (arneros) de diferentes medidas.
- f. **Propagación:** Se propaga por semillas. Desde la propagación hasta la florecida puede tomar 12 años o más, pero la mayoría florece a los 5.
- g. **Método de siembra:** Las semillas se siembran en germinadores o almácigos, o en siembra directa y en bolsa. Se siembra en el almácigo o en la caja, a 1-2 cm de profundidad. Es aconsejable utilizar materiales que carezcan de impurezas y que contengan características que les permitan conservar buena humedad, temperatura y aereación, en general de textura ligera. Es posible utilizar arena de río, vermiculita, agrolita, perlita, turba de musgo o tezontle.
- h. **Características del sustrato:** Las mezclas usadas para el almácigo, deben presentar buena porosidad. El sustrato de los envases debe presentar consistencia adecuada para mantener la semilla en su sitio, el volumen no debe variar drásticamente con los cambios de humedad, textura media para asegurar un drenaje adecuado y buena capacidad de retención de humedad. Fertilidad adecuada, libre de sales y materia orgánica no mineralizada. Cuando el sustrato es inerte una mezcla 55:35:10 de turba, vermiculita y perlita o agrolita, es adecuada para obtener buenas condiciones de drenaje.

### 1.1.6. FACTORES AMBIENTALES DEL CULTIVO

Según Rivera Ocasio (2011) el cultivo de ponciana requiere de climas cálidos, bastante humedad en el suelo, crecimiento a pleno sol con temperaturas de 10 – 35°C, alta tolerancia a sequía, baja tolerancia a salinidad y tolera la variedad de suelos bien drenados.

## 1.2. GERMINACIÓN DE SEMILLAS

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

### 1.2.1. PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

El porcentaje de germinación reportado en el Certificado ISTA indica la proporción en número de semillas que han producido plántulas clasificadas como normales en las condiciones y dentro del período establecido.

#### 1.2.1.1. PLANTULAS NORMALES

Las plántulas normales muestran potencial de desarrollo continuo en plantas satisfactorias cuando se cultivan en tierra de buena calidad y en condiciones favorables de humedad, temperatura y luz. Para ser clasificada como normal una plántula debe cumplir con una de las siguientes categorías:

- a. **Plántulas intactas:** plántulas con todas sus estructuras esenciales bien desarrolladas, completas, en proporción y con buena salud.
- b. **Plántulas con defectos leves:** plántulas que muestran ciertos defectos leves de sus estructuras esenciales, siempre que muestren un desarrollo satisfactorio y equilibrado de otro modo comparable al de las plántulas intactas de la misma prueba.
- c. **Plántulas con infección secundaria:** plántulas que es evidente habrían conformado con uno de los anteriores, pero que se han visto afectados por hongos o bacterias procedentes de fuentes distintas de la semilla madre.

#### 1.2.1.2. PLANTULAS ANORMALES

Plántulas anormales no muestran el potencial de convertirse en una planta normal cuando se cultivan en tierra de buena calidad y en condiciones favorables de humedad, temperatura y luz. Las siguientes plantas se clasifican como anormales:

- a. **Dañadas:** plántulas con cualquiera de las estructuras esenciales que faltan o tan mal e irreparablemente dañadas que no se puede esperar un desarrollo equilibrado.

- b. **Deformadas o desequilibradas:** plántulas con desarrollo débil o alteraciones fisiológicas o en las que las estructuras esenciales se deforman o están fuera de proporción.
- c. **Deterioradas:** plántulas con cualquiera de sus estructuras esenciales tan enfermas o deterioradas como resultado de una infección primaria que impiden el desarrollo normal.

### 1.2.2. SEMILLAS NO GERMINADAS

Cuando se ensaya en las condiciones dadas, las semillas que no han germinado por el final del periodo de análisis, se clasifican como sigue:

- a. **Semillas duras:** las semillas que se mantienen duras al final del período de análisis, porque no han absorbido el agua.
- b. **Semillas frescas:** las semillas, excepto las semillas duras, que debido a la inactividad no han podido germinar en las condiciones del análisis de germinación, pero permanecen limpias y firmes y tienen el potencial de convertirse en una de las plántulas normales.
- c. **Semillas muertas:** las semillas, que al final del período de análisis no son ni duras ni frescas ni han producido cualquier parte de una plántula.

### 1.2.3. SUSTRATO DE CULTIVO

Los medios de cultivo utilizados para los análisis de germinación son productos que proporcionan suficiente espacio de poros para aire y agua, para el crecimiento del sistema radicular y para el contacto con soluciones (agua) necesarias para el crecimiento de la planta.

#### 1.2.3.1. CARACTERÍSTICAS DEL SUSTRATO

- a. **Arena:** Al menos el 90 % de las partículas deben pasar a través de un tamiz con orificios o mallas de 2,0 mm de ancho. Si las características del tamaño de la partícula propuesta por el proveedor están de acuerdo con estas especificaciones a

continuación, el laboratorio no tiene que llevar a cabo un control de calidad del tamaño de las partículas de arena. En ausencia de la hoja de especificaciones del proveedor, el laboratorio debe comprobar el tamaño de las partículas para cada lote de arena recibido.

**b. Agua:** Se utiliza comúnmente y permite agua desmineralizada, agua desionizada, agua de grifo y agua de manantial.

- **Limpieza:** el agua usada para humedecer el sustrato debe estar razonablemente libre de impurezas orgánicas o inorgánicas.
- **PH:** debe estar dentro del rango de 6,0 a 7,5 en caso de control del sustrato, a menos que haya evidencia de que el pH fuera de este rango no tiene una influencia negativa en los resultados de los análisis de germinación.

#### 1.2.4. EVALUACIÓN

Para la evaluación, las estructuras esenciales deben desarrollarse lo suficiente como para permitir la detección de cualquier anomalía.

**Plántulas:** Las plántulas que han alcanzado una etapa en que todas las estructuras esenciales se puedan evaluar con precisión deben ser removidas del análisis en el primer y cualesquiera otros conteos intermedios. Se deben eliminar las plántulas deterioradas con el fin de reducir el riesgo de infección secundaria, pero plántulas dudosas con otros defectos se deben dejar en el sustrato hasta el recuento final, a menos que sea obvio que nunca se convertirán en plántulas normales.

**Semillas duras:** Al final de un ensayo de germinación, las semillas duras serán contadas y reportadas como tales en el ISTA.

**Semillas frescas:** Cuando un 5 % o más de las semillas frescas se cree esté presente, su potencial para germinar debe ser determinado mediante disección o tetrazolio. Aquellas determinadas para tener el potencial para germinar son reportadas como frescas. Aquellas que se ha decidido no tener el potencial para germinar son reportadas como muertas.

**Semillas muertas:** Obviamente semillas muertas (blandas, mohosas) son contadas y reportadas como tales en el ISTA. Si se puede observar que una

semilla ha producido cualquier parte de una plántula (por ejemplo, la punta de la raíz primaria) aunque deteriorada en el momento de la evaluación, se cuenta como plántula anormal y no como semilla muerta.

### **1.2.5. CALCULO Y EXPRESION DE RESULTADOS**

El resultado del análisis de germinación se expresa como porcentajes en número de plántulas normales y anormales y semillas duras, frescas y muertas. Los porcentajes se redondean al número entero más próximo. La suma de los porcentajes de plántulas normales y anormales y semillas duras, frescas y muertas debe ser 100.

### **1.3. ESCARIFICACION DE SEMILLAS**

Según Quiroz Marchant, García Rivas, Gonzales Ortega, Chung guin-Po, & Doto Guevara (2009) este tratamiento se utiliza para eliminar la latencia provocada por la testa o dureza de la cubierta de la semilla, y consiste en el adelgazamiento o abertura de la cubierta externa mediante abrasión para hacerla permeable, sin dañar el embrión ni endosperma en su interior. Si se emplea un método físico se denomina escarificación mecánica y en caso de utilizar algún compuesto o sustancia química, escarificación química.

Según Maldonado Arciniegas (2015) los procesos de germinación están influenciados por factores interno y externos. Dentro de los factores internos están la viabilidad del embrión, la cantidad y calidad del tejido de reserva y los diferentes tipos de dormancia. Los factores externos son el grosor de la testa, disponibilidad de agua, temperatura y tipos de luz. Durante el proceso de germinación las reservas de nutrientes principalmente almidón y cuerpos proteicos son convertidas en compuestos básicos y aminoácidos para suplir el crecimiento y la elongación del embrión.

La capacidad de retrasar el proceso de germinación hasta que las condiciones ambientales sean ideales, que permitan los mecanismos de sobrevivencia de las plántulas, es conocida como dormancia. La ponciana presenta una dormancia por cubierta de la semilla y con un embrión viable.

Según Varela & Arana (2011) existen cinco tipos de dormancia:

a) Latencia por la cubierta de las semillas o exógena:

- Latencia física: Característica de un gran número de especies de plantas, en las cuales la cubierta seminal o secciones endurecidas de otras cubiertas de la semilla son impermeables. El embrión está encerrado dentro de una cubierta impermeable que puede preservar las semillas con bajo contenido de humedad durante varios años, aún con temperaturas elevadas.
- Latencia mecánica. En esta categoría las cubiertas de las semillas son demasiadas duras para permitir que el embrión se expanda durante la germinación. Probablemente este factor no es la única causa de latencia, ya en la mayoría de los casos se combina con otros tipos para retardar la germinación.
- Latencia química. Corresponde a la producción y acumulación de sustancias químicas que inhiben la germinación, ya sea en el fruto o en las cubiertas de las semillas.

b) Latencia morfológica o endógena: Se presenta en aquellas familias de plantas, cuyas semillas, de manera característica en el embrión, no se han desarrollado por completo en la época de maduración. Como regla general, el crecimiento del embrión es favorecido por temperaturas cálidas, pero la respuesta puede ser complicada por la presencia de otros mecanismos de letargo. Dentro de esta categoría hay dos grupos:

- Embriones rudimentarios. Se presenta en semillas cuyo embrión es apenas algo más que un proembrión embebido en un endosperma, al momento de la maduración del fruto. También en el endosperma existen inhibidores químicos de la germinación, que se vuelven en particular activos con altas temperaturas.
- Embriones no desarrollados. Algunas semillas, en la madurez del fruto tienen embriones poco desarrollados, con forma de torpedos, que pueden alcanzar un tamaño de hasta la mitad de la cavidad de la semilla. El

crecimiento posterior del embrión se efectúa antes de la germinación.

- c) Latencia Interna: en muchas especies la latencia es controlada internamente en el interior de los tejidos. En el control interno de la germinación están implicados dos fenómenos separados. El primero es el control ejercido por la semipermeabilidad de las cubiertas de las semillas, y el segundo es un letargo presente en el embrión que se supera con exposición a enfriamiento en húmedo.
- Fisiológica. Corresponde a aquella en que la germinación es impedida por un mecanismo fisiológico inhibidor.
  - Interno intermedio. Esta latencia es inducida principalmente por las cubiertas de las semillas y los tejidos de almacenamiento circundante. Este es característico de las coníferas.
  - Del embrión. Se caracteriza principalmente porque para llegar a la germinación se requiere un período de enfriamiento en húmedo y por la incapacidad del embrión separado de germinar con normalidad.
- d) Latencia combinada morfofisiológica: Consiste en la combinación de subdesarrollo del embrión con mecanismos fisiológicos inhibidores fuerte.
- e) Latencia combinada exógena – endógena: Se denomina así a las diversas combinaciones de latencia de la cubierta o el pericarpio con latencia fisiológica endógena.

La Fabaceae presenta problemas de permeabilidad del agua. El efecto de la testa puede ser mecánico o químico debido a la presencia de inhibidores fenólicos, impidiendo el flujo necesario de agua y oxígeno para la germinación.

### **1.3.1. IMPORTANCIA DE LA ESCARIFICACIÓN**

Según Wagner Laclette (2013) la escarificación es un proceso natural importante para la germinación de muchos tipos de semillas. Este proceso está relacionado con la modificación del recubrimiento natural de la semilla, por medio de métodos mecánicos, térmicos o microbianos. A pesar de que este proceso ocurre naturalmente sin necesidad de ningún tipo de

intervención, el hombre ha desarrollado técnicas para emular el proceso natural para algunas semillas utilizadas en los cultivos. Que en la escarificación se usan sistemas muy simples como limado, rotura del tegumento, etc., tratando de realizar con todo cuidado, a fin de no disminuir la capacidad germinativa.

### 1.3.2. TIPOS DE ESCARIFICACIÓN

Según Manotoa Chicaiza (2012):

- a. **Escarificación química:** Se lleva a cabo utilizando productos químicos. Este tipo de escarificación, además de debilitar la capa externa de las semillas, la libra de posibles plagas o impurezas que podrían estar pegadas en la misma. 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 la piel. Por todo ello, se debe llevar una ropa adecuada y una protección eficaz para la cara y las manos.
- b. **Escarificación mecánica:** El objeto de la escarificación mecánica es modificar las cubiertas duras e impermeables de las semillas, aunque es probable que durante la cosecha, extracción y limpiado de las semillas se efectuó cierta escarificación; en la mayoría de las semillas de cubierta dura la germinación se mejora con un tratamiento artificial adicional. La remoción de las cubiertas de las semillas permite la germinación del embrión.

### 1.3.3. TIPOS DE ÁCIDOS

- a. **Ácido Sulfúrico:** Según Sanabria V. D., Silva Acuña, Oliveros, & Renny (2001) las semillas son colocadas en vasos precipitados agregando ácido sulfúrico concentrado al 98% para que queden cubiertas, luego se separan del ácido y son lavadas con agua destilada.
- b. **Ácido Clorhídrico:** Según Digfineart (2018) este ácido es capaz de degradar cubiertas de las semillas duras. Una vez que la cubierta de la semilla se ha suavizado, y la semilla ha sido depositado en una zona húmeda y fértil, la semilla germinará.

c. **Ácido Nítrico:** Según Laparra (1986) es un líquido incoloro, humeante en aire saturado, muy cáustico y corrosivo, de olor característico muy irritante. Para el uso en la germinación se debe de usar con una concentración de 25%.

## 1.4. VIGOR DE LA SEMILLA

### 1.4.1 VIGOR

Según Manfrini (2004) Vigor de la semilla no es una sola propiedad medible, sino que es un concepto que describe diversas características que determinan su nivel de actividad y el comportamiento en un amplio rango de ambientes. Esas características están asociadas a los siguientes aspectos del comportamiento de los lotes de semillas:

- a. Velocidad y uniformidad de germinación y crecimiento de plántulas.
- b. Capacidad de emergencia bajo condiciones ambientales desfavorables.
- c. Comportamiento después del almacenamiento, especialmente la habilidad de mantener la capacidad de germinación.

Un lote de semillas vigoroso es aquel cuyo comportamiento potencial es dable esperar sea bueno aún bajo condiciones ambientales sub-óptimas para la especie. Las pérdidas de vigor están relacionadas con la reducción de la habilidad que tienen las semillas para llevar a cabo todas las funciones fisiológicas que les permiten germinar y emerger.

Este proceso denominado envejecimiento fisiológico o deterioro de las semillas se inicia inmediatamente después de la madurez fisiológica y prosigue mientras las semillas permanecen en la planta antes de la cosecha, durante la misma, en el procesamiento y almacenamiento.

### 1.4.2. ANÁLISIS DE TETRAZOLIO

Según Ruiz (2009) El análisis de viabilidad por tetrazolio se presenta como una herramienta útil para estimar rápidamente la capacidad germinativa y con dormición poscosecha. En los programas de control de calidad su uso contribuye permitiendo agilizar decisiones de compra, venta, beneficio,

almacenamiento o descarte de semillas. La velocidad de reducción del tetrazolio es afectada por diversos factores, entre ellos: la concentración de la solución, la temperatura, la duración del precondicionamiento y la tinción, la presión atmosférica y el nivel de deterioro de las semillas.

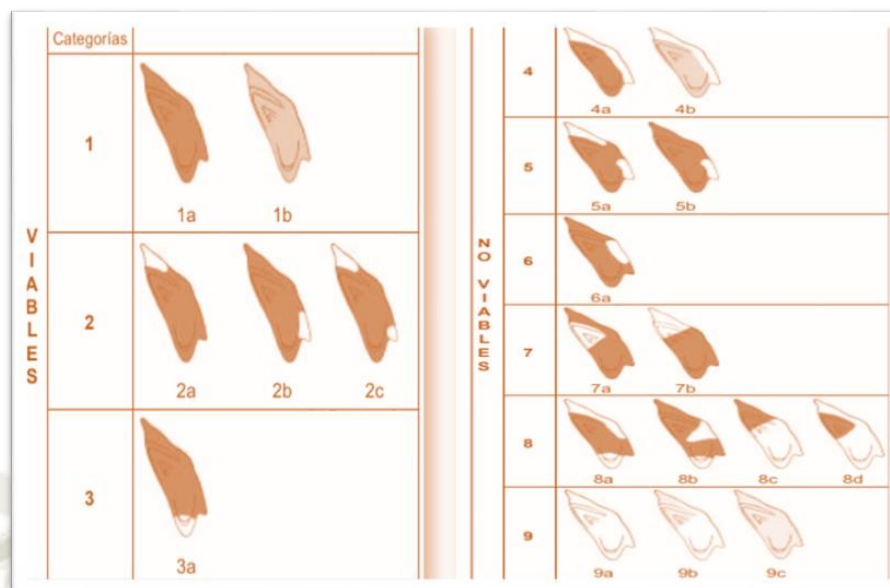
Para la clasificación de una semilla como viable, se tuvieron en cuenta los antecedentes de ISTA (2016) con respecto a la tolerancia de 1/3 o menos de la radícula no viable. Se toleró como máximo, 1/3 del extremo superior o inferior del escutelo no viables. En general se observaron las coloraciones: rojo carmín o rosa intenso (viable), blanco o blanco amarillento (no viable), y rosa pálido amarillento (no viable).

**Figura 1.** Criterios para la evaluación de semillas mediante el análisis de tetrazolio (Semillas VIABLES y NO VIABLES).

Categorías	Embrión	Escutelo
1	Completamente teñido de color rojo carmín (a) o rosado intenso (b)	Completamente teñido de color rojo carmín (a) o rosado intenso (b)
2	Completamente teñido	1/3 o menos del extremo superior (a) y/o inferior (b y c) del escutelo sin teñir
3	Coleorriza y 1/3 o menos de la radícula sin teñir (a)	Completamente teñido
4	Completamente teñido de color rojo carmín (a) o rosado mas o menos intenso (b)	Completamente sin teñir (blanco o blanco amarillento) (a y b)
5	Completamente teñido (a y b)	Mas de 1/3 superior y/o inferior sin teñir (a y b)
6	Completamente teñido	Parte central del escutelo sin teñir
7	Plúmula sin teñir en su totalidad (a), o en el extremo superior (b)	Completamente teñido (a), teñido en partes (b), o completamente sin teñir
8	Radícula completamente (c y d) o más de 1/3 sin teñir (a y b)	Completamente telido, teñido en partes (a,b y c), o completamente sin teñir (d)
9	Sin teñir en su totalidad (a), o de color rosa muy pálido amarillento (b y c)	Completamente teñido de color rosa pálido (c), teñido en partes (b), o completamente sin teñir (a)
10	Inmaduro (pequeño y no se distinguen bien sus partes constituyentes), sin teñir	Sin teñir
11	Ausente	Ausente (la semilla sólo posee endosperma)

Fuente: Normas Internacionales ISTA.

**Figura 2.** Categorías 1,2,3 de las semillas viables; 4,5,6,7,8 de las semillas no viables.



Fuente: Normas Internacionales ISTA.

Pasos para la evaluación:

1. Un analista de viabilidad seguramente podrá distinguir a primera vista aquellos embriones que se encuentran en perfecto estado de aquellos que manifiestan un deterioro completo, logrando así conformar dos primeras categorías de semillas: Viables Sin Defectos y No Viables.

2. A continuación, entre las viables con defectos, se reconocen lesiones del embrión que constituyen un límite crítico al concepto de viabilidad, y se clasifican como Viables con Defectos Severos, y Viables con Defectos Leves. Es así que con esta forma de operación se conforma el análisis completo del lote y se determina el valor de Viabilidad por Tetrazolio y por otra parte, el método de registro permite realizar una clasificación de tal manera de poder asimilar las clases de viabilidad a parámetros de clase en el atributo de Vigor.

La proporción de semillas clasificadas como Viables Sin Defectos, Viables Defectos Leves y Viables Defectos Severos definirán las categorías de Vigor Alto, Medio y Bajo respectivamente. El método permite también realizar una

identificación de estructuras embrionarias con lesiones, de gran utilidad no solo para análisis de rutina sino también en investigación. Esto constituye un elemento de gran importancia cuando intentamos ver la historia del lote de semillas en aspectos ligados no solo a la producción de campo sino también al manejo en la poscosecha (daños de secado, envejecimiento en silo, daños por insectos, etc.).

### 1.5. TRABAJOS DE INVESTIGACION REALIZADOS

#### **OROZCO CARDONO, FRANCO HERRERA, & TABORDA BELTRÁN (2010).**

Para la investigación se tomaron 20 semillas por cada tratamiento, siendo 10 de ellas la réplica (200 semillas en total). Una vez aplicados los respectivos tratamientos en cada uno de los métodos evaluados, las semillas fueron puestas en recipientes plásticos con tierra y llevadas posteriormente al invernadero de la Universidad del Quindío. Después de un mes se tomaron datos de porcentajes de semillas germinadas, no germinadas y muertas, según los métodos empleados, el químico mostró mejores resultados, y dentro de los tratamientos el más eficaz fue el de  $SO_4H_2$ .

**BELLOSO & MAZARIEGO (2013).** Consistía en evaluar cinco sustratos y tres métodos de escarificación, en el proceso de germinación de semillas en cuatro especies forestales: Flor de fuego (*Delonix regia*), Mangium (*Acacia mangium*), Memble (*Poeppigia procera*), Conacaste (*Enterolobium cyclocarpum*).

Para la investigación se utilizaron los siguientes materiales: 9 cajas de madera, tamices, arena, tierra negra, materia orgánica, bambú y 1650 semillas por cada especie mediante los factores de estudio: los Sustratos (S) y Métodos de escarificación (M) y para el análisis de los datos se aplicó, el arreglo de parcelas divididas, bajo un diseño simple de bloques completamente al azar 3X5, con tres repeticiones; quedando los tratamientos de la siguiente manera: T1= s1m1, s1m2, s1m3, s1m4; T2 = s2m1, s2m2, s2m3, s2m4; T3= s3m1, s3m2, s3m3, s3m4; T4= s4m1, s4m2, s4m3, s4m4 y T5= s5m1, s5m2, s5m3, s5m4, s5m5 (ej. método físico); midiéndose en ellas únicamente la variable respuesta: porcentaje de Germinación.

Luego que las semillas iniciaron su germinación de tres a cuatro días después de la siembra, el análisis de varianza mostró diferencia significativa, se aplicó la prueba estadística Diferencia Mínima Significativa (DMS); con un nivel de confianza de 5% de probabilidad. Para la especie flor de fuego, el método mecánico, presentó mejor efecto sobre la variable, con un 100% de germinación. En los sustratos, la arena al 100%, produjo mejor efecto en las especies mangle y conacastes; con medias iguales a 36.33% y 54.00 % respectivamente, y en la especie mangium la combinación que obtuvo mejor resultado fue el método físico, con la técnica agua a 80°C/30 segundos con un 51.4% de germinación.

**VILELA, J.** (2015). Estudió el efecto de 7 tratamientos pre-germinativos, aplicados a la semilla del algarrobo (*Prosopis pallida*) los cuales fueron: agua fría por 24 horas (T1), agua fría por 48 horas (T2), agua hervida por 5 minutos (T3), escarificación (T4), ácido sulfúrico por 2 minutos (T5), ácido sulfúrico por 5 minutos (T6) y TO, que correspondió al testigo.

El ensayo experimental de la investigación empezó el día 05 de marzo, con la preparación del sustrato y culminó el día 15 de mayo del mismo año, con la última evaluación de altura de planta; usando el diseño experimental completamente al azar (CA), con 3 repeticiones, estando constituida la unidad experimental, por una parcelita de 0.25 m. de ancho por 0.35 m. de largo, evaluándose 5 plantas por parcelita, para determinar los siguientes parámetros: número de días para el inicio de la germinación, porcentaje de germinación, y altura de planta, determinado cada 15 días.

El análisis estadístico comprende análisis de varianza (ANVA) y prueba comparativa de DUNCAN al 5 % de significación cuyos resultados obtenidos fueron que, el tratamiento de escarificación (T4), logró el mayor porcentaje de germinación (100%), equivalente a 20 semillas germinadas, iniciándose la germinación el quinto día después de la siembra. Los tratamientos pre-germinativos tuvieron un comportamiento altamente significativo en los parámetros: inicio de germinación de la semilla, expresado en días, y porcentaje de germinación; los tratamientos aplicados no influyeron significativamente sobre el parámetro de altura de planta, expresada en centímetros y determinada cada 15 días; se recomienda usar la escarificación, para obtener un mayor porcentaje de germinación y emplear semilla cosechada, que haya sido almacenada rápidamente.

Esta investigación permite encontrar el tiempo adecuado que la semilla debe remojar en el ácido sulfúrico.

**VARGAS, J.** (1986), señala que la Tara (*Caesalpinia spinosa*) por tener de semillas de testa gruesa, generalmente se recomienda practicarles la escarificación, la cual consiste en romper la cubierta seminal, de esta manera se permite una absorción rápida y efectiva del agua, facilitando la posterior germinación de la semilla. Para esto hay varias técnicas de escarificación. La mecánica consiste en esmerilar cada semilla en el extremo más ancho.

**CASTRO, J.** (2007), llevó a cabo un experimento en la Agencia de Servicios de Aserri, Ministerio de Agricultura y Ganadería (Costa Rica), evaluó el porcentaje de germinación de semilla esmerilada vs. Semilla sin esmerilar. El proceso de germinación aligeró la germinación con respecto a la semilla sin esmerilar, además de que el porcentaje de germinación fue superior. Los resultados fueron los siguientes:

TIPO DE SEMILLA	5 días	10 días	15 días	20 días	25 días
<b>Esmerilada</b>	0%	33.3%	52.8%	86.1%	91.7%
<b>Sin esmerilar</b>	0%	19.3%	28.5%	48.1%	54.7%

**LINARES, et al.**, (2012). En un trabajo sobre Procedimiento para la escarificación de semillas de tara, indican que la invención describe un método para la escarificación de semillas de "tara" (*Caesalpinia spinosa*) con la finalidad de mejorar el potencial de germinación de las semillas. El método combina dos técnicas de escarificación física, la abrasión por lijado y el calentamiento con agua caliente, con lo cual se logra un elevado índice de germinación.

## CAPITULO II

### 2. MATERIALES Y METODOS

#### 2.1. UBICACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Semillas y Vivero del Fundo “La Banda” Huasacache de la Universidad Católica de Santa María, Distrito de J.D. Hunter, Provincia y Región Arequipa.

##### a. UBICACIÓN POLÍTICA:

- Departamento : Arequipa
- Provincia : Arequipa
- Distrito : Jacobo Hunter, P.T. Huasacache

##### b. UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

- Latitud :  $16^{\circ}27'28.42''$ sur
- Longitud :  $71^{\circ}33'59.13''$ oeste
- Altitud : 2209 msnm

**Figura 3.** Ubicación geográfica del área experimental.



## 2.2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.2.1. MATERIALES

#### a. Materiales de campo:

- Lija N° 100
- Prensa
- Alicata de corte
- Arena de río
- Manguera
- Letreros de identificación
- Termómetro de temperaturas máximas y mínimas
- Termómetro para medir temperatura del suelo

#### b. Materiales de laboratorio:

- Vasos precipitados de 1000 ml
- Guantes para ácidos
- Lentes de seguridad
- Mandil
- Tapaboca
- Pinza
- Parafilm
- Agua destilada
- Ácido sulfúrico - 1 litro
- Ácido nítrico – 1 litro
- Ácido clorhídrico – 1 litro
- Cloruro de 2,3,5-trifeniltretazolio
- Cintas para medir ph de agua
- Refrigeradora
- Bandejas transparentes
- Bandejas de Tecnopor
- Bandejas de aluminio
- Colador de metal
- Placas Petri

- Gotero
- Papel toalla
- Balanza
- Estufa

**c. Materiales biológicos:**

- Semillas de ponciana

**d. Materiales de escritorio:**

- Libreta de apuntes
- Papel craf
- Cinta adhesiva
- Útiles de escritorio: lápices, lapiceros, regla, cinta métrica.

**e. Otros materiales:**

- Cámara fotográfica
- Franela roja
- Bolsas herméticas
- Cuchillo
- Balde de plástico
- Paletas de madera
- Sacos
- Mesas
- Cabeza de ducha

**2.2.2. METODOLOGÍA**

**2.2.2.1. Metodología de campo**

**2.2.2.1.1. Recolección de semillas**

Se recolecto del Valle de Majes, se escogió las vainas de color marrón, se colocó las vainas en un tacho de plástico, para la obtención de la semilla se uso un cuchillo con el que se abre con cuidado las vainas, se coloca las semillas en un depósito de plástico.

**Fotografía 1.** Recolección de semillas de ponciana.



#### **2.2.2.2. Metodología de Laboratorio**

##### **2.2.2.2.1. Esterilización del sustrato**

Se procedió a colocar arena fina y gruesa en cada bandeja de aluminio hasta que estén llenas, luego estas se llevaron a la estufa a una temperatura de 100 °C en un tiempo de 3 horas. Una vez pasado el tiempo se saca las bandejas con cuidado y se coloca en bolsas para que la arena no se contamine, este procedimiento se realiza hasta obtener 7 de 50 kg de arena.

**Fotografía 2.** Esterilización del sustrato a usarse para la siembra.



#### 2.2.2.2.2. Selección de semillas

Se inició separando las semillas de ponciana según la forma y que no presenten daño, estas se fueron colocando en una bolsa. Luego se puso en 7 bolsas herméticas 800 semillas por cada tratamiento.

**Fotografía 3.** Selección de semillas, separación de semillas dañadas y semillas de tamaño uniforme separándolas en cantidades de 800 en bolsas herméticas.



### 2.2.2.2.3. Escarificación Química

Se usó ácido sulfúrico con una concentración de 98%, ácido clorhídrico con una concentración de 37% y ácido nítrico con una concentración de 65%. Para el manejo de los ácidos se usó guantes, tapaboca y lentes; se inició limpiando con alcohol la cámara. Para cada tratamiento con ácido se colocó 800 semillas de ponciana en un vaso precipitado de 1000 ml y se echó el ácido hasta que cubra por completo las semillas, se movió con una paleta de madera para una mayor absorción y se dejó en remojo durante 30 minutos. Después de transcurrido el tiempo se procede a colocar las semillas en un colador de metal, usando agua destilada para lavarlo tres veces y finalmente se pone en el vaso precipitado limpio cubriéndolo con papel film para que no se contamine.

**Fotografía 4.** Procedimiento de la escarificación química en las semillas de ponciana por un tiempo de 30 minutos usando ácidos en su alta concentración.

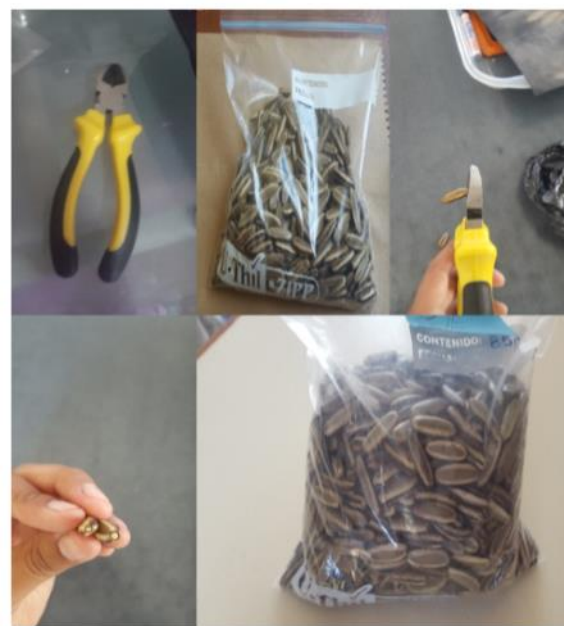


#### 2.2.2.2.4. Escarificación mecánica

##### 2.2.2.2.4.1. Corte

Se inició con la desinfección del alicate de corte con el que se cortó el hilum, se debió hacer con mucho cuidado para no dañar el embrión. Luego se repite el proceso para las 800 semillas de ponciana y colocadas en una bolsa hermética para que no se contamine.

**Fotografía 5.** Realizando el método corte del hilum.



##### 2.2.2.2.4.2. Golpe

Se inició con la desinfección de la prensa la cual se usó para ejercer presión sobre la semilla y se fracture la testa, este procedimiento se realizó con las 800 semillas de ponciana y se colocó en una bolsa hermética para evitar contaminantes.

**Fotografía 6.** Realizando la fractura con la ayuda de una prensa de 2 pulgadas haciendo presión en la semilla.



#### 2.2.2.2.4.3. Lija

Se utilizó una lija N° 100 para hacer la frotación de la punta de la semilla, con mucho cuidado frotamos la testa hasta lograr ver el embrión. Repitiendo el proceso con las 800 semillas de ponciana, luego se embolsaron herméticamente.

**Fotografía 7.** Realizando el método lija haciendo que con el raspado se pueda llegar hasta el embrión de la semilla.



### 2.2.2.2.5. Siembra

Se inició con el llenado de bandejas con la arena esterilizada, dejando 3 cm más abajo del borde de la bandeja, se procedió a ubicarlas en las mesas del vivero ubicándolas según las repeticiones. Una vez que las bandejas estuvieron ordenadas se inició con la siembra de las semillas según cada tratamiento por los métodos mecánicos y químicos. Se realizó un hoyo en la arena de la bandeja de un centímetro, se colocó la semilla de forma horizontal y luego se tapó con la arena sin hacer presión. Este proceso se realizó hasta terminar todas las semillas según tratamiento y repeticiones. Finalmente se regó las bandejas y colocó los letreros para la identificación de cada tratamiento, se tapó con parafilm para que las bandejas mantengan su humedad.

**Fotografía 8.** Siembra de las 800 semillas de ponciana de cada tratamiento con sus 4 repeticiones.



### 2.2.2.2.6. Riego

Se usó el agua de pozo del fundo ya que contiene alto contenido en sales con un ph 7.82 (Anexo 5). Para el riego de las bandejas con una manguera conectándolo con la cabeza de una ducha. Los riegos se ejecutaron cada tres días en forma ligera evitando que este demasiado húmedo para que no aparezca hongo. Se realizó el riego hasta la evaluación de cada tratamiento. Se utilizó unas tiras de papel que indican el ph estándar

durante cada semana.

**Fotografía 9.** A la manguera se adaptó una cabeza de ducha para una buena distribución del agua en la bandeja y medición del ph.



#### 2.2.2.2.7. Instalación de termómetro de ambiente

Se colocó en una de las columnas un termómetro de temperaturas máximas y mínimas, las toma datos se realizaron de forma diariamente y tres veces al día hasta culminar el trabajo de investigación.

**Fotografía 10.** Termómetro de Temperaturas máximas y mínimas que se ubicó en una de las columnas del vivero.



#### 2.2.2.2.8. Instalación del termómetro del suelo

Se usó un termómetro digital para registrar las temperaturas en la cual se insertó en el sustrato de cada bandeja, la toma de datos se realizó tres

veces al día hasta culminar con las evaluaciones del trabajo de investigación.

**Fotografía 11.** Termómetro digital registrando la temperatura del suelo en cada bandeja.



### 2.3. COMPONENTES DE ESTUDIO

#### COMPONENTE 1:

- Ponciana (*Delonix regia*)

#### COMPONENTE 2:

#### MÉTODOS DE ESCARIFICACIÓN

- Escarificación con ácidos
- Escarificación mecánicos

### 2.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con 7 Tratamientos y 4 Repeticiones.

#### Tratamientos en estudio:

T1 = Testigo

T2 = Escarificación con ácido sulfúrico ( $\text{SO}_4\text{H}_2$ ), durante 30 minutos

T3 = Escarificación con ácido clorhídrico (HCl), durante 30 minutos.

T4 = Escarificación con ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), durante 30 minutos.

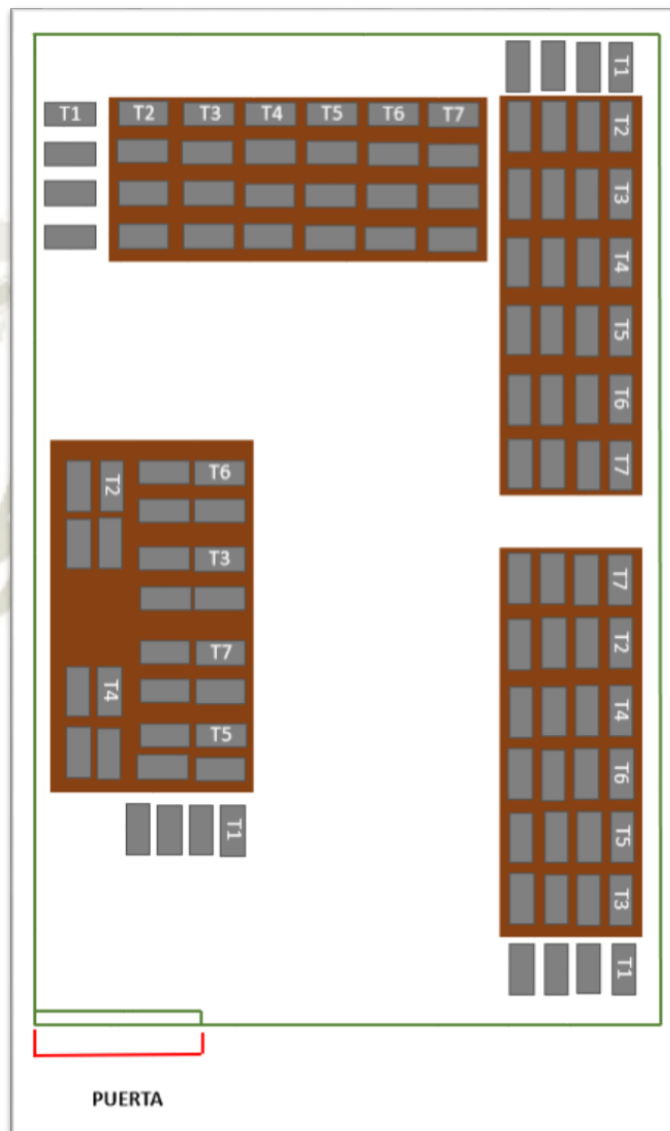
T5 = Escarificación mecánica golpe

T6 = Escarificación mecánica corte

T7 = Escarificación mecánica lija

## 2.5. DISTRIBUCION DE TRATAMIENTOS

**Figura 4.** Distribución de los tratamientos y sus repeticiones en el vivero.



## 2.6. EVALUACIONES REALIZADAS

### 2.6.1. PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

Se estableció en base al número promedio de semillas germinadas del total usadas para cada tratamiento. Se expreso en porcentaje.

Se usó paletas de madera, para remover con mucho cuidado las plántulas, se mojó la parte de las raíces en un balde con agua para quitarle los restos de la arena, colocando semillas y plántulas en una bandeja, luego se procedió a la evaluación colocándolas sobre una franela roja para la observación. En cada tratamiento se tuvo que encontrar todas las semillas usadas.

**Fotografía 12.** Evaluación del porcentaje de germinación cada tratamiento y repeticiones.



#### 2.6.1.1. PLÁNTULAS NORMALES

Con la ayuda de una paleta de madera se escarbó las plántulas normales por cada bandeja de cada tratamiento por repetición.

**Fotografía 13.** Evaluación de plántulas normales.



#### 2.6.1.2. PLÁNTULAS ANORMALES

Con la ayuda de una paleta de madera se escarbó las plántulas anormales por cada bandeja de cada tratamiento por repetición.

**Fotografía 14.** Evaluación de plántulas anormales.



### 2.6.1.3. SEMILLAS NO GERMINADAS

- a. **Semillas frescas:** Con ayuda de una paleta de madera se buscó las semillas frescas por cada bandeja de cada tratamiento por repetición.
- b. **Semillas duras:** Con ayuda de una paleta de madera se buscó las semillas duras por cada bandeja de cada tratamiento por repetición.

**Fotografía 15.** Evaluación de semillas duras.



- c. **Semillas muertas:** Con ayuda de una paleta de madera se buscó las semillas muertas por cada bandeja de cada tratamiento por repetición.

**Fotografía 16.** Evaluación de semillas muertas.



## 2.6.2. VIGOR DE LA SEMILLA

### 2.6.2.1. Preparación del Cloruro de Tetrazolio al 5%

Se inició con el pesado de 0.5 gr. de Cloruro de Tetrazolio, luego esta cantidad se agregaron 100 ml de agua destilada contenida en un vaso de precipitado, removiendo con una varilla de vidrio para lograr una buena disolución del mismo, para terminar, tapando el vaso con Parafilm y para su conservación colocarlo en refrigeración.

**Fotografía 17.** Preparación del reactivo Cloruro de Tetrazolio en una concentración del 5%.



### 2.6.2.2. Vigor en Testigo

Se inicio en separar 10 semillas para él testigo, luego se colocó en una bandeja con agua para ser remojado durante tres días. Durante el tiempo que estará en remojo las semillas deben presentar hinchazón para iniciar el proceso de la viabilidad. Pasado el tiempo de los días se escurre el agua de las bandejas para iniciar con el proceso.

**Fotografía 18.** Evaluación de la viabilidad del testigo.



### 2.6.2.3. Vigor en Escarificación de Ácidos

Se seleccionaron 10 semillas por cada tratamiento, se trataron con cada uno de los ácidos sulfúrico, clorhídrico y nítrico durante 30 minutos después de este tiempo se procedió a lavarlas por tres veces con agua destilada. Estas semillas tratadas se colocaron en un taper con agua destilada durante tres días para el proceso de imbibición y una vez que logren hincharse se deshecha el agua y con las semillas se inicia el trabajo para la prueba de vigor con el cloruro de tetrazolio.

**Fotografía 19.** Evaluación de la viabilidad de las semillas tratadas con ácidos por un tiempo de 30 minutos.



#### 2.6.2.4. Vigor en Escarificación Mecánica

Se separó 10 semillas para cada tratamiento con golpe, lija y corte; luego se siguió con el mismo procedimiento que en la prueba anterior. Se procedió de la siguiente manera: Para la prueba de vigor con el tetrazolio, con la ayuda de un cúter se empezó a cortar de forma horizontal cada semilla, estas se colocaron sobre papel toalla para secarla, se toma el 50% del total de métodos de semillas, luego se colocaron en cajas Petri que en fondo contenían papel toalla, una vez terminado este procedimiento el papel se humedeció con la solución de tetrazolio, se tapa la caja Petri lo cual se envuelve con papel y se colocó en la estufa a una temperatura de 37 °C por de 2 horas. Se sacan las muestras de la estufa se espera que enfríen y luego se procedió a realizar la observación del teñido en las porciones de las semillas y de acuerdo a su intensidad de teñido se determina el vigor.

**Fotografía 20.** Evaluación de la viabilidad de las semillas por los métodos de corte, lija y golpe.



## 2.7. PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos obtenidos durante las evaluaciones serán registrados en cuadros resúmenes para ser procesados con el análisis de varianza del diseño completamente al azar; con sus respectivas pruebas de significación de los promedios de los tratamientos, según Tukey con un nivel de significación de  $\alpha = 0.05$ , la prueba de regresión y correlación lineal simple.

## CAPITULO III

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. PORCENTAJE DE GERMINACIÓN EN PONCIANA

En el Anexo 10 se muestra las semillas germinadas de plantas normales de Ponciana (*Delonix regia*) expresadas en porcentaje (%), donde se observa que el mayor valor se presenta en el Tratamiento T6 (Escarificación mecánica corte), con 50.25 % y el menor en el Tratamiento T1 (Testigo), con 0.12 %.

En el Cuadro 01 se indica el Análisis de Varianza (ANVA), Transformación  $\sqrt{x+3}$ , donde se señala que existe significación estadística entre tratamientos ( $F_c > F_t$ ), para un nivel de significación del 95 %.

El valor del Coeficiente de Variabilidad (C.V.) es de 26.60 %, que indica que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

**Cuadro 1.** Análisis de Varianza ANVA Transformación  $\sqrt{x+3}$  para Semillas germinadas en Ponciana de plántulas normales expresado en porcentaje, en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana (*Delonix regia*)”. 2019.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05$
Tratamientos	6	78.3412	13.0569	12.35 *	2.57
Error	21	22.1983	1.0571		
Total	27	100.5395			

$$C.V. = 26.60 \%$$

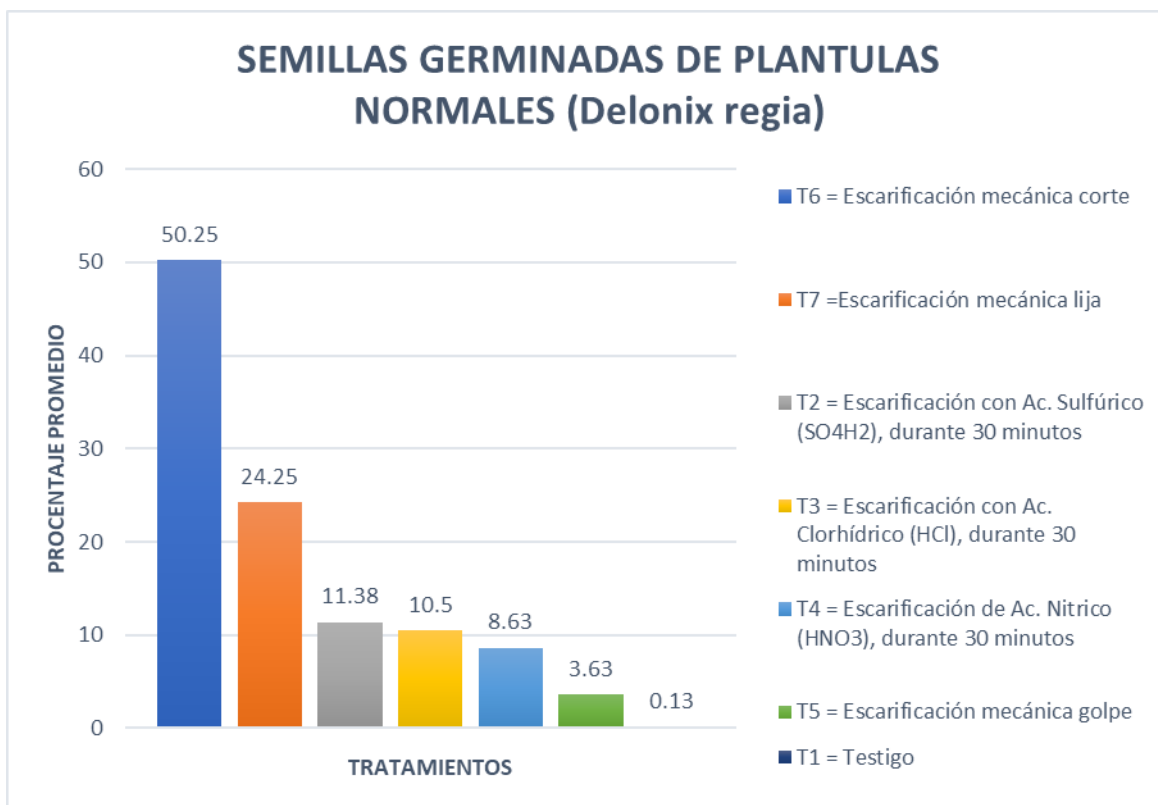
En el Cuadro 02, se presenta la Prueba estadística de Tukey, donde se observa que estadísticamente sobresale el Tratamiento T6 (Escarificación mecánica corte), con 50.25 % de semillas germinadas, luego los tratamientos T7 (Escarificación mecánica lija) con 24.25 % y el tratamiento T2 (Escarificación con ácido sulfúrico (SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>), durante 30

minutos) con 11.38 % de semillas germinadas, no habiendo significación entre ellos, pero diferente a los demás tratamientos estudiados, para un nivel de significación del 95 %.

**Cuadro 2. Prueba estadística de Tukey para semillas germinadas en Ponciana, plantulas normales expresadas en porcentaje (%), en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana (*Delonix regia*). 2019.**

Orden	Tratamientos	Porcentaje Promedio	Significación $\alpha = 0.05$
1	T6 = Escarificación mecánica corte	50.25	a
2	T7 = Escarificación mecánica lija	24.25	b
3	T2 = Escarificación con ácido sulfúrico (SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> ), durante 30 minutos	11.38	b c
4	T3 = Escarificación con ácido clorhídrico (HCl), durante 30 minutos.	10.50	c
5	T4 = Escarificación con ácido nítrico (HNO <sub>3</sub> ), durante 30 minutos.	8.63	c
6	T5 = Escarificación mecánica golpe	3.63	c d
7	T1 = Testigo	0.13	d

**Nota:** Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos.



**Gráfico 1. Semillas germinadas de plantulas normales expresadas en porcentaje de *Ponciana (Delonix regia)*.**

En el Anexo 11 se muestra las semillas germinadas plantulas anormales de *Ponciana (Delonix regia)* expresadas en porcentaje (%), donde se observa que el mayor valor se presenta en el Tratamiento T7 (Escarificación mecánica lija), con 42.88 % y el menor en el Tratamiento T1 (Testigo), con 0.63 %.

En el Cuadro 03 se indica el Análisis de Varianza (ANVA), Transformación  $\sqrt{x + 1}$ , donde se señala que existe significación estadística entre tratamientos ( $F_c > F_t$ ), para un nivel de significación del 95 %.

El valor del Coeficiente de Variabilidad (C.V.) es de 23.22 %, que indica que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

**Cuadro 3. Análisis de Varianza ANVA Transformación  $\sqrt{x+1}$  para Semillas germinadas en Ponciana, plantas anormales expresado en porcentaje, en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana (*Delonix regia*)”. 2019.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05$
Tratamientos	6	81.5352	13.5892	22.24 *	2.57
Error	21	12.8290	0.6109		
Total	27	94.3643			

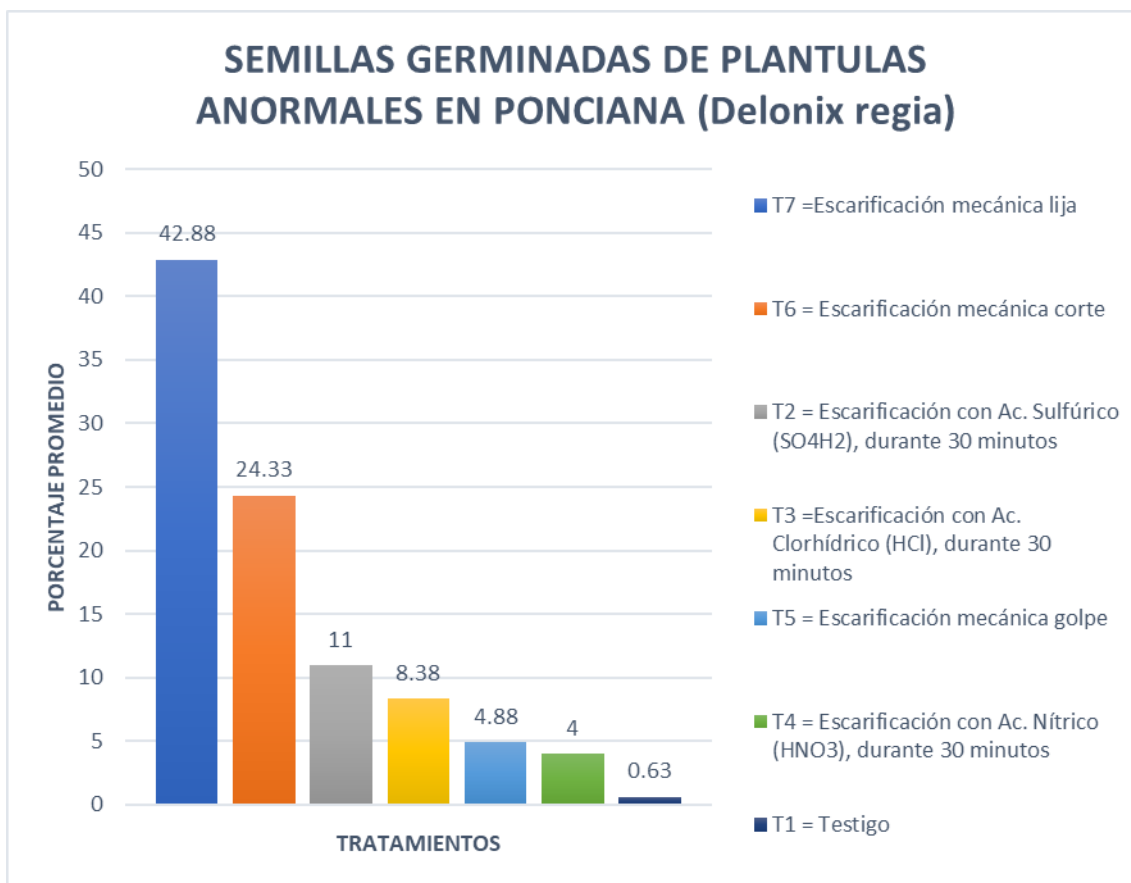
$$C.V. = 23.22 \%$$

En el Cuadro 04, se presenta la Prueba estadística de Tukey, donde se observa que estadísticamente sobresalen los Tratamiento T7 (Escarificación mecánica lija), con 42.88 % de semillas germinadas, tratamiento T6 (Escarificación mecánica corte) con 24.33 % y el tratamiento T2 (Escarificación con ácido sulfúrico (SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>), durante 30 minutos) con 11.00 % de semillas germinadas, no habiendo significación entre ellos, pero diferente a los demás tratamientos estudiados, para un nivel de significación del 95 %.

**Cuadro 4. Prueba estadística de Tukey para semillas germinadas en Ponciana, plantas anormales expresadas en porcentaje (%), en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana (*Delonix regia*). 2019.**

Orden	Tratamientos	Porcentaje Promedio	Significación $\alpha= 0.05$
1	T7 = Escarificación mecánica lija	42.88	a
2	T6 = Escarificación mecánica corte	24.33	a b
3	T2 = Escarificación con ácido sulfúrico (SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> ), durante 30 minutos	11.00	a b
4	T3 = Escarificación con ácido clorhídrico (HCl), durante 30 minutos	8.38	b
5	T5 = Escarificación mecánica	4.88	b
6	T4 = Escarificación con ácido nítrico (HNO <sub>3</sub> ), durante 30 minutos	4.00	c
7	T1 = Testigo	0.63	d

**Nota:** Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos



**Gráfico 2. Semillas de plántulas anormales de Ponciana expresadas en porcentaje (%).**

En el Anexo 12 se muestra la germinación de semillas duras de Ponciana (*Delonix regia*) expresadas en porcentaje (%), donde se observa que el mayor valor se presenta en el Tratamiento T1 (Testigo), con 82.50 % y el menor en el Tratamiento T6 (Escarificación mecánica corte), con 0.00 %.

En el Cuadro 05 se indica el Análisis de Varianza (ANVA), Transformación  $\sqrt{x+4}$ , donde se señala que existe significación estadística entre tratamientos ( $F > F_t$ ), para un nivel de significación del 95 %.

El valor del Coeficiente de Variabilidad (C.V.) es de 29.30 %, que indica que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.

**Cuadro 5. Análisis de Varianza ANVA, Transformación  $\sqrt{x+4}$  para Semillas duras germinadas en Ponciana, expresado en porcentaje, en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana (*Delonix regia*)”. 2019.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05$
Tratamientos	6	168.0724	28.0121	8.23 *	2.57
Error	21	71.4630	3.4030		
Total	27	239.5354			

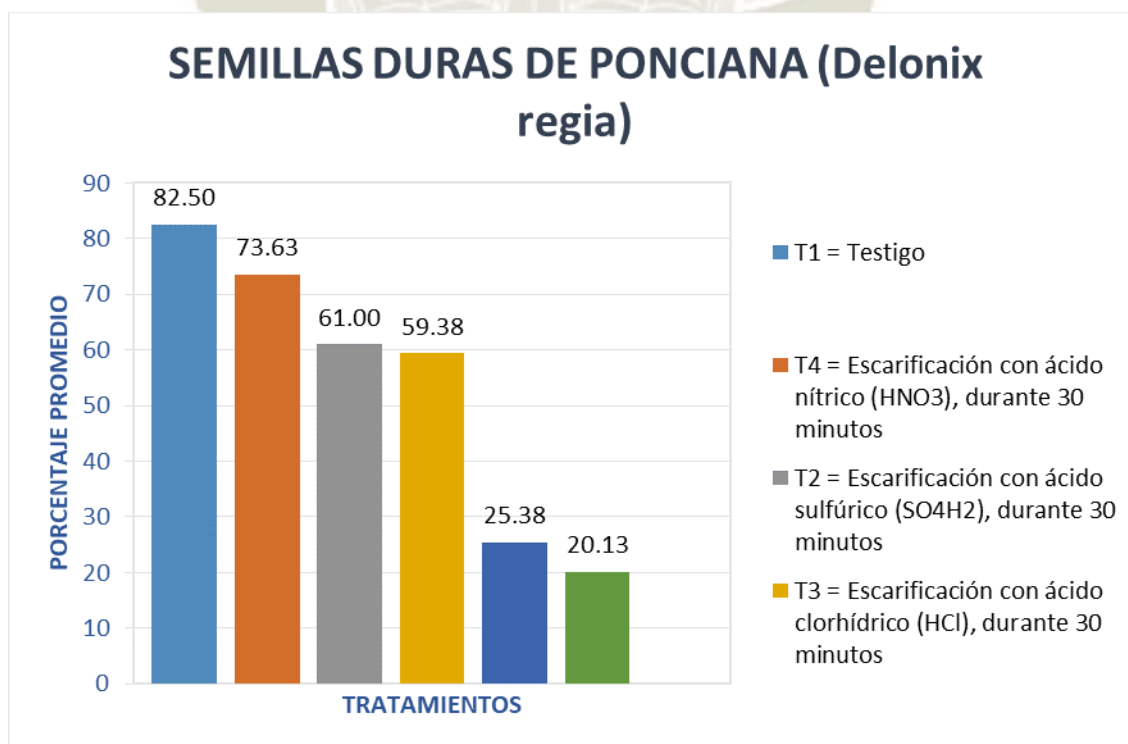
C.V. = 29.30 %

En el Cuadro 06, se presenta la Prueba estadística de Tukey, donde se observa que estadísticamente sobresalen los Tratamiento T1 (Testigo), con 82.50 % de semillas germinadas, el tratamiento T4 (Escarificación con ácido nítrico (HNO<sub>3</sub> durante 30 minutos), con 73.63 %, el Tratamiento T2 (Escarificación con ácido sulfúrico SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> durante 30 minutos) con 61.00 %, de semillas germinadas y el Tratamiento T3 (Escarificación con ácido clorhídrico HCl durante 30 minutos) con 59.38 %, de semillas germinadas, no habiendo significación entre ellos, pero diferente a los demás tratamientos estudiados, para un nivel de significación del 95 %.

**Cuadro 6. Prueba estadística de Tukey para semillas duras de Ponciana expresadas en porcentaje (%), en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana (*Delonix regia*)”. 2019.**

Orden	Tratamientos	Porcentaje Promedio	Significación $\alpha = 0.05$
1	T1 = Testigo	82.50	a
2	T4 = Escarificación con ácido nítrico (HNO <sub>3</sub> ), durante 30 minutos	73.63	a
3	T2 = Escarificación con ácido sulfúrico (SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> ), durante 30 minutos	61.00	a b
4	T3 = Escarificación con ácido clorhídrico (HCl), durante 30 minutos	59.38	a b c
5	T7 = Escarificación mecánica lija	25.38	b c
6	T5 = Escarificación mecánica golpe	20.13	c d
7	T6 = Escarificación mecánica corte	0.00	d

**Nota:** Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos

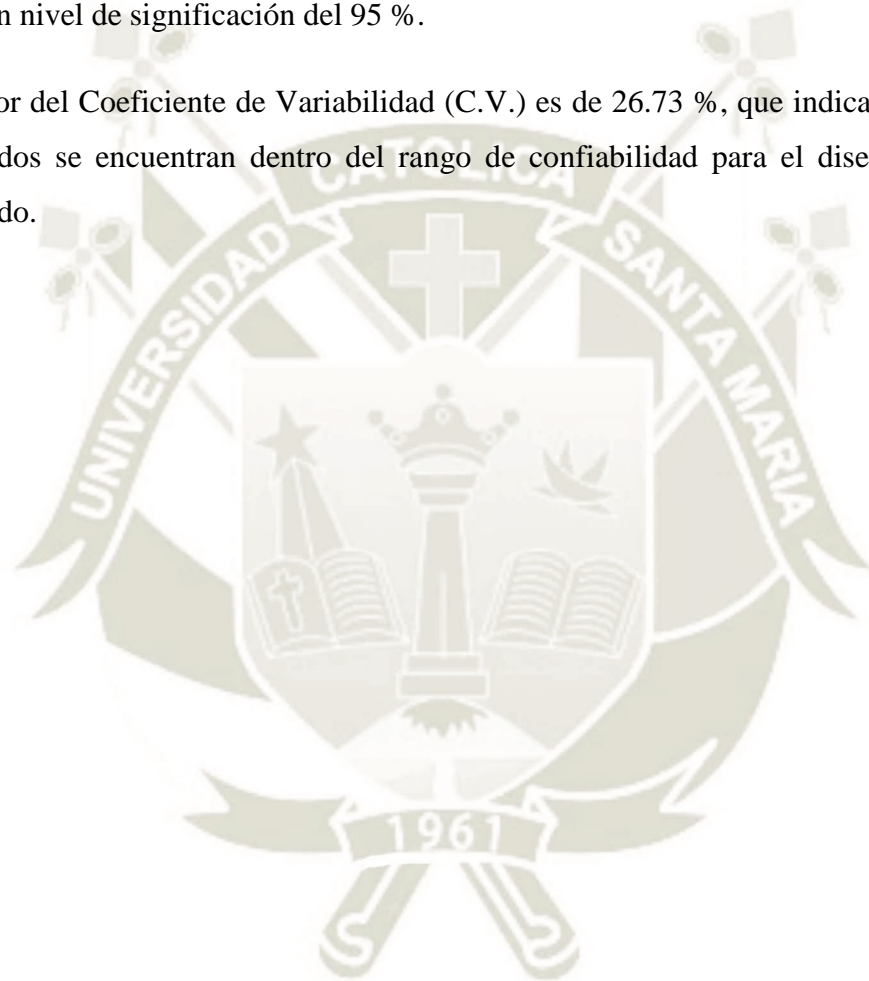


**Gráfico 3. Semillas duras de Ponciana expresadas en porcentaje (%).**

En el Anexo 13 se muestra la germinación de semillas consideradas como muertas de Ponciana (*Delonix regia*) expresadas en porcentaje (%), donde se observa que el mayor valor se presenta en el Tratamiento T5 (Escarificación mecánica golpe), con 71.38 % y el menor en el Tratamiento T6 (Escarificación mecánica corte), con 0.00 %.

En el Cuadro 07 se indica el Análisis de Varianza (ANVA), Transformación  $\sqrt{x+4}$ , donde se señala que existe significación estadística entre tratamientos ( $F_c > F_t$ ), para un nivel de significación del 95 %.

El valor del Coeficiente de Variabilidad (C.V.) es de 26.73 %, que indica que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad para el diseño estadístico utilizado.



**Cuadro 7. Análisis de Varianza ANVA, Transformación  $\sqrt{x+4}$  para Semillas consideradas muertas germinadas en Ponciana, expresado en porcentaje, en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana (*Delonix regia*)”. 2019.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha =0.05$
Tratamientos	6	93.5482	15.5914	9.39 *	2.57
Error	21	34.8783	1.6609		
Total	27	128.4265			

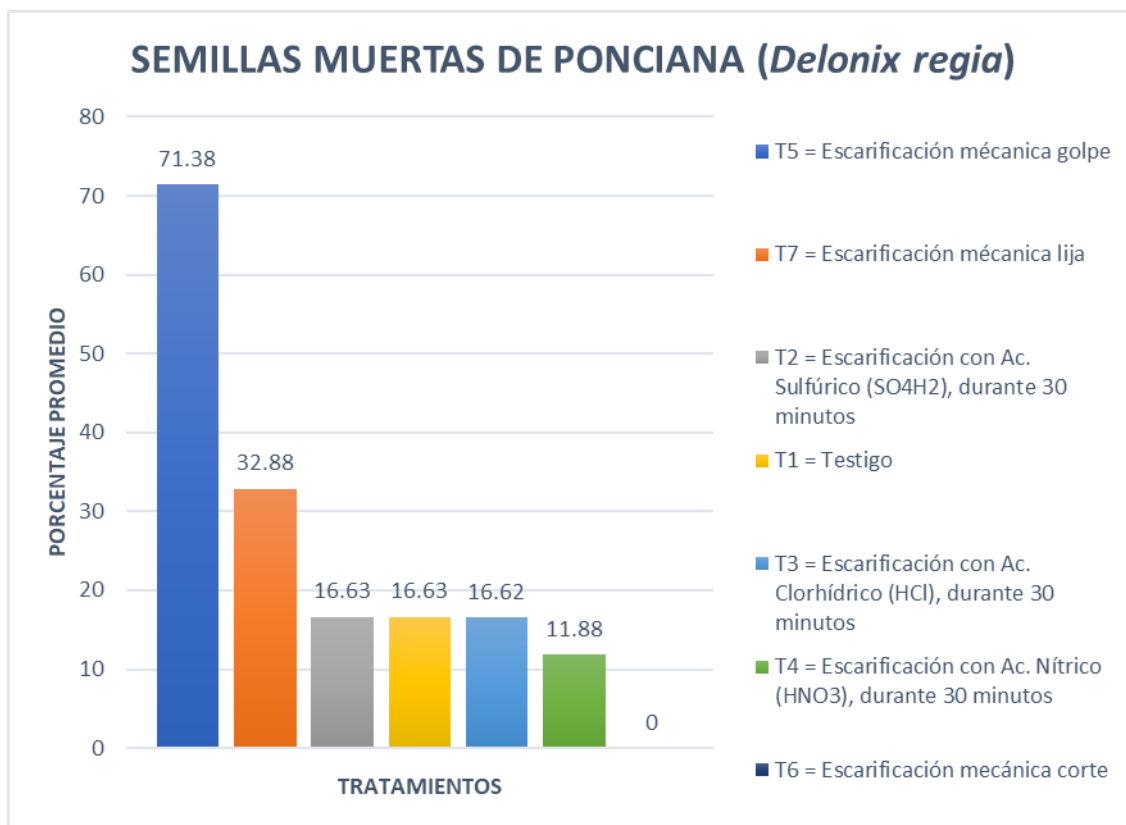
C.V. = 26.73 %

En el Cuadro 08, se presenta la Prueba estadística de Tukey, donde se observa que estadísticamente sobresale el Tratamiento T5 (Escarificación mecánica golpe), con 71.38 % de semillas germinadas, diferente estadísticamente a los demás tratamientos estudiados, para un nivel de significación del 95 %.

**Cuadro 8. Prueba estadística de Tukey para semillas consideradas muertas de Ponciana expresadas en porcentaje (%), en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana (*Delonix regia*)”. 2019.**

Orden	Tratamientos	Porcentaje Promedio	Significación $\alpha = 0.05$
1	T5 = Escarificación mecánica golpe	71.38	a
2	T7 = Escarificación mecánica lija Escarificación mecánica lija	32.88	b
3	T2 = Escarificación con ácido sulfúrico (SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> ), durante 30 minutos	16.63	b c
4	T1 = Testigo	16.63	b c
5	T3 = Escarificación con ácido Clorhídrico (HCl), durante 30 minutos	16.62	b c
6	T4 = Escarificación con ácido nítrico (HNO <sub>3</sub> ), durante 30 minutos	11.88	c d
7	T6 = Escarificación mecánica corte	0.00	d

**Nota:** Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos



**Gráfico 4. Semillas muertas de Ponciana expresadas en porcentaje (%).**

### 3.2. METODO DE ESCARIFICACION MÁS APROPIADO PARA LA SEMILLA DE PONCIANA

En el Cuadro 02 se muestra el Porcentaje (%) de semillas germinadas de Ponciana empleando Escarificación mecánica y Escarificación química, donde se observa que el mayor porcentaje de semillas germinadas se presenta en el Tratamiento T6 (Escarificación mecánica corte) con 50.25 % en promedio, luego los Tratamientos T7 (Escarificación con mecánica lija) con 24.25 %, el Tratamiento T2 (Escarificación con ácido sulfúrico SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> durante 30 minutos) con 11.38 %, el Tratamiento T3 (Escarificación con ácido sulfúrico HCl durante 30 minutos) con 10.50 %, Tratamiento T4 (Escarificación con ácido sulfúrico HNO<sub>3</sub> durante 30 minutos) con 8.63 %, el Tratamiento T5 (Escarificación mecánica golpe) con 3.63 % y el Testigo T1 con 0.12%.

**Cuadro 9. Porcentaje (%) de semillas germinadas con escarificación mecánica y química de Ponciana.**

TRATAMIENTOS	PLANTAS NORMALES
T1	0.12
T2	11.38
T3	10.50
T4	8.63
T5	3.63
T6	50.25
T7	24.25

**3.3. VIGOR DE LA SEMILLA DE PONCIANA DURANTE LA GERMINACION**




En los Tratamientos T1 (Testigo), T2 (Escarificación con ácido sulfúrico,  $SO_4H_2$ ), T3 (Escarificación con ácido clorhídrico HCl) y T4 (Escarificación con ácido nítrico  $HNO_3$ ), no se pudo someter al método de viabilidad, ya que no se imbibio con agua en el tiempo establecido. En los Tratamientos T5 (Escarificación mecánica golpe), T6 (Escarificación mecánica corte) y T7 (Escarificación mecánica lija), se pudo observar que las semillas después del análisis de viabilidad presentaron el embrión completamente teñido de color azul al igual que el escutelo, indicando que la coloración depende del producto comercial utilizado y el teñido del embrión y escutelo, puede variar también de color rojo carmín o rosado intenso (ISTA, 2016, Cap. 5). En el Cuadro 10 se presenta la evaluación de las semillas de Ponciana, mediante el análisis de Tetrazolio. (Fotografía 21).

**Cuadro 10. Evaluación de semillas viables de Ponciana con escarificación mecánica golpe, escarificación mecánica corte y escarificación mecánica lija.**

CATEGORÍAS	EMBRIÓN	ESCUTELO
1	Completamente teñido de color rojo carmín o rosado intenso	Completamente teñido de color rojo carmín o rosado intenso

Fuente: International Seed Testing Association (ISTA), 2016.

**Fotografía 21. Vigor de las semillas de ponciana.**

REPETICIONES			
	T5	T6	T7
R1			

## CAPITULO IV

### 4. DISCUSIÓN

#### 4.1. PORCENTAJE DE GERMINACIÓN EN PONCIANA

Existen varios procedimientos para eliminar la dureza seminal y como se indica, el mayor porcentaje de semillas germinadas en este estudio, se presenta en el Tratamiento T6 semilla con corte con 50.25% en promedio, considerando plántulas normales, plántulas anormales; luego se encuentran las semillas raspado de la semilla con lija N° 100 con 24.25%; semillas escarificadas con ácidos, como el ácido sulfúrico ( $\text{SO}_4\text{H}_2$ ), ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) y la escarificación mecánica golpe con 3.63% de germinación, respectivamente.

Según Orozco Cardono, Franco Herrera, & Taborda Beltrán (2010) encontraron que las escarificaciones químicas registran los mayores porcentajes de germinación (90%) en las semillas de *H. courbaril*, mientras que el método menos eficaz fue el mecánico, donde se encontró el porcentaje de germinación más bajo (20%) y la cantidad de semillas muertas más alto (80%).

La escarificación mecánica lija, la semilla se raspa o lija para mejorar la permeabilidad a la humedad y los gases. En esta operación que es laboriosa, se debe tener cuidado para escarificar el tegumento de la semilla en un lugar adecuado con el fin de evitar de dañar el embrión y la planta resultante. Los mejores lugares para el raspado, son o bien inmediatamente por encima de los puntos de los cotiledones o a los lados de los cotiledones, (ISTA, 2016, Cap. 5). Los resultados obtenidos, coinciden con los encontrados por Linares et. al. (2012). Hartmann y Kesler (1999, 760 p.), mencionan que al frotar las semillas con papel lija, rayarlas con una lima y romper las cubiertas con un martillo o entre las mordazas de un tornillo de banco, son métodos simples y útiles para pequeñas cantidades de semillas de tamaño grande. Para operaciones en gran escala, se usan escarificadores especiales.

En cuanto a la escarificación ácida, procedimiento eficaz con algunas especies (por ejemplo, *Desmodium* spp, *Macroptilium* spp, *Stylosanthes guianensis*), (ISTA, 2016, Cap. 5), es donde se ha logrado también el mayor porcentaje de germinación en el

estudio, el objeto de esta escarificación, es modificar los tegumentos duros e impermeables de las semillas. El remojo en ácido sulfúrico concentrado es un método efectivo para lograrlo, es muy corrosivo y reacciona violentamente con el agua, elevando la temperatura considerablemente. (Hartmann y Kesler, 1999, 760 p.). Las semillas se colocan en recipientes de vidrio y se cubren con ácido sulfúrico concentrado en proporción de una parte de semilla por dos de ácido. Se tiene cuidado con el agitación de las semillas, pues tiende a elevar las temperaturas y evitar agitar la mezcla con vigor, pues de hacerlo se puede dañar la semilla y producir salpicadura del ácido. (Hartmann y Kesler, 1999, 760 p.).

La duración del tratamiento varía desde 10 minutos, en algunas especies hasta 6 o más horas en otras. Se recomienda que al final del tratamiento, se escurra el ácido y las semillas lavarlas. Se debe de usar de inmediato agua en abundancia para diluir el ácido con toda la rapidez que se pueda, reducir la temperatura y evitar las salpicaduras. (Hartmann y Kesler, 1999, 760 p.).

En el caso del ácido nítrico, en lugar de agua se utiliza una solución al 0.2% en un l de agua, para saturar el sustrato de germinación, al comienzo de la prueba. El agua se utiliza para humedecer a partir de entonces, (ISTA, 2016, Cap. 5).

Las semillas que fueron tratadas con ácidos  $\text{SO}_4\text{H}_2$ ,  $\text{HCl}$  y  $\text{HNO}_3$  muestran que se demoraron un poco más en la germinación y se presentó mayor cantidad de semillas no germinadas en todas las repeticiones que se sometieron. El tratamiento testigo que no fue sometido a ningún método de escarificación, indica que actúan como las semillas tratadas con ácidos que presentan un alto porcentaje de semillas no germinadas en todas las repeticiones.

#### **4.2. METODO DE ESCARIFICACION MÁS APROPIADO PARA LA SEMILLA DE PONCIANA (*Delonix regia*)**

En este estudio se observa que el mayor porcentaje de semillas germinadas se presenta en el Tratamiento T6 (Escarificación mecánica corte), con 50.25 % en promedio, luego los Tratamientos T7 (Escarificación mecánica lija) con 24.25%, con ácido sulfúrico  $\text{SO}_4\text{H}_2$  durante 30 minutos), con 11.38 %, el Tratamiento T4 (Escarificación con ácido nítrico  $\text{HNO}_3$  durante 30 minutos) con 10.50%, Tratamiento T3 (Escarificación con

ácido clorhídrico HCl durante 30 minutos) con 8.63 %, el Tratamiento T5 (Escarificación mecánica golpe) con 3.63 % y el Testigo T1 con 0.12% %. Los resultados de este trabajo coinciden con el realizado por Castro (2007), pero con el Cultivo Tara (*Caesalpinia Spinosa*), donde obtuvo con semilla esmerilada a los 5 días 0%, 10 días 33.3 %, 15 días 52.8 %, 20 días 86.1 % y 25 días de la siembra, 91.7 %, mientras que con semilla sin esmerilar, para los mismos intervalos de tiempo, obtuvo 0 %, 19.3 %, 28.5%, 48.1 % y 54.7 %, respectivamente. También se puede señalar que, con el mismo cultivo, Linares, et al. (2012), describen un método para la escarificación de las semillas, combinando dos técnicas de escarificación física, la abrasión por lijado y el calentamiento con agua caliente, con lo cual se logra un elevado índice de germinación. De manera similar, Vargas, J., (1986), señala que, por tratarse de semillas de testa gruesa, al igual que la Ponciana (*Delonix regia*), generalmente se recomienda practicarles la escarificación, que consiste en romper la cubierta seminal y de esta manera permitir una absorción rápida y efectiva del agua, facilitando la posterior germinación de la semilla, sugiriendo la escarificación mecánica, que consiste en esmerilar cada semilla en el extremo más ancho.

#### **4.3. VIGOR DE LA SEMILLA DE PONCIANA**

Según Orozco Cardono, Franco Herrera, & Taborda Beltrán (2010) la prueba de viabilidad o prueba de tetrazolio (TZ), se realizó en las semillas no germinadas con el fin de saber la viabilidad de germinación, se determina en función de tinción del embrión y la intensidad de la coloración, para lo cual se encontró que la coloración en la mayoría de las semillas era azul, mostrando así que estas semillas eran parcialmente viables, esto puede indicar la presencia de un tegumento muy impermeable, lo cual retrasa la imbibición y por consiguiente la germinación de las semillas.

Al usarse la solución de Tertazolio en el lote de las semillas de Ponciana se demostró que son viables ya que presentó mayor teñido de azul oscuro en el embrión, que el escutelo presento 1/3 de la parte extrema y superior sin teñirse.

Según Ruiz (2009), el análisis de viabilidad por tetrazolio se presenta como una herramienta útil para estimar rápidamente la capacidad germinativa de las gramíneas forrajeras de lenta germinación y con dormición poscosecha. En los programas de control de calidad su uso contribuye permitiendo agilizar decisiones de compra, venta, beneficio, almacenamiento o descarte de semillas. La velocidad de reducción del

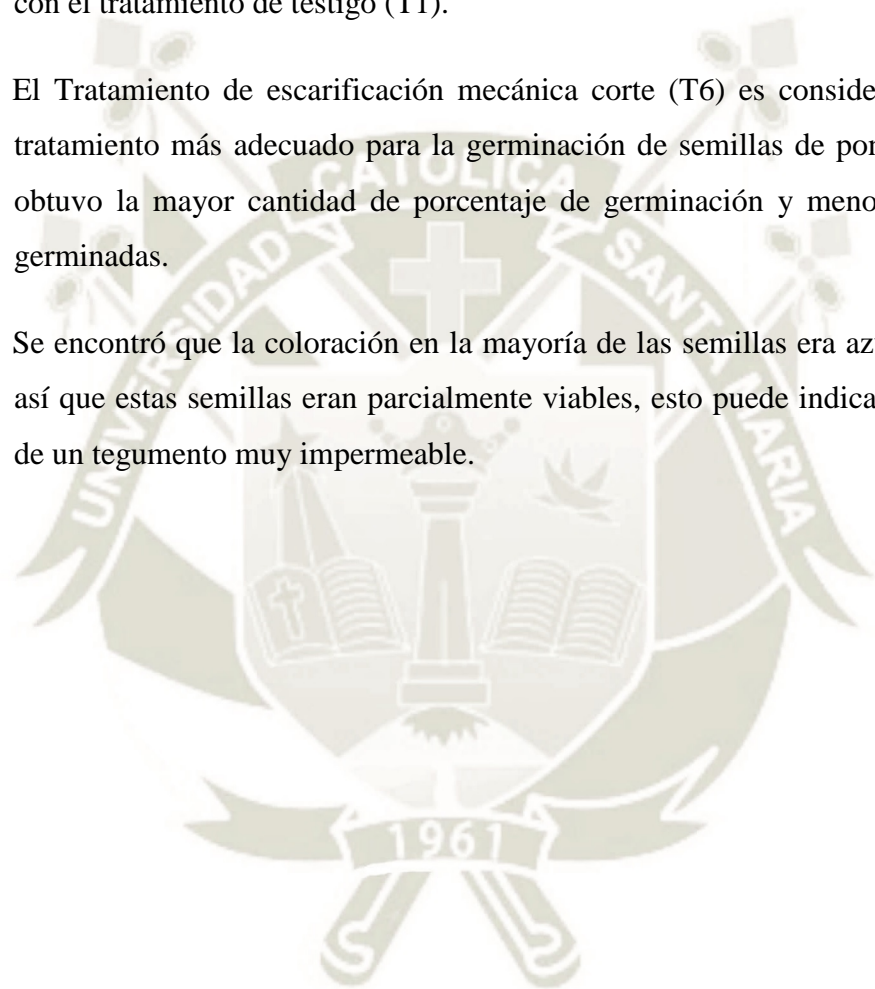
tetrazolio es afectada por diversos factores, entre ellos: la concentración de la solución, la temperatura, la duración del pre acondicionamiento y la tinción, la presión atmosférica y el nivel de deterioro de las semillas.



## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES

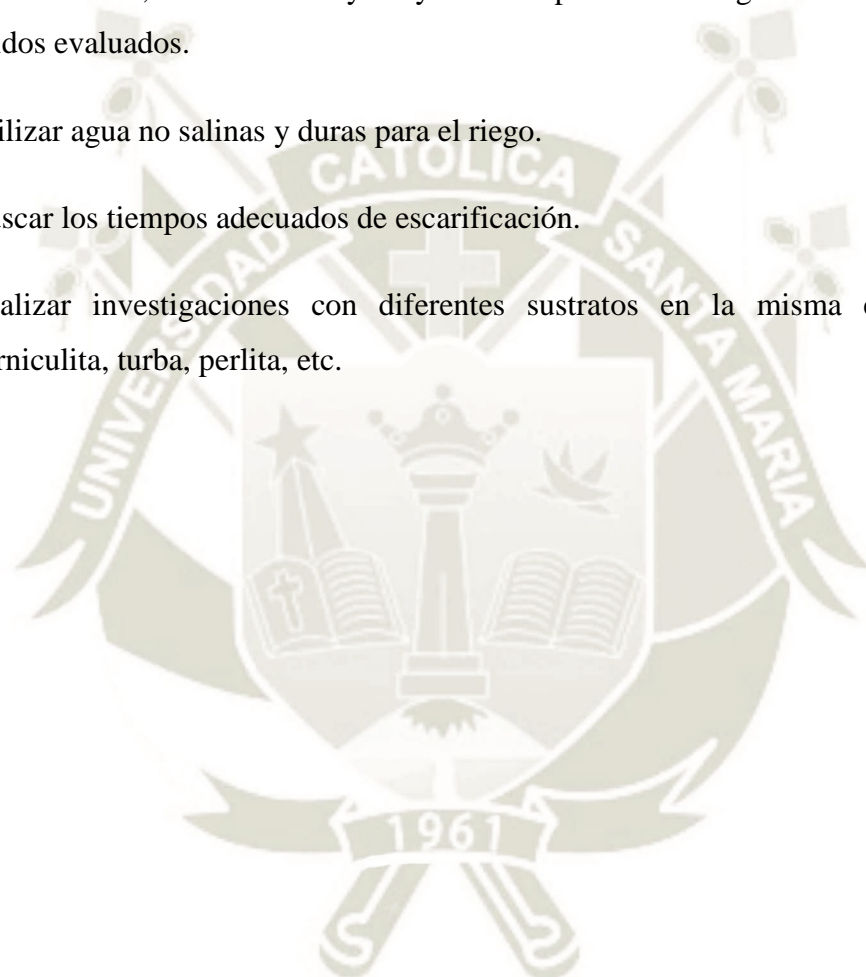
- a. El más alto porcentaje de germinación se logró con el tratamiento de escarificación mecánica (T6) y el más bajo porcentaje de germinación se obtuvo con el tratamiento de testigo (T1).
- b. El Tratamiento de escarificación mecánica corte (T6) es considerada como el tratamiento más adecuado para la germinación de semillas de ponciana porque obtuvo la mayor cantidad de porcentaje de germinación y menor semillas no germinadas.
- c. Se encontró que la coloración en la mayoría de las semillas era azul, mostrando así que estas semillas eran parcialmente viables, esto puede indicar la presencia de un tegumento muy impermeable.



## CAPITULO VI

### 6. RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones en la misma especie considerando otros métodos de escarificación, con menores y mayores tiempos en sumergir las semillas con los ácidos evaluados.
2. Utilizar agua no salinas y duras para el riego.
3. Buscar los tiempos adecuados de escarificación.
4. Realizar investigaciones con diferentes sustratos en la misma especie como verniculita, turba, perlita, etc.



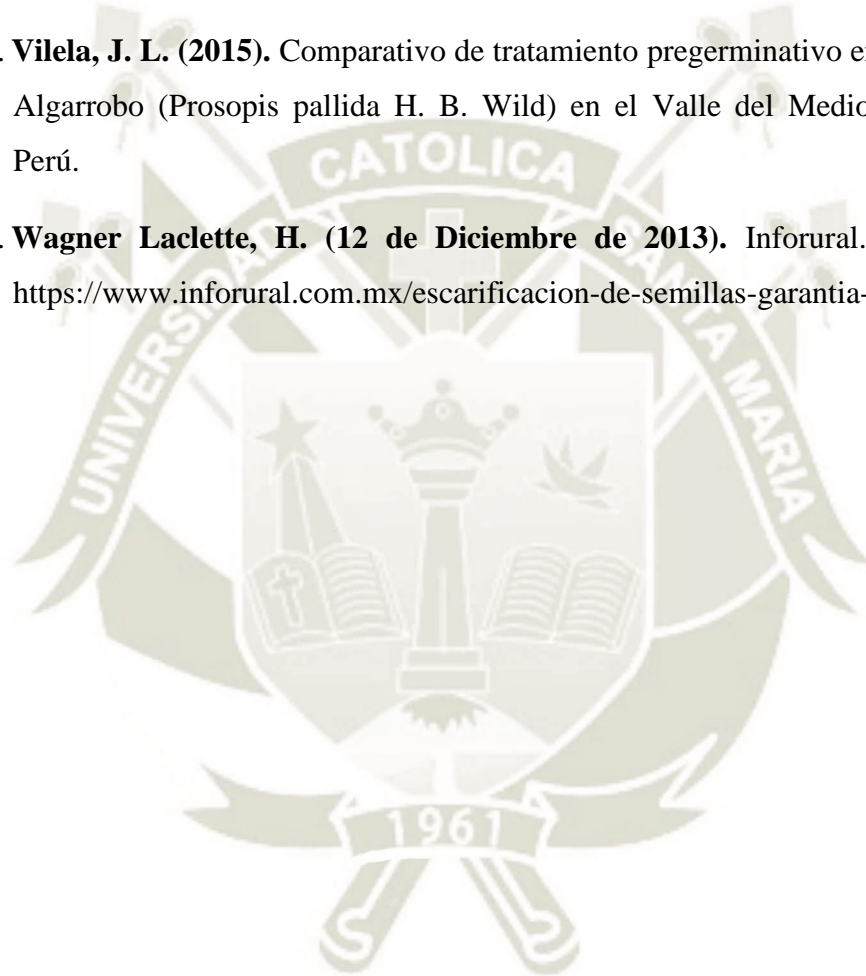
## CAPITULO VII

### 7. REFERENCIAS

1. **Aburrá, C. (2014).** *Grupo de Investigación Sostenible, Infraestructura y Territorio*. Obtenido de <http://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/36>
2. **Aguilera R, M. (2001).** *SIRE - Paquetes Tecnológicos*. Obtenido de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/913Delonix%20regio%20.pdf>
3. **Belloso, O., & Mazariego, E. (2013).** Evaluación de cinco sustratos y tres métodos de escarificación en la germinación de semillas de cuatro especies forestales. El Salvador.
4. **Bustinza Rodriguez, H. Y. (2016).** Enraizamiento de estacas de Ponciana (Delonix regia) con 2 fuentes de auxinas en diferentes concentraciones para Otoño-Invierno. Arequipa, Majes, Perú.
5. **Castro, J. (2007).** Porcentaje de germinación de semilla esmerilada vs. Semilla sin esmerilar en la Agencia de Servicios de Aserri, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica.
6. **Digfineart. (25 de Abril de 2018).** Obtenido de <http://www.digfineart.com/WKym191KY/>
7. **EcuRed. (4 de Agosto de 2018).** Obtenido de <https://www.ecured.cu/Framboyán>
8. **Gómez García, P. D. (23 de Junio de 2019).** *AGRONOTAS*. Obtenido de [http://www.agronotas.es/A55CA3/Agronotas.nsf/v\\_postid/67F693C957760F9DC1257C0D001CD3CA](http://www.agronotas.es/A55CA3/Agronotas.nsf/v_postid/67F693C957760F9DC1257C0D001CD3CA)
9. **Gonzáles Zertuche, L., & Orozco Segovia, A. (1996).** Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. México.
10. **Hartmann y Kester (1999).** Propagación de plantas. Chile. (págs. 760).

11. **ISTA. (2016).** Reglas Internacionales para el Análisis de las semillas. Suiza: The International Seed Testing Association (ISTA).
12. **Laparra, C. A. (1 de Octubre de 1986).** Efecto del ácido nítrico en la germinación de semilla de cardomomo (*Elettaria cardamomum*) en la Finca Lorena, San Marcos. Guatemala. Guatemala.
13. **Linares, et al. (2012).** Procedimiento para la escarificación de semillas de Tara (*Caesalpinia spinosa*).
14. **Maldonado Arciniegas, F. J. (9 de Diciembre de 2015).** Evaluación de la germinación de semillas de *Vachellia macracantha* usando métodos de escarificación. Quito.
15. **Manfrini, D. (Setiembre de 2004).** Análisis de vigor en semillas. Uruguay, Uruguay: INASE - Instituto nacional de semillas.
16. **Manotoa Chicaiza, S. P. (2012).** Escarificación mecánica y química como tratamientos pregerminativos en semillas de olivo (*Oleo europea*). Cevallos, Ecuador.
17. **Marassi, M. A. (2013).** Guía de estudio: Germinación de semillas.
18. **Orozco Cardono, A. F., Franco Herrera, N., & Taborda Beltrán, L. A. (9 de Junio de 2010).** Evaluación de tres métodos de escarificación en semillas de algarrobo. Colombia.
19. **Quiroz Marchant, I., García Rivas, E., Gonzales Ortega, M., Chung guin-Po, P., & Doto Guevara, H. (2009).** Vivero Forestal: Producción de Plantas Nativas a Raíz Cubiertas. Chile.
20. **Rivera Ocasio, D. (2011).** Ornamentales y su cultivo. Puerto Rico.
21. **Ruiz, M. (Marzo de 2009).** INTA. Obtenido de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-el\\_analisis\\_de\\_tetrazolio\\_en\\_el\\_control\\_de\\_calidad\\_de\\_.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-el_analisis_de_tetrazolio_en_el_control_de_calidad_de_.pdf)
22. **Sanabria V., D., Silva Acuña, R., Oliveros, M. A., & Renny, & B. (2001).** Escarificación Química y Térmica de Semillas Subterráneas de *Centrosema rotundifolium*. En *Bioagro* (págs. 117-124).

23. **Sánchez de Lorenzo, J. (1995).** *Arboles Ornamentales*. Obtenido de <http://www.arbolesornamentales.es/Delonixregia.htm>
24. **SIRE. (2001).** Delonix regia.
25. **Vargas, J. (1986).** Escarificación de las semillas de Tara (**Caesalpinia spinosa**).
26. **Varela, S., & Arana, V. (3 de Marzo de 2011).** Latencia y Germinación de Semillas. Tratamientos Pregerminativos. INTA. Bariloche.
27. **Vilela, J. L. (2015).** Comparativo de tratamiento pregerminativo en la semilla de Algarrobo (*Prosopis pallida* H. B. Wild) en el Valle del Medio Piura. Piura, Perú.
28. **Wagner Laclette, H. (12 de Diciembre de 2013).** Inforural. Obtenido de <https://www.inforural.com.mx/escarificacion-de-semillas-garantia-de-calidad/>



ANEXOS

Anexo 1. Registro de temperaturas del ambiente en condiciones de vivero durante el inicio de la siembra hasta las evaluaciones de los tratamientos y sus repeticiones en las semillas de ponciana (*Delonix regia*).

DIA	MES	AÑO	TEMPERATURA DEL VIVERO		
			07:00 a. m.	10:00 a. m.	12:00 p. m.
26	Marzo	2019	17 °C	27 °C	32 °C
27	Marzo	2019	15 °C	25 °C	30 °C
28	Marzo	2019	15 °C	27 °C	32 °C
29	Marzo	2019	17 °C	31 °C	32 °C
30	Marzo	2019	20 °C	29 °C	35 °C
31	Marzo	2019	23 °C	33 °C	32 °C
1	Abril	2019	18 °C	34 °C	36 °C
2	Abril	2019	17 °C	28 °C	33 °C
3	Abril	2019	11 °C	29 °C	33 °C
4	Abril	2019	13 °C	27 °C	30 °C
5	Abril	2019	15 °C	32 °C	36 °C
6	Abril	2019	12 °C	32 °C	31 °C
7	Abril	2019	11 °C	29 °C	32 °C
8	Abril	2019	14 °C	32 °C	37 °C
9	Abril	2019	14 °C	32 °C	38 °C
10	Abril	2019	15 °C	29 °C	36 °C
11	Abril	2019	12 °C	31 °C	38 °C
12	Abril	2019	11 °C	29 °C	37 °C
13	Abril	2019	21 °C	26 °C	36 °C
14	Abril	2019	14 °C	28 °C	32 °C
15	Abril	2019	15 °C	32 °C	36 °C
16	Abril	2019	19 °C	30 °C	35 °C
17	Abril	2019	17 °C	33 °C	37 °C
18	Abril	2019	12 °C	26 °C	34 °C
19	Abril	2019	12 °C	32 °C	29 °C
20	Abril	2019	12 °C	31 °C	30 °C
21	Abril	2019	11 °C	21 °C	34 °C
22	Abril	2019	11 °C	29 °C	36 °C
23	Abril	2019	11 °C	30 °C	35 °C
24	Abril	2019	10 °C	21 °C	29 °C
25	Abril	2019	12 °C	29 °C	33 °C
26	Abril	2019	18 °C	31 °C	36 °C

**Anexo 2. Registro de temperaturas y humedad del ambiente durante el mes de Marzo de la Estación de Huasacache.**

AÑO	MES	DIA	TEMPERATURAS			HUMEDAD RELATIVA
			TMAX	TMIN	TMEDIA	
2019	3	1	23	10.6	17.0	71
2019	3	2	24.2	11.2	17.1	76
2019	3	3	23.4	11.2	17.7	65
2019	3	4	23.2	11.2	17.5	69
2019	3	5	24.2	11.8	17.8	69
2019	3	6	24	11.2	17.4	70
2019	3	7	25.3	12.7	18.8	66
2019	3	8	24.4	10.4	18.0	67
2019	3	9	25.5	11.8	19.1	66
2019	3	10	25.8	13.5	19.1	71
2019	3	11	24.5	12.6	18.5	74
2019	3	12	24.6	11.6	18.4	69
2019	3	13	24	10.8	17.8	70
2019	3	14	24.4	11	18.1	69
2019	3	15	23.7	12	17.4	72
2019	3	16	23.5	12.8	17.9	68
2019	3	17	24.7	10.8	18.1	57
2019	3	18	24.2	10.8	17.8	57
2019	3	19	24.4	9.4	17.0	52
2019	3	20	23.5	9.5	17.4	50
2019	3	21	23.8	10	16.7	53
2019	3	22	23.3	8.4	16.5	59
2019	3	23	23.4	10.2	17.5	51
2019	3	24	23.5	9.9	17.5	58
2019	3	25	23.6	10.7	17.3	64
2019	3	26	25.2	10	17.5	50
2019	3	27	24	11.5	17.4	55
2019	3	28	23	14.7	17.2	68
2019	3	29	23.6	11.7	17.2	67
2019	3	30	24	12.8	17.8	68
2019	3	31	24	13	18.4	63

Fuente: Senamhi, Estación del Fundo la Banda Huasacache.

**Anexo 3. Registro de temperaturas y humedad del ambiente fuera durante el mes de Abril de la Estación de Huasacache.**

AÑO	MES	DIA	TEMPERATURAS			HUMEDAD RELATIVA
			TMAX	TMIN	TMEDIA	
2019	4	1	24.2	12	17.8	67
2019	4	2	23.2	10.1	16.9	67
2019	4	3	20.9	8.8	15.3	72
2019	4	4	20	11.4	14.8	78
2019	4	5	23.2	7.8	15.9	66
2019	4	6	21.8	8.9	15	68
2019	4	7	23	7.2	15.8	57
2019	4	8	24	9.8	16.7	56
2019	4	9	24	9.1	16.6	54
2019	4	10	23.5	8.5	15.9	55
2019	4	11	23	6.7	16.0	52
2019	4	12	23.2	6.8	15.7	58
2019	4	13	24.2	10	17.0	61
2019	4	14	23	10	16.1	55
2019	4	15	25.1	9.8	17.2	54
2019	4	16	24.8	10.7	18.3	52
2019	4	17	23.8	12.5	17.5	52
2019	4	18	22.2	11.2	16.9	58
2019	4	19	24.2	10.5	16.8	60
2019	4	20	23.5	9.8	16.6	61
2019	4	21	23.8	10	16.6	60
2019	4	22	23	9.4	15.5	64
2019	4	23	23	9.5	16.1	68
2019	4	24	20.4	12	15.8	77
2019	4	25	22.4	10.8	16.5	68
2019	4	26	24.5	12.8	17.4	65
2019	4	27	27.6	11.2	18.1	57
2019	4	28	25.8	11	18.1	54
2019	4	29	24.4	10.7	17.1	54
2019	4	30	23.8	9.7	16.7	53

Fuente: Senamhi, Estación del Fundo la Banda Huasacache.

Anexo 4. Registro de temperaturas de las bandejas en condiciones de vivero durante el inicio de la siembra hasta las evaluaciones de los tratamientos y sus repeticiones en las semillas de ponciana (*Delonix regia*).

DIA	MES	AÑO	TEMPERATURA DE LAS BANDEJAS		
			07:00 a. m.	10:00 a. m.	12:00 p. m.
26	Marzo	2019	8.1 °C	17.9 °C	32.0 °C
27	Marzo	2019	12.0 °C	16.0 °C	30.5 °C
28	Marzo	2019	6.5 °C	12.8 °C	27.0 °C
29	Marzo	2019	6.2 °C	19.1 °C	28.6 °C
30	Marzo	2019	7.0 °C	13.7 °C	29.0 °C
31	Marzo	2019	7.1 °C	12.8 °C	24.8 °C
1	Abril	2019	6.5 °C	15.9 °C	26.4 °C
2	Abril	2019	6.4 °C	14.4 °C	30.0 °C
3	Abril	2019	8.9 °C	19.5 °C	27.9 °C
4	Abril	2019	12.3 °C	11.8 °C	22.5 °C
5	Abril	2019	6.7 °C	21.8 °C	25.6 °C
6	Abril	2019	6.0 °C	17.3 °C	28.0 °C
7	Abril	2019	7.2 °C	15.7 °C	24.7 °C
8	Abril	2019	7.1 °C	17.8 °C	29.2 °C
9	Abril	2019	6.5 °C	22.3 °C	28.0 °C
10	Abril	2019	6.4 °C	21.5 °C	29.1 °C
11	Abril	2019	7.2 °C	15.7 °C	26.5 °C
12	Abril	2019	6.7 °C	17.8 °C	28.2 °C
13	Abril	2019	9.6 °C	21.3 °C	28.3 °C
14	Abril	2019	6.8 °C	16.8 °C	26.4 °C
15	Abril	2019	7.4 °C	23.0 °C	27.9 °C
16	Abril	2019	8.5 °C	19.7 °C	26.5 °C
17	Abril	2019	12.8 °C	21.1 °C	29.9 °C
18	Abril	2019	11.6 °C	18.0 °C	28.3 °C
19	Abril	2019	7.5 °C	21.0 °C	27.1 °C
20	Abril	2019	8.5 °C	23.3 °C	27.9 °C
21	Abril	2019	7.7 °C	24.3 °C	31.5 °C
22	Abril	2019	7.6 °C	26.7 °C	33.2 °C
23	Abril	2019	7.5 °C	25.1 °C	33.1 °C
24	Abril	2019	7.6 °C	19.5 °C	24.7 °C
25	Abril	2019	4.7 °C	22.0 °C	26.6 °C
26	Abril	2019	11.9 °C	22.2 °C	29.7 °C



Anexo 6. Semillas germinadas de Ponciana de plantas normales (Evaluación 02) (28 dds) en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana (*Delonix regia*)”. 2019.

Repeticiones	Tratamientos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
R1	0	27	16	62	8	157	60
R2	0	24	5	8	15	99	70
R3	0	5	25	0	3	73	36
R4	1	35	23	14	3	73	28
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>91</b>	<b>69</b>	<b>84</b>	<b>29</b>	<b>402</b>	<b>194</b>
<b>Promedio</b>	<b>0.25</b>	<b>22.75</b>	<b>17.25</b>	<b>21</b>	<b>7.25</b>	<b>100.5</b>	<b>48.5</b>

Anexo 7. Semillas germinadas de Ponciana de plantas anormales (Evaluación 02) (28 dds) en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana (*Delonix regia*)”. 2019.

Repeticiones	Tratamientos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
R1	0	54	26	13	7	27	89
R2	2	17	12	13	15	50	68
R3	0	6	11	0	11	60	83
R4	3	11	18	6	6	58	103
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>88</b>	<b>67</b>	<b>32</b>	<b>39</b>	<b>195</b>	<b>343</b>
<b>Promedio</b>	<b>1.25</b>	<b>22</b>	<b>16.75</b>	<b>8</b>	<b>9.75</b>	<b>48.75</b>	<b>85.75</b>

Anexo 8. Semillas germinadas de Ponciana de semillas duras (Evaluación 02) (28 dds) en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana (*Delonix regia*)”. 2019.

Repeticiones	Tratamientos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
R1	160	80	101	66	1	0	16
R2	176	124	105	175	145	0	51
R3	168	167	142	191	3	0	67
R4	157	117	127	157	12	0	69
<b>Total</b>	<b>661</b>	<b>488</b>	<b>475</b>	<b>589</b>	<b>161</b>	<b>0</b>	<b>203</b>
<b>Promedio</b>	<b>165.25</b>	<b>122</b>	<b>118.75</b>	<b>147.25</b>	<b>40.25</b>	<b>0</b>	<b>50.75</b>

**Anexo 9. Semillas germinadas de Ponciana de semillas muertas (Evaluación 02) (28 dds) en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana (*Delonix regia*)”. 2019.**

Repeticiones	Tratamientos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
<b>R1</b>	40	39	57	59	184	0	51
<b>R2</b>	22	35	32	4	25	0	62
<b>R3</b>	32	22	22	9	183	0	81
<b>R4</b>	39	37	22	23	179	0	69
<b>Total</b>	<b>133</b>	<b>133</b>	<b>133</b>	<b>95</b>	<b>571</b>	<b>0</b>	<b>263</b>
<b>Promedio</b>	<b>33.25</b>	<b>33.25</b>	<b>33.25</b>	<b>23.75</b>	<b>142.75</b>	<b>0</b>	<b>65.75</b>

**Anexo 10. Semillas germinadas de Ponciana de plantas normales expresado en porcentaje (%). (Evaluación 02) (28 dds) en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana (*Delonix regia*)”. 2019.**

Repeticiones	Tratamientos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
R1	0	13.5	8.0	31.0	4.0	78.5	30.0
R2	0	12.0	2.5	4.0	7.5	49.5	35.0
R3	0	2.5	12.5	0.0	1.5	36.5	18.0
R4	0.5	17.5	11.5	7.0	1.5	36.5	14.0
<b>Total</b>	<b>0.5</b>	<b>45.5</b>	<b>34.5</b>	<b>42.0</b>	<b>14.5</b>	<b>201.0</b>	<b>97.0</b>
<b>Promedio</b>	<b>0.12</b>	<b>11.38</b>	<b>8.63</b>	<b>10.50</b>	<b>3.63</b>	<b>50.25</b>	<b>24.25</b>

**Anexo 11. Semillas de plantas anormales de Ponciana expresadas en porcentaje (%) (Evaluación 02) (28 dds) en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana (*Delonix regia*)”. 2019.**

Repeticiones	Tratamientos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
R1	0.00	27.0	13.0	6.5	3.5	13.5	44.5
R2	1.00	8.5	6.0	6.5	7.5	25.0	34.0
R3	0.00	3.0	5.5	0.0	5.5	30.0	41.5
R4	1.50	5.5	9.0	3.0	3.0	29.0	51.5
<b>Total</b>	<b>2.50</b>	<b>44.0</b>	<b>33.5</b>	<b>16.0</b>	<b>19.5</b>	<b>97.5</b>	<b>171.5</b>
<b>Promedio</b>	<b>0.63</b>	<b>11.00</b>	<b>8.38</b>	<b>4.00</b>	<b>4.88</b>	<b>24.38</b>	<b>42.88</b>

**Anexo 12. Semillas duras de plantas de Ponciana expresadas en porcentaje (%) (Evaluación 02) (28 dds) en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana (*Delonix regia*)”. 2019.**

Repeticiones	Tratamientos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
R1	80.0	40.0	50.5	33.0	0.5	0	8.0
R2	88.0	62.0	52.5	87.5	72.5	0	25.5
R3	83.5	83.5	71.0	95.5	1.5	0	33.5
R4	78.5	58.5	63.5	78.5	6.0	0	34.5
<b>Total</b>	<b>330.0</b>	<b>244.0</b>	<b>237.5</b>	<b>294.5</b>	<b>80.5</b>	<b>0</b>	<b>101.5</b>
<b>Promedio</b>	<b>82.50</b>	<b>61.00</b>	<b>59.38</b>	<b>73.63</b>	<b>20.13</b>	<b>0</b>	<b>25.38</b>

**Anexo 13. Semillas muertas de plantas de Ponciana expresadas en porcentaje (%) (Evaluación 02) (28 dds) en “Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de Ponciana (*Delonix regia*)”. 2019.**

Repeticiones	Tratamientos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
R1	20.0	19.5	28.5	29.5	92.0	0	25.5
R2	11.0	17.5	16.0	2.0	12.5	0	31.0
R3	16.0	11.0	11.0	4.5	91.5	0	40.5
R4	19.5	18.5	11.0	11.5	89.5	0	34.5
<b>Total</b>	<b>66.5</b>	<b>66.5</b>	<b>66.50</b>	<b>47.5</b>	<b>285.5</b>	<b>0</b>	<b>131.5</b>
<b>Promedio</b>	<b>16.63</b>	<b>16.63</b>	<b>16.63</b>	<b>11.88</b>	<b>71.38</b>	<b>0</b>	<b>32.88</b>