

**Instituto de Educación Superior Tecnológico Público  
"De las Fuerzas Armadas"**



**TRABAJO DE APLICACIÓN PROFESIONAL**

**MÉTODOS DE ESCARIFICACIÓN CON UNA MÁQUINA  
ESCARIFICADORA MECÁNICA PARA LA GERMINACIÓN DE  
SEMILLAS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL TÉCNICO EN  
ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS FORESTALES**

**PRESENTADO POR:**

**RUIZ CORDOVA, Jhunion Jesus  
RUIZ CORDOVA, Alex Rovinson**

**LIMA, PERÚ**

**2020**



Este trabajo de aplicación profesional se lo dedicamos a nuestra madre Flora Córdova Cruz por instruirnos de valores y por inculcarnos a ser una persona soñadora y por permanecer en cada etapa de nuestra vida. A nuestros abuelitos, Teobaldo Córdova y Felicita Cruz, quienes desde pequeño con sus grandes enseñanzas y su sabia experiencia nos guiaron e inculcaron nuestra vocación de estudio. A nuestros hermanos por confiar en nosotros y por brindarnos siempre su apoyo incondicional.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, Todopoderoso, por permitirnos culminar nuestros estudios con éxito.

Al Ejército peruano, a la gloriosa Arma de Caballería, al coronel del ejército Jorge Luis Paredes Távara, por permitirnos formarnos como licenciados del Ejército del Perú.

A los oficiales, técnicos suboficiales, suboficiales y promociones de licenciamiento quienes nos brindaron su apoyo moral para cursar nuestros estudios en el Instituto de Educación Superior Tecnológico Público “De las Fuerzas Armadas” (IESTPFFAA).

Al Instituto de Educación Superior Tecnológico Público “De las Fuerzas Armadas, principalmente, a la especialidad de Administración de Recursos Forestales, por acogernos en sus aulas durante 3 años de formación profesional, a nuestros docentes tutores y a nuestros jefes de carrera por guiarnos en nuestra formación profesional.

A nuestra familia, en especial, a nuestros padres y hermanos quienes son el motivo de superación y por el apoyo incondicional que nos brindan siempre.

Finalmente, un especial agradecimiento al Ing. Kleder Naun Correa Calderón por brindarnos la confianza para poder realizar nuestras prácticas preprofesionales y nuestro trabajo de aplicación profesional con el levantamiento del vivero y producción de plántones en sus predios.

## ÍNDICE

	Página
Resumen	x
<b>INTRODUCCIÓN</b>	xii
<b>CAPÍTULO I</b>	xiii
<b>DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA</b>	xiii
<b>1.1. Formulación del Problema</b>	14
<b>1.1.1. Problema general</b>	15
<b>1.1.2. Problemas específicos</b>	15
<b>1.2. Objetivos</b>	16
<b>1.2.1. Objetivo general</b>	16
<b>1.2.2. Objetivos específicos</b>	16
<b>1.3. Justificación</b>	17
<b>CAPÍTULO II</b>	18
<b>MARCO TEÓRICO</b>	18
<b>2.1 ESTADO DE ARTE</b>	19
<b>2.2 Bases Teóricas</b>	22
<b>2.2.1 Escarificación</b>	22
<b>2.2.2 Métodos de escarificación</b>	22
<b>2.2.2.1 Escarificación por inmersión</b>	22
<b>2.2.2.2 Escarificación mecánica</b>	22
<b>2.2.3 Máquinas escarificadoras</b>	23
<b>2.2.4 Clases de máquinas escarificadoras</b>	23
<b>2.2.4.1 Escarificador mecánico con lija gruesa en su interior</b>	23
<b>2.2.4.2 Pistola de semillas</b>	24
<b>2.2.4.3 Cautín o quemador incandescente:</b>	25
<b>2.2.4.4 Quemador mecánico</b>	26
<b>2.2.5 Germinación</b>	26
<b>2.2.6 Descripción de las especies a tratar</b>	27
<b>2.2.6.1 Algarrobo (<i>Prosopis pallida</i>)</b>	27
<b>2.2.6.2 Sapote, (<i>Capparis scabrida</i>)</b>	29
<b>2.2.6.3 Faique, (<i>Acacia macracantha</i>)</b>	32
<b>2.2.6.4 Charan (<i>Caesalpinia pai-pai</i>)</b>	35
<b>CAPÍTULO III</b>	37
<b>DESARROLLO DEL TRABAJO</b>	37
<b>3.1 Finalidad</b>	38

<b>3.2 Propósito</b>	<b>38</b>
<b>3.3 Componentes</b>	<b>38</b>
<b>3.3.1. Para la instalación del vivero</b>	<b>38</b>
<b>3.4 Actividades</b>	<b>39</b>
<b>3.4.1 Descripción del trabajo en vivero</b>	<b>40</b>
<b>3.4.1.1 Instalación de vivero:</b>	<b>40</b>
<b>3.4.1.2 Limpieza:</b>	<b>41</b>
<b>3.4.1.3 Nivelación:</b>	<b>41</b>
<b>3.4.1.4 Cerco, techo y Tinglado:</b>	<b>41</b>
<b>3.4.1.5 Instalación de fuente de agua:</b>	<b>43</b>
<b>3.4.1.6 Sustrato:</b>	<b>43</b>
<b>3.4.1.7 Preparación de sustrato</b>	<b>44</b>
<b>3.4.1.8 Almacén:</b>	<b>45</b>
<b>3.4.1.9 Zona destinada al cultivo de otras especies ornamentales y frutales:</b>	<b>45</b>
<b>3.4.1.10 Ordenamiento y designación del área del vivero:</b>	<b>46</b>
<b>3.4.1.11 Preparación de la semilla</b>	<b>49</b>
<b>3.4.1.12 Escarificación</b>	<b>49</b>
<b>3.4.1.13 Escarificación mecánica</b>	<b>49</b>
<b>3.4.1.14 Escarificación física</b>	<b>50</b>
<b>3.4.1.15 Germinación:</b>	<b>51</b>
<b>3.4.1.16 Repique:</b>	<b>52</b>
<b>3.4.1.17 Labores culturales:</b>	<b>52</b>
<b>3.4.1.18 Mantenimiento fitosanitario:</b>	<b>53</b>
<b>3.4.2 Diseño de máquina escarificadora</b>	<b>53</b>
<b>3.4.2.1 Construcción de la mesa base</b>	<b>53</b>
<b>3.4.2.2 Ubicación del motor eléctrico de dos velocidades y las poleas</b>	<b>54</b>
<b>3.4.2.3 Instalación de los 2 cilindros y ejes rotativos</b>	<b>55</b>
<b>3.4.2.4. Diseño y ubicación del circuito eléctrico</b>	<b>57</b>
<b>3.4.2.5. Instalación del tablero digital para controlar la temperatura y tiempo del agua</b>	<b>57</b>
<b>3.4.2.6. Llave Termomagnético Monofásico</b>	<b>58</b>
<b>3.4.2.7. Procedimiento para la construcción de la maquina escarificadora</b>	<b>63</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>65</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>65</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>66</b>
<b>Porcentaje de germinación de semillas con escarificado</b>	¡Error! Marcador no definido.
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>70</b>

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	70
<b>CONCLUSIONES</b>	71
<b>RECOMENDACIONES</b>	72
<b>REFERENCIAS</b>	73

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Escarificador mecánico con lija gruesa en su interior y grupo de presión que suministra aire a 4 bares de presión	23
Figura 2. Pistola de semillas	24
Figura 3. Vista de un corte trasversal para la construcción de una pistola de semillas	24
Figura 4. Del cautin o quemador incandecente	25
Figura 5. Del cautin pirógrafo	25
Figura 6. Máquina Quemador mecánico	26
Figura 7. Terreno donde se instalará el vivero	40
Figura 8. Terreno lleno de maleza	41
Figura 9. Techado con malla raschel	42
Figura 10. Tinglado de la estructura del vivero con malla raschel	42
Figura 11. Cercado con malla raschell	42
Figura 12. Fuente de agua	43
Figura 13. Componentes del sustrato	43
Figura 14. recolección de sustrato	44
Figura 15. Preparación de sustrato	44
Figura 16. Tierra negra.	45
Figura 17. Herramientas para mezclar el sustrato.	45
Figura 18. Siembra otras especies ornamentales.	46
Figura 19. Plantones de huabo o pacay	46
Figura 20. Cama de siembra directa	47
Figura 21. Cama llena de siembra directa llena de bolsas con sustrato	48
Figura 22. Camas de repique vacía	48
Figura 23. Semillas escarificadas con agua caliente.	50
Figura 24. Semillas escarificadas con agua de temperatura ambiente	51
Figura 25. Cama con plantones de faique	51
Figura 26. Repique y traslado de bolsas a las camas de repique	52
Figura 27. Traslado de plantones a las camas de repique	52
Figura 28. Dibujo a mano alzada de la mesa	53
Figura 29. Diseño de mesa de metal – soporte escarificadora	54



	Página
Figura 30. Diseño ubicación de motor	55
Figura 31. Diseño de los cilindros rotativos	56
Figura 32. Diseño del eje rotativo	56
Figura 33. Diseño ubicación del circuito eléctrico	57
Figura 34. Diseño del circuito del tablero eléctrico	57
Figura 35. Componentes de control	58
Figura 36. Componentes de la maquina escarificadora	58
Figura 37. Controles de la máquina escarificadora	59
Figura 38. Modelo del circuito eléctrico	60
Figura 39. Propuesta de tipo de motor	62
Figura 40. Poder germinativo en camas con semillas escarificadas mecánicamente	68
Figura 41. Poder germinativo en camas con semillas escarificadas con agua hervida y semillas escarificadas remojadas y dejando al sol	68

**LISTA DE TABLAS**

	<b>Página</b>
Tabla 1: Poder germinativo de las semillas en siembra directa sin escarificación	46
Tabla 2: Camas para semillas escarificadas mecánicamente	65
Tabla 3: Camas para semillas escarificadas con agua hervida	66
Tabla 4: Camas para semillas escarificadas dejando remojar en agua y colocándolas al sol	66
Tabla 5: Resumen de resultados del proceso de escarificación	68

## RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló teniendo como objetivo evaluar dos métodos de escarificación en campo, alineados a la búsqueda de reducción del tiempo de germinación de semillas de especies nativas como algarrobo (*Prosopis pallida*); el sapote, (*Camparis scabrida*); el faique, (*Acacia macracantha*) y el charan (*Caesalpinia pai-pai*) provenientes de bosques secos de la región norte del Perú, posteriormente proponer el diseño de una maquina escarificadora que permita poner en práctica los métodos de geminación más eficientes para semillas de testa dura.

Para llevar a cabo este trabajo inicialmente se visitó y evaluó las condiciones del terreno donde posteriormente se instaló el vivero para la producción de plantones, adquiriendo semillas certificadas. Para lograr que las semillas germinen en el menor tiempo posible, se trabajó con dos tipos de escarificación, una mecánica que consta en hacerle cortes a la semilla y otra física que se orientó al uso del agua.

Los resultados demostraron que la escarificación mecánica en la cual se realizó cortes laterales o periféricos a la semilla de testa dura, es uno de los procesos más eficientes para la germinación de este material genético, puesto que mediante las evaluaciones realizadas se determinó un poder de germinación superior al 95%.

Validado mediante la experiencia recabada en campo que los métodos mecánicos son los que tienen mayor éxito en la germinación rápida de semillas de testa dura, se procedió a diseñar una maquina escarificadora con los requerimientos y especificaciones necesarios para automatizar el proceso de escarificación, primero trabajando en bocetos a mano alzada y posteriormente en software de diseño gráfico eléctrico y de simulación virtual,

**Palabras clave:** escarificación, testa, germinación, maquina escarificadora, semillas duras

## INTRODUCCIÓN

La germinación de las semillas de testa dura de semillas nativas principalmente del bosque seco es un proceso muy lento ya que en época de lluvia los animales que habitan estos predios cumplen con la función de escarificar dentro de su trato digestivo y esparcir las semillas provocando que la semilla germine por causas naturales por en periodo de tiempo lento

El presente trabajo de aplicación tiene como meta poder diseñar una máquina con dos tipos de escarificación como el caso numero 1 mecánicamente que consiste en hacer fisuras a la semilla mediante tornos forrados con lijas, y el caso número 2 físicamente con agua hirviendo por un periodo de tiempo establecido para cada semilla estos dos métodos en una sola máquina permitirá reducir el tiempo de germinación de las semillas con testa dura, este sistema proporciona una gran ventaja de producción de plántones en menor tiempo posible,

Para abordar la temática, este trabajo de aplicación se estructuró en los siguientes capítulos:

En el Capítulo I, a través de la formulación del problema, se describe que la zona norte del Perú presenta lenta germinación de semillas de testa dura, planteándose objetivos para dar solución a este problema. Asimismo, mediante la justificación se explica los motivos y/o razones por las cuales se ha llevado a cabo el presente trabajo de aplicación.

En el Capítulo II, se desarrolla el estado de arte, antecedentes de estudio que muestran similitud con nuestro trabajo de aplicación. Asimismo, se desarrollan las bases teóricas que dan fundamento y justifican la investigación del nivel de conocimiento sobre los diferentes métodos de escarificación de una semilla para reducir el tiempo de germinación

En el capítulo III, se indica la finalidad y propósito que cumple el trabajo de aplicación, también se menciona qué función realiza cada componente dentro del desarrollo del trabajo; a través de las actividades se describe, detalladamente, la ejecución del trabajo de aplicación y se finaliza mencionando las limitaciones que se presentaron durante el proceso del trabajo de aplicación.

Capítulo IV: Se describen los resultados de la investigación luego de haberlo ejecutado.

Capítulo V: Se indican en palabras simples las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de aplicación.

## **CAPÍTULO I**

### **DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA**

## 1.1. Formulación del Problema

En el bosque seco de Piura encontramos semillas de especies nativas como son el algarrobo (*Prosopis pallida*); el sapote, (*Camparis scabrida*); el faique, (*Acacia macracantha*); y el charan (*Caesalpinia pai-pai*) estas especies se caracterizan por presentar su testa dura y su permeabilidad muy resistente lo que conlleva a que el proceso de germinación sea muy lento.

A lo largo de los años la germinación de las semillas siempre ha sido de manera natural involucrando factores climáticos como son la temperatura, humedad, lluvia etc. Incluso los animales son el factor principal para la distribución y germinación de las semillas. La propagación de semillas en el bosque es principalmente a través del ganado. Las semillas allí solían ser escasas en el tracto digestivo del ganado, principalmente cabras, representando el 80%. Durante el pastoreo, las semillas se distribuyen lejos, y estas semillas a veces se mantienen en el campo durante varios años. Hasta que llegó la lluvia provocada por el fenómeno El Niño, este proceso condujo a la recolección de bosques secos. Además, se sabe que Existen otras diversas formas de diseminación como por ejemplo a través del viento, aves y el zorro costero *Ducsicyon sechurae* (Calderón, 1999, y Gonzales et al., 2013).

En tanto a las especies de algarrobo, el sapote, el faique, charán, sus frutos son conocido como algarroba (en el caso del algarrobo) o vainas que sirven como alimento para los animales que habitan en la región, sus formas son alargadas, comprimidas y retorcidas las cuales no se abren por sí solas cuando estas están secas y maduras e impiden soltar las semillas que albergan, sus gruesas paredes están compuestas por una alta acumulación de taninos y azúcares, las especies de bosque seco muestran un amplio rango en el número de semillas por fruto, la tendencia de la mayoría de especies es producir entre uno a diez semillas por fruto. (Perú Ecológico, 2009).

La presencia de testa dura también puede provocar dormancia física en semillas de algunas especies, El tipo de dormancia ocasionada por la cubierta de la semilla en zonas áridas es parte de una de las estrategia de supervivencia de semillas de muchas especie, al actuar como un controlador de la germinación (Finch-Savage y Leubner-Metzger, 2006, p. 502).

Actualmente existen varias máquinas de escarificación para semillas forestales con testa dura, máquinas que sirven para la rápida germinación, contamos con máquinas de talla industrial como es el caso nacional en Porcón Cajamarca, que no solo permite escarificar, sino que también permite separar las semillas según su tamaño y peso para ser escarificadas, así como también mejorar la genética de esta y realizar la producción clonal (Toledo, 2013).

El Expediente Técnico (Mejoramiento de la competitividad de la cadena productiva de los cultivos andinos quinua, tarwi y haba en las provincias de Cajabamba, Cajamarca, San Marcos, Celendín, Hualgayoc, Cutervo, Chota y San Pablo de la región Cajamarca” 2013) logró que su producción de plántulas sea eficaz reduciendo el tiempo de germinación de una plántula. Aunque también existen máquinas artesanales a nivel nacional específicas para especies forestales de bosque tropical estos pequeños productores de plántulas no cuentan con registros patentados de ciertas máquinas si no que a través de sus conocimientos basados en su experiencia trabajando con estas especies forestales han logrado reducir el tiempo de germinación para su mayor producción de plántulas.

En el caso del bosque seco situado en la región norte de Perú los productores de especies nativas como son el algarrobo; el sapote, el faique, charán lo hacen de manera manual y artesanal esto representa un problema en cuanto a la reducción de tiempo de germinación de una semilla ya que escarificar mecánicamente cada semilla conlleva en emplear demasiado tiempo, así mismo instituciones educativas han tomado la iniciativa de crear viveros para producir especies de peligro de extinción con el respaldo y la capacitación de los especialistas de la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre de Piura (Andina, 2016).

### **1.1.1. Problema general**

1.0 ¿Cómo se puede aplicar los métodos de escarificación con una máquina escarificadora mecánica para la germinación de semillas?

### **1.1.2. Problemas específicos**

1.1 ¿Cómo germinan tradicionalmente las semillas de las especies algarrobo (*Prosopis pallida*); el sapote, (*Capparis scabrida*); el faique, (*Acacia macracantha*); charan (*Caesalpinia pai-pai*)?

1.2 ¿Cómo diseñar una maquina escarificadora para semillas de especies algarrobo (*Prosopis pallida*); el sapote, (*Capparis scabrida*); el faique, (*Acacia macracantha*); charan (*Caesalpinia pai-pai*)?

1.3 ¿Cuáles son los métodos o formas que funcionará la máquina escarificadora propuesta?

## **1.2.Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

1.0 Proponer dos métodos de escarificación con una máquina escarificadora mecánica para la germinación de semillas son el algarrobo (*Prosopis pallida*); el sapote, (*Capparis scabrida*); el faique, (*Acacia macracantha*) y el charan (*Caesalpinia pai-pai*)

### **1.2.2. Objetivos específicos**

1.1 Clasificar las semillas apropiadas de algarrobo (*Prosopis pallida*); el sapote, (*Capparis scabrida*); el faique, (*Acacia macracantha*); charan (*Caesalpinia pai-pai*), para escarificar en la maquina escarificadora.

1.2 Diseñar una maquina escarificadora mecánica para las semillas seleccionadas.

1.3 Proponer los dos métodos de escarificación para las especies de algarrobo (*Prosopis pallida*); el sapote, (*Capparis scabrida*); el faique, (*Acacia macracantha*) y charan (*Caesalpinia pai-pai*) para escarificación física y escarificación mecánica.



### **1.3. Justificación**

A lo largo del bosque seco de Piura existen varias especies forestales nativas como el algarrobo (*Prosopis pallida*); el sapote, (*Capparis scabrida*); el faique, *Acacia macracantha*; charán (*Caesalpinia pai-pai*), las cuales tienen un método de germinación de semillas muy lenta ya que los animales que habitan en este territorio cumplen la función de escarificar y esparcir las semillas en los meses de octubre hasta finales de marzo conjunto las lluvias y estos animales como son las cabras, burros, caballos ovejunos, chivas, y los zorros hacen este proceso desde la ingestión de las semillas, su sistema de cada animal escarifica la semilla de cada especie forestal mezclando los ácidos que existen en su sistema digestivo ablandando la testa y haciendo pequeñas fisuras para que la humedad active el alimento guardado en cada semilla y esta pueda germinar post ingestión en el campo. Principalmente este proceso busca romper la latencia cuando las semillas pasan por el tracto digestivo del ganado, sin embargo, existen resultados contradictorios.

Según Mousissie (2005) considera que uno de los aspectos generales y fundamentales de la propagación de plantas por semillas para regenerar bosques y poblaciones es el ciclo reproductivo de estas especies.

Existen numerosos estudios que destacan el papel de la endozoocoria, y de los animales de granja en particular, en la restauración y mantenimiento de la biodiversidad de los hábitats naturales debido a su contribución al enriquecimiento del banco de semillas del suelo (Farwig y Berens, 2012).

En muchas semillas de especies arbóreas, cuando el fruto se seca, resisten mejor el paso por el tracto digestivo del ganado que las de frutos carnosos, y en general el porcentaje de destrucción de semillas es inversamente proporcional a la dureza de su pelaje. (Sardiñas, et al, 2020).

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

## 2.1 ESTADO DE ARTE

La fase de reposo se establece durante la formación de la semilla y tiene una función importante que es limitar la germinación en la planta madre antes de que se extienda en el campo. El tiempo de reposo es visto como un ajuste que contribuye a la supervivencia del individuo o de la futura planta, ya que limita la germinación cuando los factores ambientales son desfavorables para el desarrollo de la plántula (Varela y Arana, 2010).

La latencia retarda la germinación de las plantas y se da con mayor frecuencia en bosques secos. La latencia consiste en que las semillas no germinen cuando hace demasiado frío o demasiado calor, ya que en esas condiciones es el propio medio quien hace que la germinación no sea factible, lo que hace la latencia es asegurar que las semillas no germinan incluso cuando las condiciones son favorables, no todas las plantas tienen semillas latentes, muchas de las especies sus semillas germinan en el momento en que son expuestas a condiciones que favorecen la germinación de las mismas. Las plantas pueden adquirir y perder la latencia de sus semillas de manera rápida como resultado de la selección (Universidad de Granada, 2014)

En ambientes áridos, se ha demostrado que la inducción de latencia en las semillas por algunas especies podría ser una adaptación beneficiosa para mantenerlas vivas durante la época seca (Pritchard, 2004). Mientras que la recolección de semillas con algún período de inactividad provoca inconvenientes para su uso inmediato después del almacenamiento al impedir su rápida germinación. En el bosque seco se han encontrado especies que producen semillas maduras con embriones pequeños, subdesarrollados y abundantes endospermas que pueden impartir latencia morfológica o morfo fisiológica. (Romero-Saritama y Pérez Ruiz, 2016), es necesario dejar reposar a la semilla por un período de tiempo antes de la germinación para permitir que el embrión madure (Martin 1946; Nikolaeva 1999; Forbis y Diggle 2001), para las especies con semillas que están inactivas, además del tiempo necesario para acondicionar las semillas para la germinación después del almacenamiento, se debe permitir que el embrión se desarrolle y crezca (aproximadamente un mes) para que alcance la germinación. (Baskin y Baskin 2004; Mattana et al. 2014). En cambio, en el caso de la mayoría de las especies de bosques secos, estas semillas pueden producir embriones bien desarrollados, por lo que germinan más rápido porque no tienen que pasar el período de crecimiento. (Forbis et al. 2002; Romero-Saritama y Pérez-Ruiz 2016).

En un ambiente seco, las plantas pueden destinar más energía a producir semillas individuales o algunas semillas. Es más probable que estas semillas toleren las condiciones de sequía de estos ambientes y produzcan frutos con mejores capacidades de protección de semillas, demostrando así ciertas áreas Sembrar semillas de alto rendimiento como estrategia reproductiva, porque si el número de semillas es mayor, las posibilidades de germinación y crecimiento del hábitat o de la recolección forestal son mayores (Ayala-Cordero et al., 2004).

Las semillas de los frutos secos del bosque son lisas y rugosas, y la mayoría de las semillas tienen características duras y lisas. Estas características y el tamaño de las semillas evitan la deshidratación por las altas temperaturas y limitan su germinación sin las condiciones ambientales adversas que existen en los bosques secos. La germinación de semillas está restringida y las semillas germinan solo cuando se crean las condiciones ambientales necesarias. (Gardarin et al., 2010).

La germinación natural comienza cuando el agua ingresa a la semilla a través de las grietas de las condiciones naturales (como el viento, la temperatura, la humedad, el oxígeno y la hidratación del tejido de la semilla). Varía según la especie (absorción). Una vez que la semilla está hidratada, comienzan a activarse una serie de procesos metabólicos, que es fundamental para la siguiente etapa de germinación. Estrictamente hablando, la segunda etapa del proceso de germinación se denomina etapa de germinación, en la que se reduce la absorción de agua por parte de las semillas, y generalmente se activa el metabolismo de las semillas, y termina con el alargamiento y crecimiento de las semillas Radícula. Cuando ocurre en condiciones naturales de campo, la germinación no se considera completa hasta la emergencia y desarrollo de plántulas normales, y en el laboratorio, cuando la radícula rompe la cubierta de semen, la germinación se considera completa. (Pita y Pérez, 1998)

Para romper la testa y germinar estas semillas autores como Poulsen y Fin (2000); Prendes et al. (2011) y empresas como Telectro en Dinamarca, CMC Instalación. y Vulcano Tec Perú (para escarificar semillas de quinua) han elaborado máquinas y equipos de germinación mecánica.

Según Nieto y Vimos (1992) se realizó una investigación para mejorar la producción de semilla de quinua, donde resalta que se inicia los mejoramientos de máquinas para la selección y escarificación de semillas desde los años de 1950 con el fin de mejorar la producción de quinua. Posteriormente Magini (1962) describe un método de recubrir las semillas utilizando una pequeña hormigonera. Se coloca la semilla en la hormigonera (unos 12 kg cada vez es una cantidad adecuada) y se humedece con una solución adhesiva formada por una parte de látex. En la actualidad en Perú existen máquinas como lo son de la empresa Vulcano Tec que sirven para escarificar semillas de quinua, esto también conocida como desaponificadora, esta máquina es utilizada para remover la saponina por medio de fricción y obtener la quinua perlada. Expediente Técnico (Mejoramiento de la competitividad de la cadena productiva de los cultivos andinos quinua, tarwi y haba en las provincias de Cajabamba, Cajamarca, San Marcos, Celendín, Hualgayoc, Cutervo, Chota y San Pablo de la región Cajamarca” 2013, en Piura aun no existen máquinas escarificadoras para las especies forestales nativas de bosque seco, los pequeños productores de plantones aun trabajan con métodos artesanales para la germinación rápida en viveros, SERFOR\_ Perú.

Para diseñar una máquina escarificadora se considera los siguientes factores,

- a) la recolección y selección de semillas se hace la selección y la limpieza de las mejores muestras de semillas a escarificar,
- b) colocar materiales como lija arena vidrio sobre una superficie para hacer fisuras a las semillas
- c) considerar la temperatura para quemar cada semilla y hacer una fisura, tiempo de remojo en el caso de escarificación por inmersión también se considera la temperatura, ajuste de la velocidad de giros de tornos forrados con lijas según el tamaño de semillas
- d) fuentes de energía como puede ser motor con dos velocidades baterías solares o sistema eléctrico (Poulsen y Fin ,2000).

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 Escarificación**

La escarificación es el proceso de creación de grietas e intervenciones en la cubierta de la semilla, ya sea mediante tratamientos físicos, mecánicos y biológicos como calor seco, rotura de la cubierta de la semilla, remojo en agua y soluciones químicas que permiten que las semillas germinen. Todos estos tratamientos que destruyen o reducen la impermeabilidad del techo se conocen como escarificación. En algunos casos, basta con destruir un solo punto de su corteza para que se produzca la absorción, el intercambio de gases y comience la germinación. (Padilla, 1995).

### **2.2.2 Métodos de escarificación**

Una gran cantidad de semillas del bosque no germinarán porque la testa dura impide la entrada de agua (reposo físico) y la semilla no germinará a menos que se corte la testa. En muchas de estas especies, la capa exterior consiste en una cubierta impermeable de células malladas.

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 (Besnier, 1965, citado por Erazo, 1987)

#### **2.2.2.1 Escarificación por inmersión**

En este método se tiene en cuenta los siguientes factores la temperatura y el tiempo, la temperatura nos sirve para medir el nivel de calentura del agua para poder ablandar la testa de las semillas, y el tiempo nos servirá para hacer los distintos ensayos y adecuarnos el tiempo y la temperatura adecuada para cada semilla (Patiño et al., 1983; Hartmann y Kester, 1988)

#### **2.2.2.2 Escarificación mecánica**

El objetivo de este método consiste en hacer fisuras a la testa de las semillas con materiales como son un cortaúñas tijeras o como también lijas estas pequeñas incisiones

permiten la entrada de la humedad para activar el alimento de la semilla llevándose a cabo la rápida germinación del cotiledón (Goor y Barney, 1976 ; García, 1991).

### 2.2.3 Máquinas escarificadoras

Existen pocas maquinas escarificadoras de semillas forestales con testa dura

Estas máquinas son equipos contruidos con la finalidad de hacer que la humedad introduzca y penetre la testa por medio de pequeños cortes compuestos por sistemas eléctricos donde cuentan con cilindros forrados con lijas y llenados con arena las semillas se colocan y son escarificadas por medio del movimiento giratorio de los tornos como también se hace escarificación por medio de cautines calientes que hacen una fisura a la semilla estas máquinas funcionan con motores de dos tiempos sean mecánicos o eléctricos (Poulsen y Fin ,2000).

### 2.2.4 Clases de máquinas escarificadoras

#### 2.2.4.1 Escarificador mecánico con lija gruesa en su interior

Se fabricó un recipiente metálico en el que se inyectó aire a presión (4 bares) durante diferentes periodos de tiempo donde las semillas por medio de la inyección de aire chocan con una superficie rugosa.



*Figura 1.* Escarificador mecánico con lija gruesa en su interior y grupo de presión que suministra aire a 4 bares de presión (Prendes et al., 2011, p. 184)

### 2.2.4.2 Pistola de semillas

Según Poulsen y Fin (2000). “tres métodos de escarificación de semillas de testa dura” esta máquina trabaja lanzando las semillas contra la pared de un cilindro metálico, la pared es hueca con el fin de reducir el peso de la pistola, pero debe estar completamente llena de arena seca antes de utilizarla. La semilla se tira contra la pared a una velocidad de alrededor de 30m/s” (p. 36)

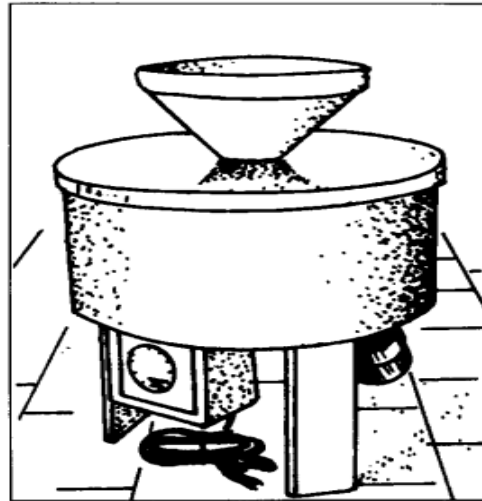


Figura 2. Pistola de semillas (Poulsen y Fin, 2000, p.44)

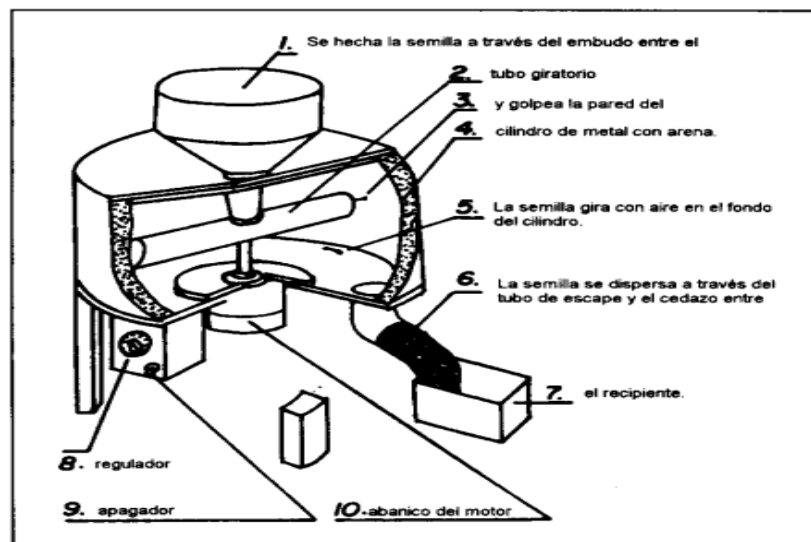


Figura 3. Vista de un corte trasversal para la construcción de una pistola de semillas (Poulsen y Fin, 2000, p. 36).



### 2.2.4.3 Cautín o quemador incandescente: es un método manual limitado a cantidades

Pequeñas de semillas donde se pueden escarificar 100 semillas en 2 a 3 minutos. La punta del cautín toca la testa por medio segundo y se hace un pequeño agujero marrón como también algunas rajaduras se hacen en la capa exterior impermeable de la testa, para evitar el daño de la semilla la maquina trabaja a temperatura más alta posible, se considera tener la punta de contacto más pequeña posible y tocar la testa en menor tiempo posible (Poulsen y Fin, 2000, p. 38).

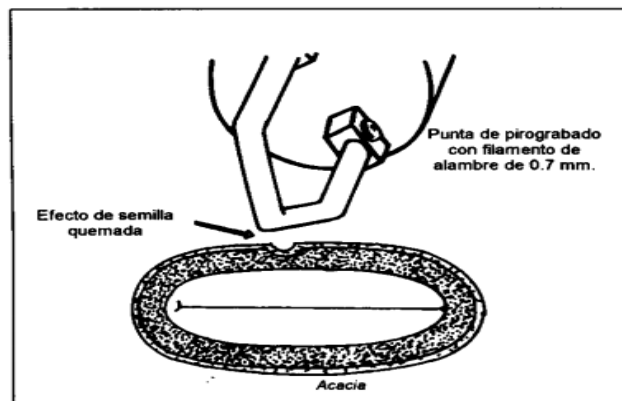


Figura 4. Del cautin o quemador incandecente(Poulsen y Fin, 2000, p. 38).

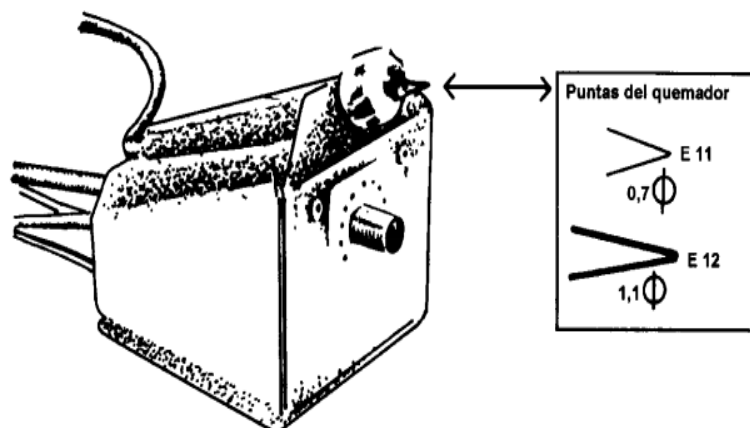


Figura 5. Del cautin pirógrafo (Poulsen y Fin, 2000, p. 52).

#### 2.2.4.4 Quemador mecánico

Poulsen y Fin (2000) afirman que un quemador mecánico es un cilindro con una ranura que gira a 20 revoluciones por minuto. La profundidad de la ranura se ajusta al tamaño de las semillas a escarificar y cuando pasa por el embudo recoge las semillas sin tratar, luego las semillas se salen de la ranura y se deslizan por el plano inclinado hasta que los detiene una barra que atraviesa el plano. Justo al frente de la barra hay una hendidura en el plano, en donde se coloca un alambre al rojo incandescente de 0.65 mm de diámetro y 32 cm de largo. la barra retiene las semillas cuando el hilo esta por debajo del centro de las semillas. Las semillas se queman por el lado plano ya que tienden a asentarse sobre este costado. Después de un periodo las semillas son expulsadas que caen a un recipiente.

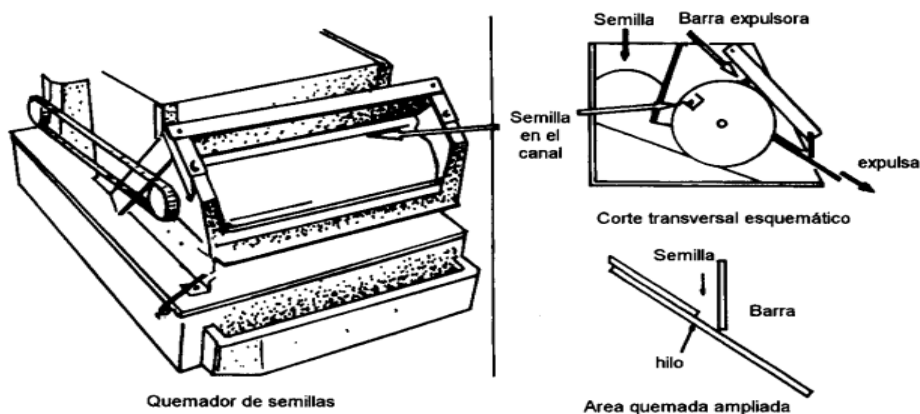


Figura 6. Máquina Quemador mecánico (Poulsen y Fin, 2000, p. 39).

#### 2.2.5 Germinación

Desde el inicio del crecimiento de la semilla hasta la formación de pequeñas plántulas que pueden sobrevivir por sí mismas, se trata de una serie de procesos que ocurren en las semillas. La primera etapa es el período de absorción de agua, durante el cual las semillas absorben agua y se expanden. El agua alrededor de la semilla pasa a través de la vaina de las envueltas seminales, y penetra en el interior de la semilla, y luego de llegar al embrión, entra en estado de germinación, que es suficiente para iniciar el proceso de crecimiento de la planta. La segunda etapa de la digestión y el transporte de los alimentos: lo primero que comienza a desarrollarse un embrión es la comida.

Por lo tanto, libera enzimas digestivas, disolviendo así parte del alimento absorbido del tejido de almacenamiento al embrión. A través de esta alimentación, el embrión puede respirar y crecer más rápido (De la Cuadra ,1992).

## 2.2.6 Descripción de las especies a tratar

### 2.2.6.1 Algarrobo (*Prosopis pallida*)

La especie algarrobo (*P. pallida*) se caracteriza de la siguiente manera:

#### **Taxonomía.**

Reino:	Plantae
División:	Fanerógama Magnoliophyta
Clase:	Dicotiledónea Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Subfamilia:	Mimosoideae
Tribu:	Mimoseae
Género:	<i>Prosopis</i>
Especie:	<i>P. pallida</i>

**Género.** Incluye alrededor de 47 especies en cinco partes, todas las cuales se originaron en las regiones áridas y semiáridas del continente americano, pocas veces en África y el sudeste asiático. Además, esta especie es un árbol o arbusto, generalmente seco (xerófilos) y espinoso. Las hojas suelen ser bipinnada y las plantas forman flores pequeñas, pentagonales, lineales y hermafroditas. El fruto es una leguminosa carnosa y sin fisuras (Palacios et al., 2012).

**Morfología.** Es un árbol siempre verde con una altura de 20 m, que puede crecer como arbusto en condiciones adversas.

La planta forma espinas axilares prescritas de hasta 4 cm de largo. Cuando están secas, las hojas son de color gris verdoso, doble pinnadas, pubescentes, ciliadas o glabras; los

pecíolos y las espinas miden 0,8-4,5 cm de largo, pubescentes; las láminas de las hojas miden 1,5 a 6 cm de largo, en las ramas de cada par de folíolos. Con glándulas en forma de cuña, cada par de lóbulos tiene de 6 a 15 pares; elíptica elíptica ovalada pequeña ovoide, obtusa, de 2,5 a 8,3 mm de largo y de 1,4 a 4 mm de ancho. La inflorescencia es de 2 a 3 veces más larga que las hojas, con 200 a 300 flores de tallo corto, formando un racimo cilíndrico. El raquis y el pedúnculo son pubescentes. Las flores son pentaméricas, lineales, hermafroditas (a veces estériles), de color amarillo verdoso, de 4 a 6 mm de largo (Dostert et al., 2012).

**Taxonomía.** La nomenclatura y taxonomía del género *Prosopis*, especialmente en la sección *Algarrobia*, son muy complejas, a menudo con descripciones contradictorias y diferentes conceptos sistemáticos (Beresford-Jones, 2005; Burghardt et al., 2010; Palacios et al., 2012 y Pasiiecznik et al., 2001). La base actual es la monografía de género de Burkart, Aunque se han hecho muchas propuestas en los últimos 20 años, el concepto de especie ha sido reemplazado y el número de especies ha disminuido o aumentado (Burghardt y Espert, 2007). Hoy en día, las limitaciones de las especies y el alcance de sus cambios se han convertido en tema de continua discusión científica.

**Distribución en Perú.** *P. pallida* es la principal especie de la costa del Perú. *P. pallida* se ha registrado en 13 provincias desde Tacna hasta Tumbes, principalmente en las zonas costeras desde los 0-1500msnm (Brako y Zarucchi, 1993).

**Hábitat.** El hábitat natural de *P. pallida* se encuentra en áreas áridas y semiáridas (Pasiiecznik et al., 2001). En el extremo sur del rango natural en el sur de Perú (18 a 20 ° S), *P. pallida* se ubica a baja altitud en las zonas costeras, llegando a llanuras costeras y ríos. En el norte de Perú y Ecuador, se encuentran a una altura media. Las plantas a menudo ocupan áreas donde la escasez de agua y nutrientes limitan severamente el crecimiento de otras plantas, y por lo general son las únicas plantas arbóreas que sobreviven en estos hábitats. Además, *P. pallida* generalmente domina en arroyos y depresiones secas o estacionalmente secas. Las plantas se encuentran en áreas costeras donde la precipitación anual promedio es menor o igual a 100 mm, y en áreas montañosas donde la precipitación anual promedio es tan alta como 1,500 mm; en áreas donde la precipitación anual supera los 1,000 mm, generalmente hay menos especies de gubio.

Para muchas especies de *Prosopis*, la precipitación anual varía entre 300 y 600 mm. *P. pallida* crece en áreas donde la precipitación anual es inferior a 200 mm (Dostert et al., 2012).

**La tasa de germinación** sin embargo, suele ser menor. Para extraer las semillas se puede poner en remojo el pericarpio (exocarpio y mesocarpio) durante 14 días, o bien colocar el fruto recién cosechado en una bolsa hermética, en este caso el mesocarpio se descompone por hongos (Díaz, 1995 y Pasiecznik et al., 2001). También, las semillas de *P. pallida* muestran una latencia evidente (Pasiecznik et al., 2001). La estratificación o raspaduras (mecánicas, térmicas o químicas) de la permeabilidad de la semilla son beneficiosas para que muchos tipos de *Prosopis* absorban agua y germinen (Marmillon, 1946 ; Vilela y Ravetta, 2001). Se supone que la cubierta de la semilla recién cosechada aún no se ha endurecido por completo (Ffolliott y Thames, 1983). Se puede pretratar con agua caliente (verter sobre las semillas o remojar en agua hirviendo durante 5-10 minutos) o mediante rascado mecánico (o una combinación de ambos). Además, el paso por el tracto digestivo de animales como el ganado reduce el período de latencia (Dostert et al., 2012).

#### **2.2.6.2 Sapote, (*Capparis scabrida*)**

La especie Sapote (*Capparis scabrida*) se caracteriza de la siguiente manera:

##### **Taxonomía.**

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Dilleniidae

Orden: Capparales

Familia: Capparaceae

Género: *Capparis*

Especie: *Capparis scabrida*

**Origen y distribución geográfica.** Esta especie se origina en América Tropical, pertenece a la flora de los bosques secos de Perú y Ecuador, en un rango de 0-2 500 m sobre el nivel del mar. (Brako y Zarucchi, 1993; Jørgensen y León, 1999; Rodríguez et al., 2007) En el Perú, su área de dispersión está circunscrita a las zonas costeras de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad.

**Descripción Botánica.** El sapote *Capparis scabrida* es un arbusto que alcanza más o menos 1,5 a 2 m de altura en la zona de La Libertad. Sin embargo, en las zonas de Lambayeque, Piura y Tumbes alcanza en promedio de 3 a 8 m de altura (Gutiérrez, 1953 y Herz, 2007). Al respecto, en las proximidades al área de conservación regional Angostura Faical se ha observado árboles que llegan a medir hasta 12 m de altura.

**Morfología.** Su forma es principalmente, rugosa, con raíces laterales bien desarrolladas, paralelas a la superficie del suelo, de color marrón blanquecino, mostrando franjas horizontales muy evidentes. Las raíces pueden ser horizontales al dar forma a los arbustos para asentar las dunas. El tallo es grueso, anudado, cilíndrico e irregular, de 25 a 51 cm de diámetro, su madera es blanca fina. (Gutiérrez, 1953 y Herz, 2007).

El árbol de zapote *Capparis scabrida* tiene hojas anchas, simples, alternas. Cuando las hojas envejecen, se vuelven correosas, de color verde brillante y algo ásperas. Su tamaño medio es de unos 16 a 20 cm de largo y de 5,5 a 8 cm de ancho. Las flores son de color amarillo verdoso, hermafroditas, lineales, con pétalos libres, rara vez secundarias, pistilos de ovario binoculares, y los pistilos miden 8 cm de largo. El fruto es de color verde parduzco, carnoso, en forma de varilla, esbelto ovoide, superficie cerosa y textura rugosa. Las suturas ováricas son claramente visibles, por lo general 8 en promedio. La piel es espesa, dura, fibrosa y blanquecina. Cuando la fruta está madura. Las semillas suelen ser uniformes y angulosas, muchas (50 a 100) semillas están cubiertas por una pulpa blanda, ligeramente viscosa, grasosa, de color amarillo rojizo, formando una parte comestible. (Gutiérrez, 1953 y Herz, 2007).

**Variables Climáticas.** Esta especie suele vivir en una zona habitable con una temperatura biológica media anual máxima de 22,9 ° C y una precipitación total anual media de 21,6 mm. Los factores climáticos de estas áreas de vida están directamente relacionados con la influencia de la marea "El Niño" que suele ocurrir en diciembre, que provoca un aumento de temperatura y se acompaña de lluvias tropicales. Esta especie tolera las temperaturas extremas del sur del país y soporta fuertes vientos (Calderón, 1999 y Herz, 2007).

**Variables edáficas y topográficas.** La profundidad y las variables topográficas encontraron que crece en todo tipo de suelo, puede tolerar suelos pedregosos, pero no tolera la sal. Se encontró que los mejores individuos crecían en suelos arcillosos, como en Victoria, El Porvenir (Olmos-Lambayeque), Km 50 y 65 Chulucanas (Piura). Se han encontrado formas atrofiadas en suelos pedregosos calcáreos, y se han encontrado restos de conchas de moluscos en el área de Altos Negros del área de Sechura-Piura. Se encontró que las raíces del humus crecen a más de 60 m. Tiende a suelos planos y bien drenados, aunque crece en colinas y tiene muchos hábitos. (Gutiérrez, 1953 y Herz, 2007).

**Silvicultura y manejo.** El zapote *Capparis scabrifolia* se reproduce fácilmente a partir de semillas y mantiene una viabilidad de 3 a 8 años. El número de semillas por fruto está entre 50 y 100, que tienen un porcentaje de germinación de más del 43 al 65%. La escarificación más común es sumergirla en agua fría durante 24 horas. (Calderón, 1999; Gonzales et al., 2013).

La forma en que se distribuyen las semillas en el bosque la realizan principalmente los bovinos (80% cabras) que previamente han sido esquiladas en el tracto digestivo del animal y las distribuyen por el camino que toman durante el pastoreo. Estas semillas a veces permanecen en el campo por varios años hasta que la ocurrencia de lluvias es causada por el fenómeno "El Niño" que permite que estos bosques se regeneren. Hay otras formas de propagación por el viento, las aves y el zorro costero *Dusicyon Sechurae*. (Calderón, 1999; Gonzales et al., 2013).

El sapote *Capparis scabrida* es una especie de crecimiento lento. Sin embargo, en condiciones extremas, es más resistente que el algarrobo *Prosopis pallida*, como se ha observado en muchas regiones (como Olmos). La producción de zapote comienza aproximadamente en el octavo año, con 5 a 20 frutos por árbol. Tiene entre 10 y 44 años y una altura media de 3 m. (Gutiérrez, 1953 y Herz, 2007)

**Importancia Económica Y Usos.** Esta especie está adaptada al ecosistema del desierto, tiene una buena capacidad de desarrollo de raíces y puede capturar agua en las profundidades. Esta especie es un fijador de dunas y dunas de arena (Dalmasso, 1998). Su madera se ve favorecida por su dureza y facilidad de procesamiento, especialmente para diversos artículos del hogar y suelos de parquet en las artesanías para la elaboración de dunas de arena (Añazgo et al., 2010). Tiene múltiples usos y por ello es importante porque, además de brindar protección contra la erosión y degradación del suelo, también tiene un excelente alimento, que es la principal fuente de agua y vitamina C para diferentes especies animales El efecto beneficioso ralentiza el paso del contenido intestinal y aumenta la eficiencia media de absorción de vitaminas (Escrura, 1986 y Herz, 2007). Sus flores tienen un gran potencial de seda cruda y son utilizadas por muchas comunidades. También se utiliza como leña, para cocinar artesanías de barro, para hacer ladrillos, pan y necesidades del hogar (Herz, 2007). Los capullos, brotes y flores de la especie sapote *Capparis scabrida* pueden ser utilizados como alimento para la Pava Aliblanca *Penelope albipennis* en la Reserva Ecológica Privada Chaparrí, Chongoyape y Lambayeque (Martos et al., 2008).

### 2.2.6.3 Faique, (*Acacia macracantha*)

*Acacia macracantha* es un árbol espinoso que alcanza un tamaño de 4 m de altura, tronco macizo, de color gris oscuro. Hojas con espinas largas y anchas en su base. Flores amarillas, con frutos en forma de vaina. Florece y da frutos en tiempo de lluvias. Se encuentra en los barrancos, dentro y fuera de la población, en los terrenos de siembra, en las cañadas, laderas y cerros. Esta especie se caracteriza de la siguiente manera:



## Taxonomía

Según Saavedra (1995), la siguiente taxonomía para la especie *Acacia macracantha* es

Nombre Científico:	<i>Acacia macracantha</i>
Reino	: Plantae Phylum Magnoliophyta,
Clase	: Magnoliopsida,
Orden	: Fabales
Familia	: Fabaceae
Género	: <i>Acacia</i>
Epíteto Específico:	<i>Macracantha</i>

**Descripción Botánica.** Este árbol tiene grandes espinas opuestas en las ramas y el tronco. El tallo es irregular y muy ramificado y su copa es ancha. Hojas compuestas, alternas, bipinnadas con glándulas o nectarios en el raquis. Tienen de 10 a 24 pares de folíolos pequeños y alargados de 1,5 a 3 mm de largo y 0,5 a 1 mm de ancho. Las estípulas son deciduas. Tiene flores axilares de 1 a 5, en forma de densas cabezas amarillas de 1 cm, implantadas en tallos de 1 a 3 cm, y florece de noviembre a febrero. El fruto es una vaina algo plana, cuyo tamaño oscila entre 5 y 10 cm x 1 cm de ancho. Las semillas son de color marrón oscuro. *Acacia macracantha*, árbol de más de 5 m de altura, inflorescencia amarillo-naranja en glomérulos y leguminosas pardo-negruzcas. A lo largo del año alcanza un abundante desarrollo vegetativo con un máximo de 84,2% en marzo, mientras que la mayor ocurrencia de brotes se da entre enero y abril con un máximo de 40% en enero; La floración comienza en septiembre y se prolonga hasta junio sin superar el 6%. La formación de frutos sigue un ritmo fluctuante con la aparición de frutos verdes y maduros entre abril y diciembre, con un máximo de 16,7% de frutos maduros en abril. La *acacia macracantha* es un árbol espinoso con un tronco sólido que es de color gris oscuro. Hojas con espinas largas y anchas en la base. Flores amarillas con frutos en forma de vaina. Florece y da frutos en tiempo lluvioso. Se puede encontrar en las gargantas dentro y fuera de la ciudad, en los campos de siembra, en las gargantas, laderas y colinas (Doran et al, 1983).

**Distribución y hábitat.** La acacia tiene alrededor de 900 especies comunes en las regiones tropicales y subtropicales de América, África, Asia y Australia; Cerca de 40 de ellos están representados en nuestro país y se encuentran principalmente en las provincias de la costa peruana y en la sierra. La *Acacia horrida* (L) Willd "Huaranguillo" es un árbol introducido desde el sur de África. En Perú, está bien adaptado en gran parte de la costa (desde Piura a Tacna), principalmente en la costa central, y aparentemente se encuentra en proceso de naturalización. en la costa en zonas cercanas al mar, sobre fondos arenosos salados con fuerte brisa marina, como el balneario de Santa Rosa. En la Sierra, se observa en los valles entre los Andes como Huánuco y en la cumbre montañosa en Tingo María y Oxapampa de 800 a 2000 metros sobre el nivel del mar (Cialdella, 1984 y Rossl, s.f.)

**Usos y Toxicidad.** *Acacia macracantha* (Fam. Leguminosae - Mimosaceae), cuyo nombre común es "Espino", es útil para: cerca viva, madera, leña y carbón vegetal, forraje, apibotánica (miel de abeja), fertilidad de suelos, protección, mantenimiento y recuperación de suelos con diversos grados de erosión, Medicina (corteza), hábitat para la biodiversidad, sombra. Asociado con: pájaros, insectos, abejas, hormigas.

**Uso medicinal.** Las espinas se utilizaron en la medicina tradicional mexicana para aliviar el dolor de muelas y las encías. Las especies del género *Acacia* pueden contener derivados de dimetilriptamina y glucósidos cianogénicos en hojas, semillas y corteza, cuya ingestión puede suponer un riesgo para la salud (Vite, 2018).

**Escarificación ácida** para estimular la germinación de semillas. La mayoría de las especies de acacias tienen una cubierta impermeable. Esto deja en reposo a la semilla para que pueda tardar meses o años en germinar. Por lo tanto, para propagar las acacias de manera eficiente en un vivero, es necesario un tratamiento previo para garantizar no solo un alto porcentaje de germinación final, sino también una germinación rápida y uniforme después de la siembra (Cavanagh, 1980).

#### 2.2.6.4 Charan (*Caesalpinia pai-pai*)

Según Novio (2012), clasifica taxonómicamente a la especie Charan (*Caesalpinia pai-pai*) de la siguiente manera

##### **Taxonomía**

Clase : Magnoliopsida

Orden : Fabales

Familia : Leguminosae o Fabaceae

Género : *Caesalpinia*

Nombre Científico : *Caesalpinia paipai* Ruiz & Pavón

Nombre Común : “Charán”

Sinónimos : *Caesalpinia corymbosa* Bentham *Caesalpinia glabrata* H.B.K. *Libidibia corymbosa* (Bentham) Britton & Killip.

**Distribución geográfica:** En Sudamérica se distribuye en países como Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia (Grandtner et al. 2013). En Perú se le puede encontrar en los departamentos de Amazonas, Ancash, Cajamarca, Lambayeque, Lima, La Libertad, Loreto, Piura y Tumbes (Macbride 1943; Noboa, 2010). Es una especie perteneciente a los bosques secos. El hábitat en el que se encuentra es en las montañas bajas y medias, con altitudes entre 0 a 500 msnm. Es una 4 especie pionera, que se desarrolla mejor y más rápidamente en zonas áridas y en otras tropicales (Estrella y Troya, 2007; Noboa 2010; Romero-Saritama et al., 2016).

**Descripción Botánica:**

Zevallos (1986) describe botánicamente a la especie Charan (*Caesalpinia pai-pai*) como

**Árbol:** o arbusto caducifolio, de fuste irregular, conspicuamente nudosa, 2.5 a 5.5 m de altura y 15 – 25 cm de diámetro, copa aparasolada.

**Hojas:** bipinnadas y alternas, con estípulas; pinnas cortas de 3 a 8 pares por hoja; pinnas 4 a 10 pares de folíolos; folíolos oblongos elípticos; ápice obtuso, entero; alrededor 8 mm longitud por 3 – 4 mm de ancho; ramitas terminales ligeramente pubescentes.

**Inflorescencia:** flores amarillo encendido, bisexuales, ligeramente irregular de 10 a 15 mm de longitud; sépalos, soldados en la base, 5 lóbulos; pétalos libres; amarillos, espatuladas – semi-oblingas, base irregular, consistencia coriácea con vellosidad en la base del envés mayormente, 6 – 8 mm de longitud, conspicuos; 9 estambres perigíneos, base ancha, antera digitada, dorsifija, dehiscencia longitudinal, filamento con pelos oscuros denso la base; ovario súpero, 1 carpelar, 1 locular, placentación parietal, 2 – 3 o más óvulos.

**Fruto:** es una vaina negra – verduzco aplanadas, ásperas, 3 – 7,5 cm de longitud, por 3 – 4 mm grosor, glabro, indica que el fruto es una vaina indehisciente, recta, curvada, aguda, comprimida, gruesa o algo irregular, oscura, lisa y opaca; pericarpio con tejido esponjoso y macizo.

**Semillas:** son de color verde oscuro con endospermo duro.

**CAPÍTULO III**  
**DESARROLLO DEL TRABAJO**

### **3.1 Finalidad**

El trabajo de aplicación profesional tiene como finalidad la producción de plántones forestales en un vivero con semillas nativas con testa dura de bosque seco escarificadas de manera mecánica y físicamente siendo los métodos más eficientes para reducir el tiempo de germinación y así producir plántones a menor tiempo y por lo tanto contar con un menor costo para los productores. También apoyar a la formalización de pequeños productores de plántones en viveros artesanales, contribuir a que las zonas aprovechadas de madera sean reforestadas en menor tiempo posible.

Además, se busca que con el diseño y futura construcción de una máquina escarificadora de costo accesible para los productores de plántones en la región norte del Perú, lograr producir la mayor cantidad de plántones en el menor tiempo posible.

### **3.2 Propósito**

Con el presente trabajo de aplicación académica buscamos obtener conocimientos acerca de la construcción, zonificación de un vivero y como también producción de plántones nativos de bosque seco con semillas escarificadas, además aprender del funcionamiento de las máquinas escarificadoras, proponiendo nosotros un diseño accesible para los productores.

### **3.3 Componentes**

#### **3.3.1. Para la instalación del vivero**

- Se necesitó:
- 1 rollo de alambre: para asegurar los postes de madera con las varas de guayaquil que van en el techo.
- 300 metros de malla raschel reciclada para forrar la estructura del cerco y el techo del vivero.
- Martillos: para poder clavar y asegurar la malla y el alambre.
- Alicates: para ajustar y cortar el alambre
- 1 rastrillo: se utilizó para limpieza así mismo para aplanar las camas.
- 1 machete: se utilizó para poder cortar los postes de madera para colocar en el perímetro del vivero

- 1 planadora de madera: para aplanar las camas y otras superficies en el vivero.
- 2 Palanas: se utilizó para poder hacer las camas, para mezclar el sustrato, para llenado de bolsas con sustrato.
- 1 carretilla: se utilizó para transportar material para fabricar el sustrato, también como medida para llenado de bolsas, para transporte de basura.
- 2 baldes: se utilizó como medida del sustrato.
- 3 rollos de hilo pabilo blanco: sirvió para determinar cada zona del vivero perimétricamente.
- 24 postes de maderas: esta madera se usó para hacer el cerco perimétrico del vivero.
- 2 kg de clavos: para clavar las varas de guayaquil como travesaños y para clavar la malla.
- 3 regaderas: fabricadas con botellas recicladas, para regar las plantas.
- Tierra negra, se consiguió en lo mismos predios.
- Arena: para la mezcla de sustrato se consiguió cerca a los predios.
- Guano de animales, se consiguió en el mismo terreno para la mezcla del sustrato.
- Bolsas de polietileno: para llenarlas con sustrato y siembra de plántones.
- 20 metros Manguera: para regar los plántones del vivero
- Software :
- Autodesk Inventor: se utiliza esta aplicación para poder hacer los diseños y simulación de las diferentes partes que presenta la máquina escarificadora.
- Cade simu: esta aplicación se utilizó para hacer los planos eléctricos de la máquina

### **3.4 Actividades**

En el año 2018, entre los meses de enero a marzo en el vivero Atlantis zoopark club Piura se trabajó con la especie nativa faique de cerco (*Acacia macracantha*).

El proyecto consistió en la construcción de un vivero para producir plántones de la especie faique (*Acacia macracantha*) y utilizarlos para realizar un cerco perimétrico en un terreno de 2 hectáreas, en la etapa inicial que fue la producción de material genético en el proceso de germinación de las semillas nos encontramos con un problema común que fue, que estas semillas se tardaban de 18 a 25 días en germinar retrasando el tiempo de entrega del proyecto, debido a que, esta semilla presenta una testa dura y su permeabilidad impide el ingreso del agua que activa al embrión para lograr la germinación de la semilla.

Por lo que, el trabajo ejecutó dos grandes actividades que son: La instalación de un vivero forestal de algarrobo para evaluar y comparar la germinación de la semillas sometidas a diferentes tratamientos y el diseño de una maquina escarificadora, basados en la experiencia evaluativa del trabajo realizado en el vivero.

### **3.4.1 Descripción del trabajo en vivero**

#### **3.4.1.1 Instalación de vivero:**

Para el proyecto de producción de plántones se destinó un terreno con las medidas de 30 metros de ancho por 40 metros de largo, siendo el área 120 m<sup>2</sup>. Se recibió con bastante maleza y matorrales lo cual el trabajo inicio desde la limpieza en general del terreno.



*Figura 7.* Terreno donde se instalará el vivero





*Figura 8.* Terreno lleno de maleza

**3.4.1.2 Limpieza:** Se necesitaron 2 palanas, 2 rastrillos una carretilla para hacer el traslado del desmonte, todo 2 dos días laborables para terminar esta actividad.

**3.4.1.3 Nivelación:** Tomamos como ventaja de que el terreno era arena, de esa manera procedimos hacer la nivelación con las palas y una madera gruesa

**3.4.1.4 Cerco, techo y Tinglado:** Se colocaron en la línea del perímetro y cada 2 metros postes reciclados de 2.30 metros de altura, dejando una entrada al terreno, así mismo se instaló el techado atravesando varas de caña guayaquil o bambú (*Guadua angustifolia*) a través de los postes colocados asegurándolas con alambre y clavos, se procedió a forrar el techo y la toda la estructura con malla Raschel verde.



*Figura 9.* Techado con malla raschel



*Figura 10.* Tinglado de la estructura del vivero con malla raschel



*Figura 11.* Cercado con malla raschel

**3.4.1.5 Instalación de fuente de agua:** Dispuesto a 30 metros del terreno designado a la construcción del vivero se encuentra un pozo de agua y una motobomba para el manejo y control de recurso hídrico, para su aprovechamiento se compró y se instaló 30 metros de tubo y 2 llaves de control (una se colocó la motobomba y la otra al final del tubo en el terreno) y de esta forma se facilitó el riego en la instalación.



*Figura 12.* Fuente de agua

**3.4.1.6 Sustrato:** Se recolecto de arena de un rio ubicado a aproximadamente a 5 km del área de construcción del vivero, tierra negra de sotobosque de una plantación cercana, y guano de conejo y venado que eran restos de la producción pecuaria local, se fabricó y se instaló una cernidora y colocándose una carpa de plástico en el suelo para hacer la mezcla del sustrato.



*Figura 13.* Componentes del sustrato



*Figura 14.* Recolección de sustrato

#### **3.4.1.7 Preparación de sustrato**

El sustrato tenía combinación de arena, tierra negra de sotobosque, guano de conejo, guano de venado en una proporción aproximada: de 3 latas de arena, 2 latas de tierra negra, y una lata de guano de venado y conejo. Estos materiales se encontraban cerca y de fácil accesibilidad. Para esta actividad se necesitó 2 palas, 1 carretilla, 2 baldes para medir, una carpa de plástico para poner en la base donde se acumulaba la mezcla del sustrato.



*Figura 15.* Preparación de sustrato

**3.4.1.8 Almacén:** Se destinó para hacer un pequeño almacén y guardar las herramientas una carretilla, una cernidora, un balde para medir el sustrato, un aplanador de madera, un rastrillo, dos palas.



*Figura 16.* Tierra negra.



*Figura 17.* Herramientas para mezclar el sustrato.

**3.4.1.9 Zona destinada al cultivo de otras especies ornamentales y frutales:**

Se apartó este lugar para la producción de especies ornamentales frutales y floristas.



*Figura 18.* Siembra otras especies ornamentales.



*Figura 19.* Plantones de huabo o pacay

#### **3.4.1.10 Ordenamiento y designación del área del vivero:**

El vivero se delimito colocando estacas de 35 centímetros añadiendo pabulo blanco en el perímetro de cada medida, se hicieron 3 tipos de camas para la producción de plantones.

##### **a) Camas de siembra directa en bolsas de polietileno:**

Se instalaron 4 camas con las medidas de 1 metro de ancho, por 4 metros de largo con separación entre cama y cama, designó un camino de 1.30 metros para el fácil acceso y riego de los plantones.

Las camas se construyeron con una profundidad de 0.20 metros al ras del piso con dirección al este (por donde nace el sol) y oeste (por donde se oculta el sol), cada cama albergaba 550 bolsas.

Las bolsas se llenaron con sustrato, colocándose 2 semillas sin escarificar en cada bolsa para su germinación, teniendo un total de 4400 semillas sembradas. La determinación de la germinación en estas camas se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

*Poder germinativo de las semillas en siembra directa sin escarificación*

<b>PODER GERMINATIVO EN 4 CAMAS DE SIEMBRA DIRECTA EN BOLSAS (2200 BOLSAS = 4400 PLANTAS)</b>										
<b>DÍA</b>	6	8	10	12	14	15	16	17	18	%
<b>CANTIDAD DE SEMILLAS GERMINADAS</b>	254	479	617	750	875	1202	1261	1575	1640	<b>37.27%</b>
<b>SEMILLAS SIN GERMINAR</b>	4146	3921	3783	3650	3525	3198	3139	2825	2760	<b>62.72%</b>



*Figura 20. Cama de siembra directa*



*Figura 21.* Cama llena de siembra directa llena de bolsas con sustrato

#### **b) Camas de almacigo y repique**

Estas camas contienen las bolsas de polietileno llenas de sustrato. Las características de construcción son iguales a las camas de almacigo, pero estas tienen como función principal recibir las plántulas a raíz desnuda, que germinaron.



*Figura 22.* Camas de repique vacía

las camas de almacigo tienen una dimensión de 1.60 de largo por 1 metro de ancho estas contienen 4400 semillas sembradas bajo el sustrato compuesto de tierra negra, arena y guano para el recibimiento y posterior germinación de la semilla la cual fue sembrada al voleo. Se determinó que las semillas demoran 18



días para poder germinar solo el 60% de 4400 semillas, produciendo el retraso del proyecto.

Debido a estas experiencias en germinación de semillas sin ningún proceso pre-germinativo, se decidió escarificar otras semillas y construir nuevas camas, para probar que método de escarificación sería el más adecuado para que de esa manera poder reducir el tiempo de germinación.

**c) Camas para pruebas de germinación en almácigos de semillas escarificadas**

Para este ensayo se instalaron 6 pequeñas camas de 1.60 metros de largo por 1 metro de ancho en la cual se colocó como perímetro una madera con una altura de 0.15 metros, en la cual se evaluó el periodo de germinación de semillas de faique con 2 tratamientos de escarificado de semilla. Para cada tipo de escarificación se sembró 1200 semillas.

#### **3.4.1.11 Preparación de la semilla**

En esta etapa se procedió la recolección y selección de semillas aptas para la escarificación mecánica y física.

#### **3.4.1.12 Escarificación**

Para poder entregar el proyecto en tiempos establecidos, sugerimos dos tipos de tratamientos pre-germinativos para reducir el tiempo de germinación de las semillas de Faique, el primero mecánico consiste en hacer fisuras a las semillas y el segundo físico sumergiendo las semillas en agua de tal manera que la humedad penetre el cotiledón y active las reservas de alimento que existe en cada semilla.

#### **3.4.1.13 Escarificación mecánica**

Este proceso consto en la selección de semillas aptas para luego tomar cada semilla y hacer una pequeña incisión con un cortaúñas y rayando con lijas de madera N° 80 y 100 la testa para que la humedad penetre fácilmente y de manera rápida active el endospermo o también llamado albumen, que es la reserva de alimento que tienen la semilla.

Terminado este acondicionamiento las semillas fueron sembradas en las nuevas camas de almacigo.

#### 3.4.1.14 Escarificación física

Este proceso consto en la selección de semillas para luego hacer contacto con el agua utilizando 2 variables: agua caliente y agua a temperatura ambiente.

- a) **En contacto con agua caliente:** en un recipiente se hirvió agua a 100°C luego se retiró el fuego y se colocaron las semillas por un periodo de tiempo de 15 minutos, para luego ponerlas a secar al sol por 4 horas
- b) **En contacto con agua a temperatura ambiente:** en un recipiente (una olla) llena de agua se dejó remojando las semillas por un periodo de 14 horas, para luego dejarlas secarlas al sol por 6 horas.

Al terminar estos 2 tratamientos físicos las semillas fueron llevadas a la cama de almacigado



*Figura 23.* Semillas escarificadas con agua caliente.



*Figura 24.* Semillas escarificadas con agua de temperatura ambiente

**3.4.1.15 Germinación:** Después de aplicar la escarificación se logró resultados bastantes exitosos las plántulas germinaron de 3 a 5 días en general, las plántulas germinaron vigorosas alcanzando 10 cm en 8 días después de su germinación.



*Figura 25.* Cama con plantones de faique

**3.4.1.16 Repique:** para un buen repique se estableció que la plántula debe llegar a los 6 a 8 centímetros luego de su germinación, se usaron materiales fabricados a mano como pequeñas estacas de 10 cm con un corte perpendicular en la punta, se hacía introducir 3 veces alrededor de la plántula para luego sacarla sin dañar la raíz y se trasplantaba en bolsas rellenas de sustrato.



*Figura 26.* Repique y traslado de bolsas a las camas de repique



*Figura 27.* Traslado de plantones a las camas de repique

#### **3.4.1.17 Labores culturales:**

Se seleccionó las mejores plántulas para su crecimiento, sacrificando las plántulas que tenían deformidad en la raíz y el tallo.

### 3.4.1.18 Mantenimiento fitosanitario:

Se aplicó el deshierbo por cada plantón, prevención y control de plagas mezclando agua con jabón y roseando en pequeñas cantidades a los plantones, como así misma aplicación de foliares para el fortalecimiento de la planta para su traslado a la plantación.

## 3.4.2 Diseño de máquina escarificadora

La máquina presentará dos métodos de escarificación mecánica, se necesitará material resistente para el soporte del motor y el recipiente donde se colocarán las semillas a escarificar, así como un circuito eléctrico donde este permitirá manipular la maquina con facilidad.

### 3.4.2.1 Construcción de la mesa base

Esta mesa será fabricada con fierro y acero inoxidable Las medidas serán 1.00 m de largo x 0.50 m de ancho y 0.75 m de altura; está hecho de fierro; en la parte de arriba lleva una bandeja de acero inoxidable y al costado tres cilindros forrados internamente con lijas

En la parte inferior se colocará una repisa soldada a los cuatros patas donde ira instalado el motor y las poleas.

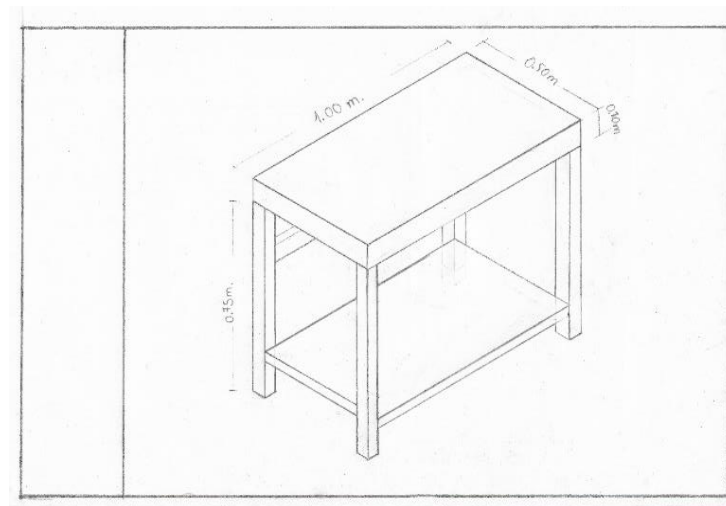


Figura 28. Dibujo a mano alzada de la mesa

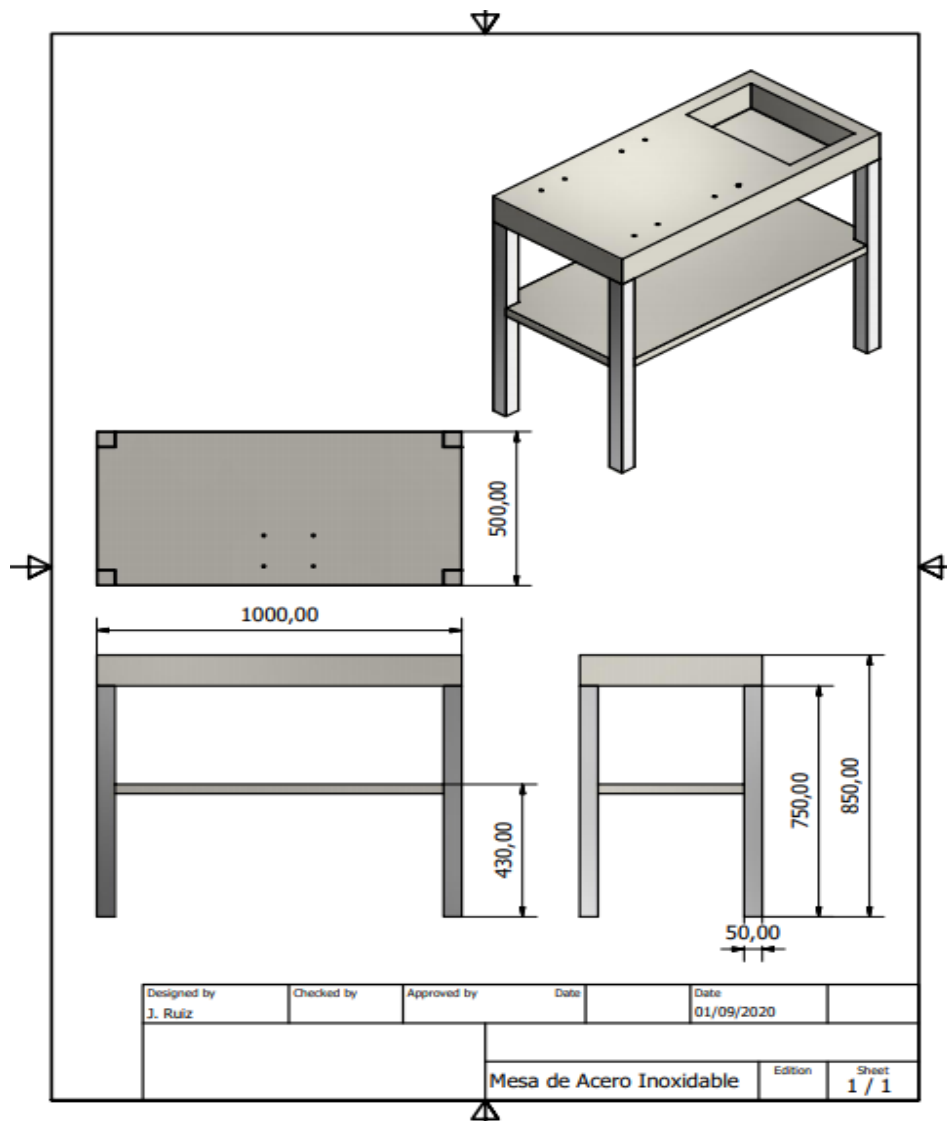


Figura 29. Diseño de mesa de metal – soporte escarificadora

### 3.4.2.2 Ubicación del motor eléctrico de dos velocidades y las poleas

El motor (Motor de Inducción Trifásica ½ HP) se instalará en la repisa en la parte inferior de la mesa conjunto con las poleas las cuales irán conectadas a los cilindros donde se colocarán las semillas

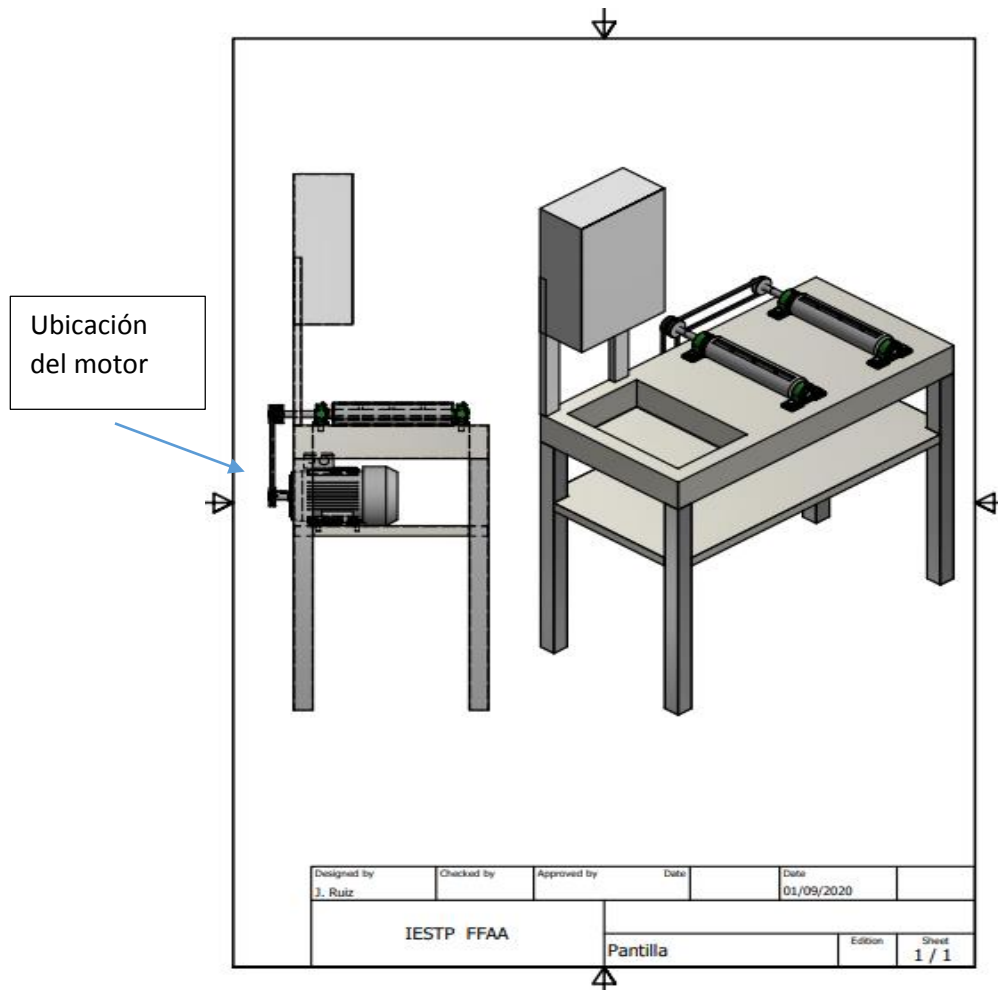


Figura 30. Diseño ubicación de motor

### 3.4.2.3 Instalación de los 2 cilindros y ejes rotativos

Estos cilindros serán fabricados con fierro y lata y en la parte interna se forrará con lijas número 80 y 100 se colocarán en la parte superior de la mesa, estas estarán conectados con las poleas del motor, internamente serán atravesados cada uno con un eje rotativo forrado con lijas en su interior.

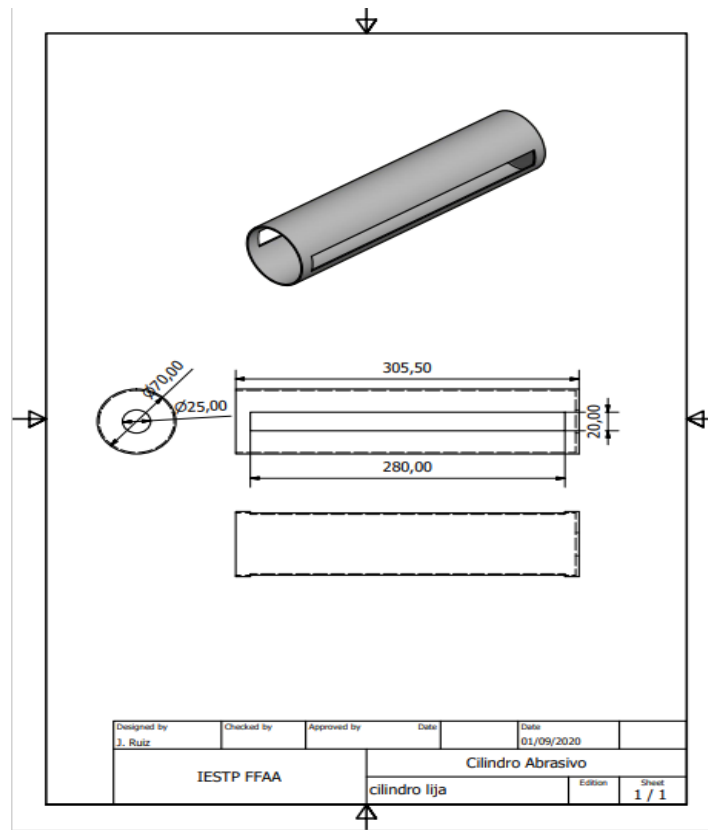


Figura 31. Diseño de los cilindros rotativos

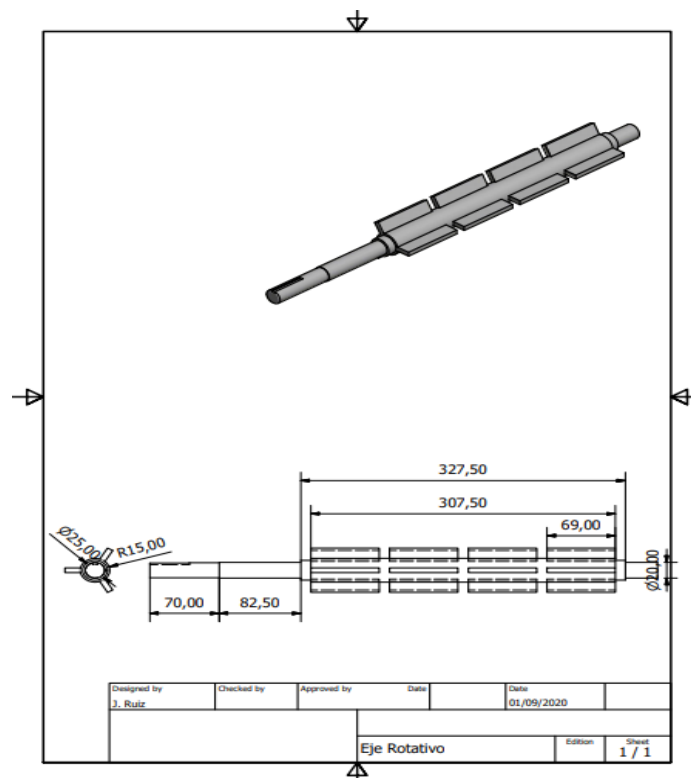


Figura 32. Diseño del eje rotativo



### 3.4.2.4. Diseño y ubicación del circuito eléctrico

Para calentar el agua se diseñará circuito eléctrico para poder hervir el agua eléctricamente, es parecido a una termo que usa electricidad para esta variación de temperatura y se controlara por un tablero digital. Su ubicación es

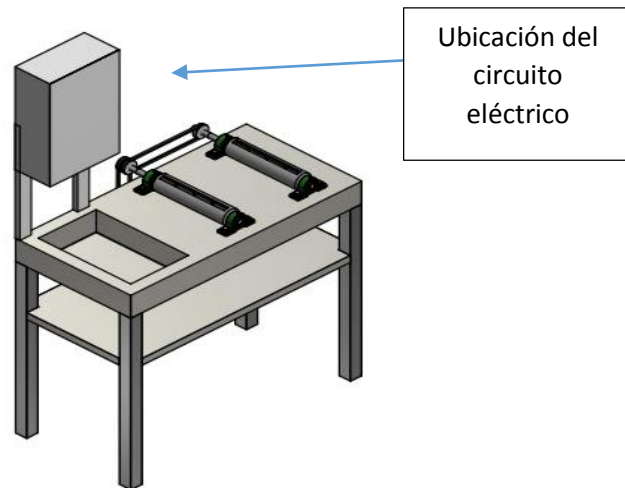


Figura 33. Diseño ubicación del circuito eléctrico

### 3.4.2.5. Instalación del tablero digital para controlar la temperatura y tiempo del agua

Se instalará un tablero eléctrico en la parte superior de la máquina para que controle la temperatura y el tiempo que se requiere para escarificar cada semilla de cada especie.

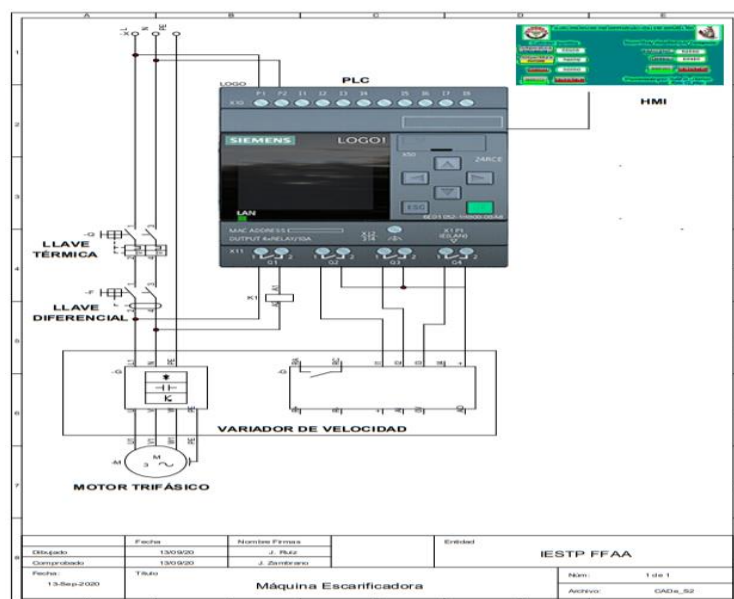


Figura 34. Diseño del circuito del tablero eléctrico



Figura 35. Componentes de control



Figura 36. Componentes de la maquina esscarificadora

### 3.4.2.6. Llave Termomagnético Monofásico

El sistema de control compuesto de un HMI, PLC, Y VFD. Tiene el propósito de controlar la velocidad de rotación de motor de inducción que impulsa la esscarificadora, adicionalmente el PLC tiene la capacidad de abarcar más puntos de control como la temperatura del agua, sistema de seguridad, y está disponible para otras variables de proceso a implementar a futuro.

A continuación, se detalla la funcionalidad de cada componente.



*Figura 37. Controles de la máquina escarificadora*

### **HMI**

Es una interfaz hombre-máquina, la abreviatura se deriva del nombre en inglés: interfaz hombre-máquina.

Es decir, es la interfaz entre el proceso y los operadores de una fábrica, línea de producción, empresa o sistema que requiere operación humana. En sí mismo es un panel de instrumentos que el operador puede manipular para controlar un proceso.

Es la principal herramienta que utilizan los operadores y supervisores para coordinar y controlar los procesos industriales y de fabricación. El HMI traduce variables de un proceso complejo en información útil y procesable.

### **¿Para qué sirve un sistema HMI?**

La función principal de HMI es mostrar información en tiempo real y proporcionar gráficos visuales y digeribles, que brindan el significado y contexto del estado del motor, la válvula, el nivel de líquido y otros parámetros en un proceso específico. En otras palabras, proporcionan información operativa para el proceso y permiten el control y optimización de los objetivos del producto y del proceso en sí. Si tenemos que mencionar las palabras clave que definen el sistema HMI, es: operar y cumplir.

Ahora, el éxito de este tipo de productos depende de diferentes factores, por ejemplo: precio, confiabilidad y ciclo de vida. También depende de la capacidad de manipulación y facilidad de uso, es decir, mientras más sencillo de operar sea, mucho mejor. El objetivo ideal sería que la HMI se explicara por sí misma sin necesidad de capacitar al operador.

Este tipo de artefactos, no solo se aplican en la forma digital, es decir, el más sencillo de ellos podría ser el interruptor de la luz, su objetivo principal es encender y apagar la energía suministrada a un foco que arrojará luz. Sin embargo, además del funcionamiento, existen otros factores, como qué tan cerca de la puerta de la habitación queremos abrir la iluminación, es decir, qué tan conveniente es. Lo fácil que es de operar, también podemos mencionar si tiene normativa energética, y muchos otros aspectos que definirán si se trata de una interfaz hombre-máquina de alta calidad.

Por lo tanto, utilizando esta información, podemos darnos cuenta de que la HMI se puede transformar de un interruptor de línea de producción industrial a un sistema de control y monitoreo complejo.

### **PLC**

El PLC es el cerebro del proceso de escarificado, guarda la información del tiempo de escarificado de cada tipo de semilla y la velocidad requerida.

Guarda la información de la cantidad total de semilla, tipos de semillas, controla la temperatura ideal del proceso.



*Figura 38. Modelo del circuito eléctrico*

El autómata programable o PLC (controlador lógico programable), está omnipresente en las industrias de procesos y fabricación de hoy en día. Construido inicialmente para reemplazar los sistemas de relés electromecánicos, ofrece una solución más sencilla para modificar el funcionamiento de un sistema de control. En sí mismo, un autómata programable o PLC es un ordenador robusto utilizado para la automatización industrial. Estos controladores pueden automatizar un proceso específico, una función de la máquina o incluso toda una línea de producción.

La mayoría de los PLC actuales son modulares, lo que permite al usuario añadir una amplia gama de funcionalidades que incluyen control discreto, control analógico, control PID, control de posición, control de motor, comunicación serie y conexión en red de alta velocidad. En comparación con tecnologías anteriores, el autómata programable es más fácil de corregir, más fiable, más rentable y mucho más versátil.

### **¿Cómo funciona un autómata programable o PLC?**

El controlador programable o PLC recibe información de sensores o dispositivos de entrada conectados, procesa los datos y activa la salida de acuerdo con los parámetros programados.

Según la entrada y la salida, el PLC puede monitorear y registrar datos de tiempo de ejecución, como la productividad de la máquina o la temperatura de trabajo, iniciar y detener automáticamente el proceso, emitir una alarma cuando la máquina falla, etc. El controlador lógico programable es una solución de control fija y flexible adecuada para casi todas las aplicaciones.

Cómo se programa un autómata o PLC Por lo general, el programa PLC se instala en la computadora y luego se descarga al controlador.

La lógica de escalera es un lenguaje de programación tradicional. Imite un diagrama de circuito de escalera lógica leído de izquierda a derecha. Cada paso representa una acción específica controlada por el PLC, a partir de una entrada o una serie de entradas (contactos) para producir una salida (bobina). Debido a sus características visuales, la lógica de escalera se puede implementar más fácilmente que muchos otros lenguajes de programación.

Por otro lado, el Diagrama de Bloques de Funciones (FBD) es otro de los lenguajes de programación oficiales y extensamente utilizados para PLC. Es una forma sencilla y gráfica de programar cualquier función de forma conjunta en un programa de autómatas programables. El diagrama de bloques de funciones es fácil de aprender y ofrece muchas posibilidades.

### **VFD.**

El inversor puede establecer un valor de velocidad muy especial para el tipo de semilla, que se puede configurar a través de la interfaz hombre-máquina HMI, y luego los datos se ingresan al PLC.



*Figura 39.* Propuesta de tipo de motor

Un variador de frecuencia (siglas VFD, del inglés: *Variable Frequency Drive* o bien *AFD Adjustable Frequency Drive*) es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad. Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA o microdrivers. Dado que la tensión (o voltaje) se hace variar a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia).

**Motor del VFD.** El motor utilizado en el sistema VFD suele ser un motor de inducción trifásico. También se pueden usar ciertos tipos de motores monofásicos, pero generalmente se prefieren los motores trifásicos. Varios tipos de motores síncronos tienen ventajas en algunas situaciones, pero los motores de inducción son más adecuados para la mayoría de los propósitos y suelen ser la opción más económica. Por lo general, se utiliza un motor diseñado para funcionar a una velocidad fija, pero las mejoras en el diseño del motor estándar han mejorado la confiabilidad y han obtenido un mejor rendimiento del VFD.

#### **3.4.2.7. Procedimiento para la construcción de la maquina esarificadora**

**Paso 1:** En primer lugar, se procedió a realizar los cortes de los tubos de acero inoxidable que van hacer los parantes de la estructura de la mesa.

**Paso2:** Luego viene la soldadura de las piezas de la estructura tubular.

**Paso 3:** Posteriormente se realiza el corte y plegado de las planchas de acero inoxidables.

**Paso 4:** Se hacen los dobleces de las planchas de acero inoxidable como son la mesa y la repisa.

**Paso 5:** Ensamblaje de la estructura soldada se le agrega la mesa y la repisa hasta ahí ya se tiene armado los parantes la repisa y la mesa.

**Paso 6:** se procede a ensamblar los cilindros esarificadores.

**Paso 7:** Montaje de los dos rodamientos.

**Paso 8:** Montaje de las poleas y los dos cilindros escarificadores.

**Paso 9:** Montaje del motor en la repisa.

**Paso 10:** Se procede hacer el alineamiento de las poleas con las fajas y ajuste de los escarificadores y el motor.

**Paso 11:** se realizar el montaje del tablero eléctrico previamente armado y probado en la máquina.

**Paso 12:** se realiza el cableado y la conexión al motor,

**Paso 13:** luego viene instalación de terma y finalmente la prueba de la maquina

### 3.5 Limitaciones

- A principios del mes de marzo del año 2020 se presentó un problema mundial, una pandemia global que muchos de los gobiernos tomaron la medida de hacer cuarentena. Esto llevo al retraso del trabajo de aplicación profesional.
- Poca accesibilidad a la obtención de las semillas, haciendo un viaje a la zona norte del Perú, a la región Piura,



## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

## RESULTADOS

Tabla 2

*Camas para semillas escarificadas mecánicamente*

PODER GERMINATIVO EN 2 CAMAS CON SEMILLAS ESCARIFICADAS (1200 SEMILLAS)										
DIA	1	2	3	4	5	6	8	10	12	%
CANTIDAD DE SEMILLAS GERMINADAS	0	0	65	352	571	657	965	1084	1178	<b>98.17%</b>
SEMILLAS SIN GERMINAR	1200	1200	1135	848	629	543	235	116	22	<b>1.83%</b>

Tabla 3

*Camas para semillas escarificadas con agua hervida*

PODER GERMINATIVO EN 2 CAMAS CON SEMILLAS ESCARIFICADAS CON AGUA HERVIDA (1200 SEMILLAS)										
DIA	1	2	3	4	5	6	8	10	12	%
CANTIDAD DE SEMILLAS GERMINADAS			6	78	327	597	834	872	1061	<b>88.42%</b>
SEMILLAS SIN GERMINAR	1200	1200	1194	1122	873	603	366	328	139	<b>11.58%</b>

Tabla 4

*Camas para semillas escarificadas dejando remojar en agua a temperatura ambiente y colocándolas al sol*

<b>PODER GERMINATIVO EN 2 CAMAS CON SEMILLAS ESCARIFICADAS CON AGUA HERVIDA Y COLOCADAS AL SOL (1200 SEMILLAS)</b>											
<b>DIA</b>	1	2	3	4	5	6	8	10	12	<b>%</b>	
<b>CANTIDAD DE SEMILLAS GERMINADAS</b>			0	0	17	92	233	468	908	<b>75.67%</b>	
<b>SEMILLAS SIN GERMINAR</b>	1200	1200	1200	1200	1183	1108	967	732	292	<b>24.33%</b>	

Tabla 5

/ *Resumen de resultados del proceso de escarificación*

<b>Especie</b>	<b>Método</b>	<b>Actividad</b>	<b>Tiempo</b>	<b>% eficiencia</b>
<b>Acacia macracantha</b>	Escarificación mecánica	Se hizo una pequeña incisión con un cortaúñas en la testa	De 3 a 12 días de germinación	98.17% de germinación en 1200 semillas.
	Escarificación física	En contacto con agua caliente	De 4 a 12 días de germinación	88.42 de 1200 semillas.
		En contacto con agua a temperatura ambiente:	De 5 a 12 días de germinación	75.67% de germinación de 1200 semillas.



*Figura 40.* Poder germinativo en camas con semillas escarificadas mecánicamente



*Figura 41.* Poder germinativo en camas con semillas escarificadas con agua hervida y semillas escarificadas remojadas y dejando al sol

### **Tratamiento mecánico**

Se observa en la tabla 2 que se obtuvo resultados de efectividad de hasta el 98.17% de germinación logrando una germinación en apenas 3 a 12 días lo cual fue muy satisfactorio para terminar el proyecto a tiempo, siendo de 1200, 1178 las que germinaron en los periodos indicados.

### **Tratamiento físico**

Se observa en la tabla 3 que la escarificación física se obtuvo resultados de efectividad de hasta el 88.42% de germinación logrando germinar de 3 a 12 días con un total de 1061 plántulas de 1200 semillas.

Se observa en la tabla 4 que la escarificación física agua temperatura ambiente se obtuvo resultados de efectividad de hasta el 75.67% de germinación logrando germinar de 5 a 12 días con un total de 908 plántulas de 1200 semillas.

Tabla 5 muestra el resumen en donde se lograron resultados muy exitosos para la germinación de semillas duras de la especie *acacia macracantha*, en corto tiempo. Gracias a los diferentes métodos de escarificación a las semillas se logró iniciar la germinación entre 3 a 5 días de sembradas las semillas, en donde los mejores resultados de eficiencia lo obtuvo la escarificación mecánica seguida por la física en agua caliente y por último en agua fría. Estos resultados óptimos concuerdan con lo mencionado por (Gardarin, Durr, Mannino, Busset, y amp Colbach, 2010) quienes indican que semillas de bosques secos solo desarrollan cuando se crean las condiciones ambientales necesarias para hacerlo.

Debido a esta experiencia en campo se decidió diseñar y proponer una máquina escarificadora que desarrolle y automatice las acciones antes indicadas, para mejorar el proceso de producción de plantas y poder planificar a plazos cortos.

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES

Basado en la investigación y en la aplicación del proyecto, para reducir el tiempo de germinación de semillas de testa dura nativas del bosque seco subecuatorial en un vivero podemos indicar que:

- a) Para mejorar el poder de germinación en especies con semillas de testa dura como: especies el algarrobo (*Prosopis pallida*); el sapote, (*Camparis scabrida*); el faique, (*Acacia macracantha*) y el charan (*Caesalpinia pai-pai*) es necesario realizar tratamientos pre germinativos.
- b) Los dos tratamientos pre- germinativos realizados a la semilla del faique resultaron muy favorables.
- c) El mejor tratamiento germinativo fue la escarificación mecánica.
- d) Se puede acortar el tiempo en la planificación de proyectos en plantaciones de estas especies forestales, dándole la condición necesaria al material genético, como se hace con los tratamientos pre-germinativos, influyendo directamente en los costos de instalación de viveros.
- e) El diseño de una escarificadora demostró que se puede construir una maquina a futuro que facilite el proceso de germinación de las semillas de testa dura
- f) La construcción de una escarificadora es viable para plantaciones a mayor escala y se debe seguir se siguen las indicaciones de este trabajo de investigación.

## RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda tanto como para la reducción del tiempo de germinación de semillas de bosque seco sub ecuatorial se prueben dos tipos de escarificación por sumersión en agua hervida y escarificación mecánica con tornos forrados con lijas en su interior, tomando en cuenta las variables de control de tiempo temperatura, cantidad de giros por segundo de acuerdo a cada especie a escarificar.
- b) Mejorar el diseño de la maquina escarificadora y construirla en un futuro.
- c) Seguir haciendo ensayos de reducción de tiempo la germinación de semillas de testa dura.



## REFERENCIAS

- Andina. (2016, 16 de octubre). Piura: instalan viveros forestales con especies nativas del bosque seco. *Andina Agencia Peruana de Noticias*. <https://andina.pe/agencia/noticia-piura-instalan-viveros-forestales-especies-nativas-del-bosque-seco-635732.aspx>
- Añazgo, M., Gonzales, C., Bravo, M. (2010). *Catálogo Descriptivo de Principales Especies de Flora y Fauna de Valor Comercial Extraídas de los Manglares de Tumbes*.
- Ayala-Cordero, G., Terrazas, T., López-Mata, L., y Trejo, C. (2004). Variación en el tamaño y peso de la semilla y su relación con la germinación en una población de *Stenocereus beneckeii*. *Interciencia*, 29, 692-697.
- Beresford-Jones, D. G. (2005). *Pre-hispanic prosopis-human relationships on the south coast of Peru: Riparian Forests in the Context of Environmental and Cultural Trajectories of the Lower Ica Valley*. [Doctoral dissertation, University of Cambridge].
- Burghardt, A. D., Brizuela, M. M., Mom, M. P., Albán, L., y Palacios, R. A. (2010). Análisis numérico de las especies de *Prosopis* L.(Fabaceae) de las costas de Perú y Ecuador. *Revista peruana de biología*, 17(3), 317-324.
- Burghardt, A. D., y Espert, S. M. (2007). Phylogeny of *Prosopis* (Leguminosae) as shown by morphological and biochemical evidence. *Australian Systematic Botany*, 20(4), 332-339.
- Brako, L., y Zarucchi, J. L. (1993). Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú. *Louis: Missouri botanical garden*, (45), 1-1285.
- Calderón, C. (1999). *Manejo Forestal en los Bosques secos-Tecnologías aplicadas*. [Trabajo de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina].

- Calderón Vargas, C. A. (1999). *Manejo forestal en los bosques secos, tecnologías aplicadas* (No. K10 C34-T). [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Cavanagh, A.K. (1980). A review of some aspects of the germination of acacias. *Proc., R. Soc.*, 91(1-2), 161-80.
- Cialdella, A. (1984). *El género Acacia (Leguminosae) en la Argentina. Darwiniana*, 59-111.
- Dalmaso, A. (1998). *Especies Arbóreas y Arbustivas para las Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina. Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Sistemas Agroforestales*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- De la Cuadra, C. (1992). *Germinación, latencia y dormición de las semillas. Hojas divulgadoras*. Ministerios de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Díaz ,A. (1995). Los Algarrobos. CONCYTEC.
- Doran, J. C., Boland, D. J., Turnbull, J. W., y Gunn, B. V. (1983). *Manual sobre las semillas de acacias de zonas secas: una guía para la cosecha, extracción, limpieza, almacenamiento de la semilla y para el tratamiento que estimule la germinación de las acacias de la zona seca* . FAO.
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M. I., Weigend, M., y Luebert, F. (2012). *Hoja botánica: Algarrobo. Prosopis pallida (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Kunth*. Giacomotti Comunicación Gráfica S.A.C
- Erazo, P. (1987). Evaluación de varios tratamientos pregerminativos en semilla de durazno (*Prunus pérsica*, B). [Tesis Ing. Agr. Ambato, Ecuador. Universidad Técnica de Ambato].

- Escurra, C. (1986). *Obtención Química de la Harina de Sapote *Capparis angulata* y su Utilización en la Alimentación de Animales Domésticos*. [Tesis de pregrado, Universidad de Lambayeque].
- Estrella, M., y Troya, S. (2007). *Estudio etnobotánico en la reserva ecológica Militar Arenillas, provincia de El Oro*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja].
- Farwig, N., y Berens, D.G. (2012). Imagine a world without seed dispersers: A review of threats, consequences and future directions. *Basic and Applied Ecology*, 13, 109–115
- Finch-Savage, W. E., y Leubner-Metzger, G. (2006). Seed dormancy and the control of germination. In *Review New phytologist*, 171(3), 501-523.
- Ffolliott, P. F., y Thames, J. L. (1983). *Collection, handling, storage and pre-treatment of Prosopis seeds in Latin America*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- García, J. 1991. Manual de Repoblaciones Forestales. Tomo I. Esc. Técnica Superior de Ingenieros de Montes.
- Gardarin, A., Dürr, C., Mannino, MR, Busset, H. y Colbach, N. (2010). La mortalidad de las semillas en el suelo está relacionada con el espesor de la capa de la semilla. *Investigación científica de semillas*, 20 (4), 243.
- Gonzales, E., Begazo, K., Guzman, D., Chire, G., Ascencios, D. (2013). *Proyecto 2 Desarrollo de Cadenas de Valor para la Conservación de la Biodiversidad y Mejora de Vida Rural. Sub Proyecto 1 Sapote. El Árbol de Sapote (*Capparis scabrida*) como Recurso Forestal*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Goor, A.Y. y Barney, C. W. (1976). *Forest tree planting in arid zones*. The Ronald Press.
- Gutiérrez, T. (1953). *Contribución al estudio fitoquímico y bromatológico del fruto del *Capparis angulata**. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo].

- Grandtner, MM y Chevrette, J. (2013). *Diccionario de árboles, volumen 2: América del Sur: Nomenclatura, taxonomía y ecología*. Prensa académica.
- Hartmann, H. y Kester, D. 1988. *Propagación de Plantas*. Compañía Editorial Continental.
- Jørgensen, P. M., y Leon-Yanez, S. (1999). *Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador*. Missouri Botanical Garden.
- Hertz, K. (2007). *Análisis Físico - Químico de la Goma Exudada de la Especie Sapote "capparis scabrida" H.B.K. proveniente de los Bosques Secos de Lambayeque*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Archivo digital. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/403>
- Magini, E. (1962). Aparatos y procedimientos para la manipulación de semillas forestales II: Tratamientos sanitarios, almacenamiento, ensayos de semillas y transporte. *Unasylva*, 16(1), 20-35.
- Marmillon, E. (1986). Management of algarrobo (*Prosopis alba*, *P. chilensis*, *P. flexuosa*, and *P. nigra*) in the semiarid regions of Argentina. *Forest ecology and management*, 16(1-4), 33-40.
- Martos, J. R., Scarpati, M., Rojas, C., y Delgado, G. E. (2008). Fenología de algunas especies que son alimento para la pava aliblanca (*Penelope albipennis*). *Revista Peruana de Biología*, 15(2), 51-58.
- Macbride, F. (1943). Flora of Perú. *Field Museum of Natural History. Part III*. 13(1), 507.
- Mousissie, A., Veen, C. E., y Diggelen, R. V. (2005). Ecological correlates of seed survival after ingestion by Fallow deer. *Functional Ecology*, 19: 284- 290.
- Nieto, C., y Vimos, C. (1992). *La quinua, cosecha y poscosecha algunas experiencias en Ecuador*. INIAP Archivo Historico.

- Noboa, M. E. (2010). *Comparación del efecto de riego con aguas residuales provenientes de las lagunas de oxidación de Santa Elena, sobre 4 especies forestales (Loxopterygium huasango, Tabebuia sp, Pseudosamanea guachapele, Caesalpinia glabrata) en etapa de vivero* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Archivo digital. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/19300>
- Novio, A. (2012). *La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN* .
- Palacios, R. A., Burghardt, A. D., Frías-Hernández, J. T., Olalde-Portugal, V., Grados, N., Alban, L., y Martínez-de la Vega, O. (2012). Comparative study (AFLP and morphology) of three species of *Prosopis* of the Section Algarobia: *P. juliflora*, *P. pallida*, and *P. limensis*. *Evidence for resolution of the “P. pallida–P. juliflora complex”*. *Plant systematics and evolution*, 298(1), 165-171.
- Pasiecznik, N.M., Felker, P., Harris, P.J.C., Harsh, L.N., Cruz, G., Tewari, J.C., Cadoret, K. y Maldonado, L.J. (2001). *The Prosopis juliflora - Prosopis pallida Complex: A Monograph*. HDRA,Coventry.
- Patiño, F.; De la Garza, P.; Villagomez, Y.; Talavera, I. y Camacho, F. (1983). *Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales.
- Perú Ecológico (2009) *ALGARROBO (Prosopis Pallida) Generador de Vida en el Desierto*. [https://www.peruecologico.com.pe/flo\\_algarrobo\\_1.htm](https://www.peruecologico.com.pe/flo_algarrobo_1.htm)
- Pita, J. M., y Pérez, F. (1998). *Germinación de semillas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Poulsen, K., y Fin, S. (2000). Tres métodos de escarificación mecánica de semillas de testa dura. Técnicas para la escarificación de semillas forestales. *Serie Técnica. Manual Técnico*, (36), 35.

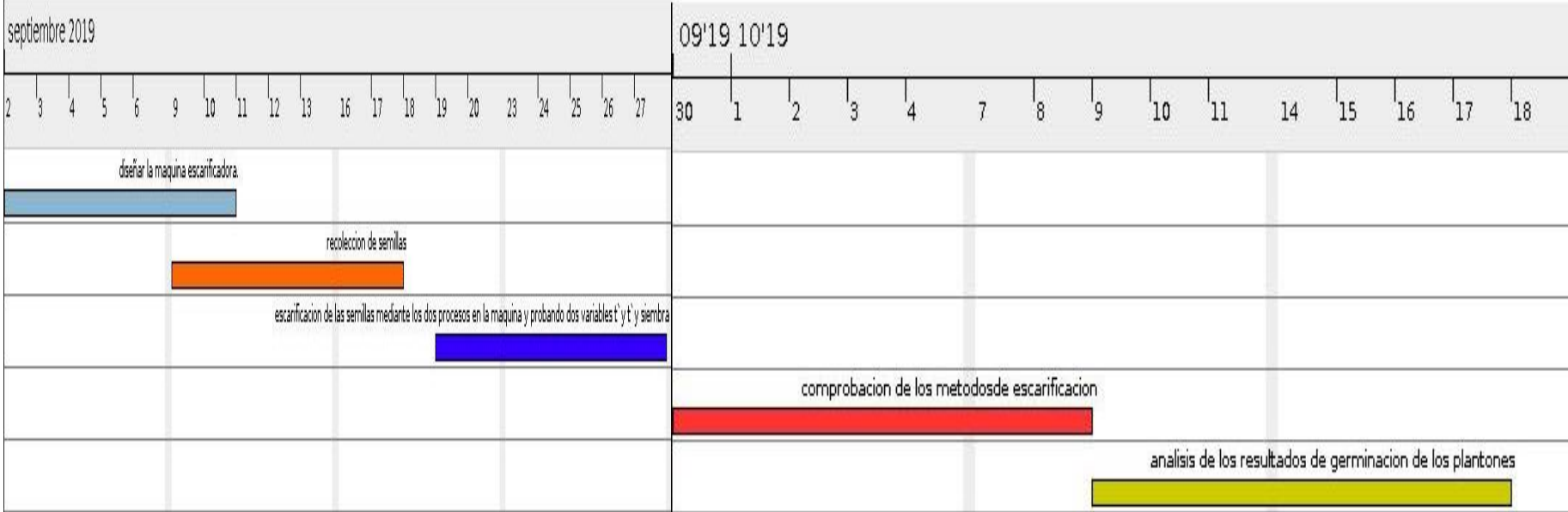
- Prendes, J. O., Khouri, E. A., y García, J. O. (2011). Evaluación de un método de escarificación mecánica en la germinación de semillas de leguminosas pratenses. *Pastos*, 37(2), 179-191.
- Rodríguez, E. F., Bussmann, R. W., Arroyo, S. J., López, S. E., y Briceño, J. (2007). *Capparis scabrida* (Capparaceae) una especie del Perú y Ecuador que necesita planes de conservación urgente. *Arnaldoa*, 14(2), 269-282.
- Romero-Saritama, J. M., Orellana-Armijos, V. B., y Balseca-Ruiz, M. J. (2016). Morfología, imbibición y germinación de semillas de *Caesalpinia glabrata* Kunth (Fabaceae) distribuida en un bosque seco tropical. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 15(2), 89-101.
- Saavedra Jiménez Jesús (1995). *Las plantas medicinales de la sierra central de Piura. Espacio y desarrollo N° 7*. Linnografía
- Sardiñas, Y., Del Viento, A., Herrera, M., y Palma, J. M. (2020). *Endozoocoria en bovinos, vía para la diseminación de semillas de arbóreas y restauración de pasturas*. [Tesis de pregrado, Universidad de Colima].
- Toledo, E. (2013, 5 de diciembre). *Potencial Del Desarrollo Forestal En Cajamarca*. En Reforesta Perú S.A.C. <http://www.ipe.org.pe/portal/wp-content/uploads/2013/12/Potencial-del-desarrollo-forestal-de-Cajamarca-Enrique-Toledo.pdf>
- Universidad de Granada. (2014, 8 de julio). *La latencia de las semillas, que retrasa su germinación, existía hace 360 millones de años*. DesQbre.Fundación. Andalucía. <https://fundaciondescubre.es/noticias/la-latencia-de-las-semillas-una-propiedad-que-les-permite-retrasar-su-germinacion-se-daba-ya-hace-360-millones-de-anos/>
- Varela, S. A., Y Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. *Sistemas Forestales Integrados*, 3, 1-10.

- Varela, S. A., Y Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. *Sistemas Forestales Integrados*, 3, 1-10.
- Vilela, AE y Ravetta, DA (2001). El efecto de la escarificación de semillas y los medios del suelo sobre la germinación, crecimiento, almacenamiento y supervivencia de plántulas de cinco especies de *Prosopis* L. (Mimosaceae). *Revista de entornos áridos* , 48 (2), 171-184.
- Vite, R. C. (2018). *Influencia del sustrato en la producción de plantones de Faique (acacia macracantha humb. & bonpl ex wild). Valle del Medio Piura*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura]. Archivo digital. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1298>
- Zevallos, P. (1986). Caracterización dendrológica de 30 especies forestales de Lambayeque. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Molina].

## **APÉNDICES**



### Apéndice A. Cronograma de Actividades



## Apéndice B. Cronograma de Presupuesto

**RUC:** 20557781324 **CEL:** 932476299  
**ATENCIÓN:** **E-MAIL:**  
**TELÉFONO:** **CONDICION DE PAGO:** CONTADO  
**MONEDA:** S/. **VALIDEZ DE LA OFERTA:** 10 día(s)

ITEM	CODIGO	CANT	U.M.	DESCRIPCION	MARCA	VALOR UNITARIO	VALOR NETO
1	LX3V-0806MR-A2	1	UND	PLC WECON LX3V SERIES 8DI / 6DO RELE 85-264VAC RS	WECON	372.8900	372.89
2	LEVI2070D	1	UND	INTERFAZ HOMBRE MAQUINA (HMI) PANEL DE CONTROL TACTIL 7 PULG. RS232 / RS485 USB	WECON	618.6400	618.64
3	8000B-2SR75GB-N	1	UND	VARIADOR DE VELOCIDAD MONOFASICO /TRIFASICO 1HP 220VAC RS-485	WECON	466.1000	466.10
4	WE-CM-3M	1	UND	CABLE DE COMUNICACION PLC-HMI RS422 3MT	WECON	29.6600	29.66
5	EZ9F56316	1	UND	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO EASY9 3X16A10/6KA 220/400V	SCHNEIDER ELECTRIC	68.6400	68.64
6	DILM 12-220V1NA	1	UND	CONTACTOR AC3 12A 1NA DE 220VAC 1NA	EATON	55.0900	55.09

<b>Sub Total Sin IGV</b> S/1,611.02	<b>Flete</b>	<b>Embalaje</b>	<b>IGV</b> S/289.98	<b>Total</b> S/1,901.00
<b>TIEMPO DE ENTREGA:</b>			<b>Ejecutivo de Venta</b>	
<b>OBSERVACIONES: SALVO PREVIA VENTA</b>			JACKELINE VALDERRAMA	