

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA



TRABAJO DE GRADO

EVALUACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ESCARIFICACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA
PARA ESTIMULAR LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE LAS ESPECIES
FORESTALES: *Hymenaea courbaril* (COPINOL),
Cassia grandis (CARAO) Y *Tamarindus indica* (TAMARINDO)

**PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

PRESENTADO POR

OSCAR FERMÍN BLANCO FLORES
WILLIAM ALEXANDER REGALADO ORELLANA

DOCENTE ASESOR

LICENCIADO DAVID ROSALES ARÉVALO

DICIEMBRE, 2020

SANTA ANA, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES



M.Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

RECTOR

DR. RAÚL ERNESTO AZCÚNAGA LÓPEZ

VICERRECTOR ACADÉMICO

ING. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO GENERAL

LICDO. LUIS ANTONIO MEJÍA LIPE

DEFENSOR DE LOS DERECHOS UNIVERSITARIOS

LICDO. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARÍN

FISCAL GENERAL

FACULTAD MUTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
AUTORIDADES



M.Ed. ROBERTO CARLOS SIGÜENZA CAMPOS
DECANO

M.Ed. RINA CLARIBEL BOLAÑOS DE ZOMETA
VICEDECANA

LICDO. JAIME ERNESTO SERMEÑO DE LA PEÑA
SECRETARIO

LICDO. CARLOS MAURICIO LINARES HERNÁNDEZ
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

DEDICATORIA

A DIOS: Por ser mi guía espiritual y por permitirme llegar a este momento tan especial de mi vida.

A LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE: Por ser mi templo de estudios en mi formación universitaria.

A MIS CATEDRÁTICOS: Por sus sabias enseñanzas y consejos durante mi carrera profesional.

A MI MADRE, ABUELA Y PADRASTRO: Marta Lidia Blanco, Zoila Inés Blanco y Oscar Armando Mangandi Sánchez, por sus ejemplos y dedicación, para ayudarme a construir mis sueños.

A MI TÍO: Rosendo Blanco Flores, por el apoyo incondicional.

A MI ESPOSA: Estephannie Abigail Medina de Blanco, por su amor y apoyo incondicional siempre a mi lado.

A MI HIJA: Yulissa Abigail Blanco Medina, por ser mi inspiración para seguir adelante.

OSCAR FERMÍN BLANCO FLORES

DEDICATORIA

A DIOS: Por haber iluminado poco a poco, la oportunidad y las bendiciones que me brindó en toda mi etapa universitaria.

A MI MADRE: Sonia Del Carmen de Regalado, con su amor y cariño muy especial, y por haberme apoyado incondicionalmente en todo momento durante mi carrera universitaria

A MI PADRE: Carlos Ernesto Regalado, con la dedicación del esfuerzo, respeto y el apoyo incondicional que me brindó, y por haber permitido de finalizar mi proceso universitario.

A MI HERMANO: Juan Carlos Regalado, por su respeto y apoyo.

A MIS ABUELAS: María Santos de Regalado (Q.E.P.D) y Rosa Lidia Orellana, por sus consejos y cariño demostrado, y el apoyo que me brindaron incondicionalmente.

A MI LICENCIADO ASESOR: Lic. David Rosales Arévalo, por dedicar las asesorías de manera incondicional.

WILLIAM ALEXANDER REGALADO ORELLANA

AGREDECIMIENTOS

A MI FAMILIA MATERNA: A mi madre por brindarme su apoyo incondicional durante mi formación universitaria, a mi abuela por animarme a culminar mis estudios académicos, a mi tío por ser el impulsor de iniciar la etapa de educación superior y a mi padrastro por sus aportaciones económicas.

A MI ESPOSA: Stephannie Abigail Medina de Blanco, por su valiosa ayuda moral y acompañamiento en parte de mi etapa de formación profesional.

A MI ASESOR: Lic. David Rosales Arévalo, por la orientación incondicional en la realización del proyecto y este documento.

A LA ORGANIZACIÓN EVANGELICA LA VOZ DE DIOS EN EL SALVADOR C.A:
Por prestarnos el terreno para realizar este proyecto de investigación.

OSCAR FERMÍN BLANCO FLORES

AGREDECIMIENTOS

A MIS FAMILIARES: Especialmente a mi padre y mi madre, por darme el apoyo moral, económico y el esfuerzo que me brindaron incondicionalmente, y por haber dado la oportunidad desde el inicio hasta la finalización de mi etapa universitaria; y a mis demás familiares, por el apoyo que me dieron.

A MIS AMIGOS (AS): Por el apoyo y ayudarnos de coleccionar los frutos (semillas).

A LICENCIADO ASESOR DE LA TESIS: Lic. David Rosales Arévalo, por haber brindado de su tiempo, la colaboración de una manera incondicional y por capacitarme o orientarme durante la realización de la tesis, para obtener un logro importante.

A LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR: A los Docentes, por la orientación y sus enseñanzas que han sido un logro de finalizar mi carrera universitaria; especialmente al coordinador de tesis Lic. Ricardo Figueroa por el apoyo, tiempo y la orientación que me dio durante la realización del trabajo; y Compañeros (as), por haber dado el apoyo que me brindaron.

WILLIAM ALEXANDER REGALADO ORELLANA

ÍNDICE

RESUMEN.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xv
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	17
1.1. La semilla.....	17
1.1.1. Partes estructurales de la semilla.....	17
1.1.2. Tipos de semillas (forestales).....	18
1.1.3. Germinación de la semilla.....	18
1.1.3.1. Tipos de germinación.....	19
1.1.3.2. Factores que afectan la germinación.....	19
1.1.4. Latencia de la semilla.....	20
1.1.4.1. Tipos de latencia.....	20
1.1.5. Métodos de escarificación (métodos para eliminar la latencia).....	21
1.1.5.1. Tipos de escarificación.....	22
1.2. Aspectos generales de las especies en estudios.....	24
1.2.1. Copinol (<i>Hymenaea courbaril</i> L.).....	24
1.2.1.1. Clasificación botánica.....	24
1.2.1.2. Descripción botánica.....	24
1.2.1.3. Distribución ecológica.....	25
1.2.1.4. Usos e importancia.....	25
1.2.2. Carao (<i>Cassia grandis</i> L.f.).....	26
1.2.2.1. Clasificación botánica.....	26
1.2.2.2. Descripción botánica.....	26
1.2.2.3. Distribución ecológica.....	27
1.2.2.4. Usos e importancia.....	27
1.2.3. Tamarindo (<i>Tamarindus indica</i> L.).....	28
1.2.3.1. Clasificación botánica.....	28
1.2.3.2. Descripción botánica.....	28
1.2.3.3. Distribución ecológica.....	29

1.2.3.4. Usos e importancia.....	29
CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO.....	31
2.1. Método, tipo y diseño de la investigación.....	31
2.1.1. Método de la investigación.....	31
2.1.2. Tipo de investigación.....	31
2.1.3. Diseño experimental.....	31
2.2. Descripción del área de estudio.....	32
2.3. Universo, población y muestra.....	32
2.4. Recolección de datos.....	32
2.4.1. Colectas de las semillas.....	32
2.4.2. Selección y almacenamiento de las semillas.....	32
2.4.3. Preparación del terreno y obtención del sustrato.....	33
2.4.4. Tratamiento de las semillas.....	33
2.4.5. Siembra de las semillas.....	34
2.5. Procesamiento y tabulación de datos.....	34
2.6. Análisis de datos.....	35
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
3.1. Resultados.....	36
3.2. Discusión.....	55
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61
4.1. Conclusiones.....	61
4.2. Recomendaciones.....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Registro por día y el total de las semillas germinadas por tratamiento, y por cada repetición en <i>Hymenaea courbaril</i> (copinol).....	36
Tabla 2. Total de las semillas germinadas por cada tratamiento y las cuatro repeticiones en <i>Hymenaea courbaril</i> (copino).....	37
Tabla 3. Porcentajes promedios de las semillas germinadas por cada tratamiento y las cuatro repeticiones en <i>Hymenaea courbaril</i> (copinol).....	37
Tabla 4. Resumen del Análisis de Varianza de un factor en <i>Hymenaea courbaril</i> (copinol).....	38
Tabla 5. Análisis de Varianza (ANOVA) en <i>Hymenaea courbaril</i> (copinol).....	38
Tabla 6. Triangulo construido con los resultados de la Prueba de Tukey en <i>Hymenaea courbaril</i> (copinol).....	39
Tabla 7. Comparación de las Medias (1 a 1) en <i>Hymenaea courbaril</i> (copinol).....	40
Tabla 8. Registro por día y el total de las semillas germinadas por tratamiento, y por cada repetición en <i>Cassia grandis</i> (carao).....	42
Tabla 9. Total de las semillas germinadas por cada tratamiento y las cuatro repeticiones en <i>Cassia grandis</i> (carao).....	43
Tabla 10. Porcentajes promedios de las semillas germinadas por cada tratamiento y las cuatro repeticiones en <i>Cassia grandis</i> (carao).....	43
Tabla 11. Resumen del Análisis de Varianza de un factor en <i>Cassia grandis</i> (carao).....	44
Tabla 12. Análisis de Varianza (ANOVA) en <i>Cassia grandis</i> (carao).....	44
Tabla 13. Triangulo construido con los resultados de la Prueba de Tukey en <i>Cassia grandis</i> (carao).....	45
Tabla 14. Comparación de las Medias (1 a 1) en <i>Cassia grandis</i> (carao).....	46
Tabla 15. Registro por día y el total de las semillas germinadas por tratamiento, y por cada repetición en <i>Tamarindus indica</i> (tamarindo).....	48
Tabla 16. Total de las semillas germinadas por cada tratamiento y las cuatro repeticiones en <i>Tamarindus indica</i> (tamarindo).....	49
Tabla 17. Porcentajes promedios de las semillas germinadas por cada tratamiento y las cuatro repeticiones en <i>Tamarindus indica</i> (tamarindo).....	49

Tabla 18. Resumen del Análisis de Varianza de un factor en <i>Tamarindus indica</i> (tamarindo).....	50
Tabla 19. Análisis de Varianza (ANOVA) repetición en <i>Tamarindus indica</i> (tamarindo).....	50
Tabla 20. Triangulo construido con los resultados de la Prueba de Tukey en <i>Tamarindus indica</i> (tamarindo).....	51
Tabla 21. Comparación de las Medias (1 a 1) en <i>Tamarindus indica</i> (tamarindo).....	52
Tabla 22. Comparación de los porcentaje promedio de germinación por cada especie en cada tratamiento.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Porcentaje promedio de germinación por cada tratamiento en <i>Hymenaea courbaril</i> (copinol).....	41
Fig. 2. Porcentaje promedio de germinación por cada tratamiento en <i>Cassia grandis</i> (carao).....	47
Fig. 3. Porcentaje promedio de germinación por cada tratamiento en <i>Tamarindus indica</i> (tamarindo).....	53
Fig. 4. Comparación de germinación por cada especie en cada tratamiento.....	54

RESUMEN

La deforestación en El Salvador ha disminuido el área vegetal, una alternativa para contrarrestar la situación, es la implementación de viveros forestales, para incrementar la producción de plantas; pero el problema de las semillas en la mayoría de especies forestales, es que poseen cubierta dura y no germinan rápidamente, a esta situación se le denomina latencia, lo cual provoca una producción lenta de las plantas y es problema para los viveristas.

Este trabajo de experimentación consistió en encontrar las técnicas de escarificación más eficaces para el rompimiento de latencia en las semillas de tres especies forestales: “copinol” *Hymenaea courbaril*, “carao” *Cassia grandis* y “tamarindo” *Tamarindus indica*, son de la familia Fabaceae (Leguminosae).

Se evaluaron los métodos de escarificación física, mecánica y combinado (físico y mecánico), con dos tratamientos cada uno y un testigo, sumando siete tratamientos y las cuatro repeticiones cada uno.

El trabajo se realizó en el terreno de la Organización Evangélica la Voz de Dios en El Salvador C.A, en el municipio El Refugio del departamento Ahuachapán, a una altura de 749 msnm. A partir de la segunda semana de julio hasta la primera semana de septiembre de 2019.

Se colectaron 560 semillas por cada especie, de las cuales se hicieron siete grupos de 80 semillas por tratamiento, incluyendo el testigo; estas se dividieron en cuatro subgrupos de 20 semillas que corresponden a las cuatro repeticiones de cada tratamiento.

Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente por medio del porcentaje de germinación, análisis de varianza (ANOVA), prueba de Tukey y la comparación de las medias (1 a 1).

Para el “copinol” se comprobó que los tratamientos de escarificación más eficaces para la aceleración de la germinación, fueron los tratamientos del método mecánico el T5 (Lijado) y T6 (Corte) con el 97.5% y 95% promedio total de germinación respectivamente; en la comparación de las medias entre estos dos tratamientos mecánicos son estadísticamente similares.

Para el “carao” se comprobó que los tratamientos de escarificación más eficaces para la aceleración de la germinación fueron el T5 (Lijado) con el 100% promedio total de

germinación, seguido con el T3 (lijado más inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 horas) fue el 97.5%; en la comparación de las medias entre estos dos tratamientos son estadísticamente similares.

Se comprobó que el único tratamiento de escarificación, el más eficaz para acelerar la germinación de las semillas de “tamarindo”, fue T3 con el 80% promedio de germinación.

INTRODUCCIÓN

En El Salvador, con el transcurso del tiempo, las especies forestales han venido disminuyendo de una forma muy acelerada, un ejemplo de cómo el hombre o nuestros antepasados, a través del tiempo, han reducido los recursos naturales, debido al cambio del uso de la tierra, realizando las siguientes actividades: talas de árboles, quemas en las zonas de vegetación, pastoreos excesivos, etc. Sustituyendo la vegetación original por cultivos que dieron el origen a la agricultura, iniciando con cultivos nativos (maíz, cacao, frijol, camote, algodón, etc.). Después, con la venida de los españoles quienes introdujeron especies de plantas exóticas, se ocuparon grandes extensiones de terrenos para sembrar nuevas variedades de cultivos como: café, arroz, azúcar, sorgo, etc.

Actualmente en el país (El Salvador) existen graves problemas de deforestación, que implican los problemas ecológicos como: la disminución de flora y fauna o pérdida de la biodiversidad, contaminación del aire, erosión del suelo, disminución de los recursos acuíferos, cambios o alteraciones climáticas, escasez de alimentos para los animales silvestres, etc.

La principal causa del problema de la deforestación, se debe a que El Salvador tiene un nivel alto poblacional con 316 habitantes por Km², ubicándolo en la mayor densidad de población en Centro América (DIGESTYC, 2019)¹.

La mayoría de las especies forestales tienen la problemática de talas indiscriminada de los árboles, que son utilizados para construcción de establos, galeras, habitaciones rurales, muebles, obtención de leña, carbón, resinas, construcciones de colonias, etc. Haciendo que las especies forestales se encuentren amenazadas o en situaciones críticas, hasta ubicarlas del listado de las especies en peligro de extinción, y existen pocos estudios practicados en el campo forestal (Com. Per.)².

¹ DIGESTYC: Dirección General de Estadísticas y Censos.

² Carlos Mario Aparicio, Ingeniero Agrónomo; Facultad de Ciencias Agronómicas; Universidad de El Salvador; 21-02-2019.

Una alternativa que puede contribuir a disminuir el problema de la deforestación, es implementar viveros forestales, para apoyar campañas de reforestación; e incrementar la producción de plantas a corto plazo.

Sin embargo, hay un gran número de semillas de las especies forestales que no germinan rápidamente, aun con condiciones óptimas de agua, temperatura y oxígeno; a esta condición se le denomina “latencia de la semilla”.

Para resolver el problema de latencia, hay que aplicar los métodos de escarificación (rompimiento de cutícula o la testa de semilla), que ayudan en acelerar la germinación de la semilla; además, para generar el proceso germinativo, básicamente se necesitan luz, sustrato y humedad (Com. Per.)³.

El trabajo de investigación se realizó con el fin de evaluar las diferentes técnicas de los métodos escarificación física y mecánica, para acelerar el poder germinativo de las semillas de tres especies forestales: *Hymenaea courbaril* (copinol), *Cassia grandis* (carao) y *Tamarindus indica* (tamarindo); para obtener las semillas germinadas en menor tiempo y el mayor porcentaje.

Las especies forestales en el trabajo de investigación: el copinol y carao son especies nativas, y en el caso del tamarindo es una especie exótica, que presentan los valores económicos (producción de madera, obtención de leña y carbón, producción de papelería, uso medicinal, alimentos, etc.), culturales (artesanías, refrescos, dulces, etc.) y ecológicos (producen oxígeno, retienen los nutrientes del suelo, infiltración del agua, reduce o evita la erosión, plantaciones o reforestaciones para crear área de flora, provee hábitat o refugio animal, regulan el clima, interviene en el ciclo del agua, etc.).

Las diversas técnicas de escarificación, comparando las más efectivas, ayudaron a obtener los mejores resultados al acelerar e incrementar el porcentaje de germinación y reducir los gastos de la producción de las plantas.

³ Juan Antonio Salinas, Taxónomo; Agencia Forestal del Área de Recurso Forestal, Sede Regional de Santa Ana; Ministerio de Agricultura y Ganadería; 12-02-2019.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. La semilla

Es el óvulo fecundado, transformado y maduro, en cuyo interior se encuentra el embrión en estado de vida latente, protegido o no por reserva alimenticia y rodeada por varias cubiertas protectoras (Epispermo). (Fuller *et. al.*, 1974; Jara, 1996).

1.1.1. Partes estructurales de la semilla

a) Epispermo

Es la cubierta exterior (cubierta seminal), está formada por la testa y con una cubierta suplementaria por debajo llamada tegmen (cubierta interior). Sobre la superficie posee un pequeño orificio que es el micrópilo es un pequeño poro, a través del cual producen la entrada del tubo polínico en el óvulo y donde se dirige la radícula, se da la germinación (Fuller *et. al.*, 1974; Jara, 1996).

b) Embrión

La parte que se desarrolla a partir del cigoto, formando la plántula (aún conservan los cotiledones) en estado embrionario y consta de las siguientes partes: La radícula, es la raíz embrionaria que se encuentra en el extremo inferior; el hipocótilo, se encuentra debajo de los cotiledones; los cotiledones son las hojas embrionarias situadas en el extremo superior del hipocótilo, pueden ser varios, como en las gimnospermas y las angiospermas pueden ser de dos (dicotiledóneas) o uno (monocotiledóneas) respectivamente. El epicótilo se encuentra situado por encima de la inserción de los cotiledones. Por encima del punto de implantación de los cotiledones se encuentra el brote embrionario, denominado plúmula formado por entrenudos sin alargar y uno o dos foliares primarios. (Salisbury & Parker, 1968; Fuller *et.al.*, 1974; Lagos, 1987; Jara, 1996).

Lagos (1987), asegura que los cotiledones desempeñan en ciertos casos, la función fotosintetizadora; otras veces son órganos almacenadores de sustancias de reserva o se comportan como órgano absorbente

c) Endospermo

También llamado albumen (tejido nutritivo) y es la reserva alimentaria contenida en la semilla. En las monocotiledóneas está constituido por almidón, conformando casi la totalidad de la semilla. A veces esta reserva se encuentra incluida en los cotiledones, como ocurre siempre en el caso de las dicotiledóneas (Fuller *et.al.*, 1974; Jara, 1996).

1.1.2. Tipos de semillas (forestales)

a) Semillas ortodoxas

Son la que se mantienen la viabilidad (capacidad de germinar) a pesar de mantenerse secas y guardadas a muy bajas temperaturas, y su contenido de humedad es bajo, debido a su proceso natural que sobreviven a los períodos de desecación y congelación (Muños, 1993 cit. por Belloso & Mazariegos, 2013).

b) Semillas recalcitrantes

Son la que pierde la viabilidad o que no sobreviven en condiciones de sequedad y no toleran a muy bajas temperaturas, debido a su alto contenido de humedad (Chang, 1985 cit. por Pérez & Abelino, 1989).

1.1.3. Germinación de la semilla

Es la emergencia y desarrollo de la plántula en una fase, donde sus estructuras esenciales, señalan si es capaz de desarrollarse en una planta satisfactoria, bajo condiciones favorables del suelo (Poulsen, 2000 cit. por Charuc, 2015).

La germinación de la semilla es un fenómeno biológico, que puede interpretarse como la continuación del crecimiento del embrión, el cual ha sido temporalmente interrumpido durante la formación de la semilla, también pueden mantenerse dormidas o inactivas, hasta que las condiciones sean apropiadas para germinar. Todas las semillas necesitan agua, oxígeno y temperatura, estas son las condiciones apropiada para la germinación. Algunas semillas también requieren luz apropiada, algunas germinan mejor con luz total, mientras que otras requieren oscuridad para germinar (Jara, 1996).

Cuando una semilla se expone a las condiciones apropiadas, se inician las fases de germinación: Fase I, la absorción del agua por imbibición, causando su hinchamiento y la

ruptura final de la testa; Fase II, es el inicio de la actividad enzimática y metabólica (respiratorio, translocación y asimilación de reservas alimenticias en las regiones de crecimiento del embrión), se disminuye la absorción del agua y es la fase preparatoria; y la Fase III, el crecimiento y la división celular, que provoca la emergencia de la radícula (raíz) y posteriormente la plúmula (brote muy pequeño que contiene hojas y tallo), y aumenta la absorción del agua (Jara, 1996).

1.1.3.1. Tipos de germinación

a) Geminación epígea

Cuando el hipocótilo crece y los cotiledones emergen o salen de la superficie terrestre; posteriormente los cotiledones se extienden y transformándose en órganos fotosintéticos, y actuando como si fueran hojas (hojas falsas); finalmente, comienza el desarrollo del epicótilo con las primeras hojas verdaderas en la plúmula (Jara, 1996).

b) Geminación hipogea

Cuando el hipocótilo no crece y los cotiledones permanecen o no salen de la superficie terrestre, y únicamente la plúmula atraviesa del suelo; el epicótilo se alarga, apareciendo las primeras hojas verdaderas, convirtiéndose los primeros órganos fotosintetizadores de la plántula (Jara, 1996).

1.1.3.2. Factores que afectan la germinación

- a) Temperatura:** Es un factor decisivo de la germinación, ya que las semillas sólo germinan dentro de cierto margen de temperatura. Si la temperatura es muy alta o muy baja, la germinación no tiene lugar, aunque las demás condiciones sean favorables (Bidwell 2002 cit. por Narcia, 2009).
- b) Exceso de humedad:** Cuando la semilla está en proceso de germinación, respira más frecuentemente, si hay exceso de humedad va disminuir el oxígeno y va asfixiar la semilla (Bidwell 2002 cit. por Narcia, 2009).
- c) La luz:** El exceso y la falta de luz pueden inhibir la germinación, lo ideal es que la semilla se encuentre en un punto medio, donde no tenga exceso de ninguna de las dos circunstancias (UPV 2003 cit. por Narcia, 2009).

1.1.4. Latencia de la semilla

Las semillas en la mayoría de las especies germinan tan pronto están dadas las condiciones favorables (humedad, temperatura, oxígeno, luz, etc.); pero si las semillas no germinan se dice que poseen latencia (Pérez Armas, 2008).

La latencia también es llamada “letargo o dormancia”, significa que una semilla está en un estado que impide germinar. Incluso si la semilla está en condiciones favorables que conducen a la germinación, todavía no germinan. Hay varias etapas de latencia de la semilla, que van desde muy latente a latente. Una variedad de factores que pueden afectar la germinación de una semilla, incluye: la luz, el agua, los gases, la temperatura, las cubiertas de las semillas, las limitaciones mecánicas y las estructuras hormonales (Willan, 1991; Jara, 1996).

La latencia se da más en las especies silvestres, algunas veces es causada por las condiciones ambientales o climáticas que prevalecientes durante el desarrollo de la semilla, en su cubierta dura que evita la entrada de agua y por ende la germinación. En cambio, cuando la semilla, por no tener las condiciones favorables, es decir, en que requieren solamente de humedad y temperatura apropiadas, se dice que están quiescentes (pero no latentes) antes de la germinación, se da más en especies agrícolas (Salisbury y Parker, 1968; Willan, 1991).

1.1.4.1. Tipos de latencia

a) Latencia por la cubierta de semilla o exógena

La latencia exógena están comprendida por tres tipos: física, mecánica y química. La latencia física es aquella en que la testa de la semilla es dura e impermeable al agua. Latencia mecánica se da cuando la testa es extremadamente dura y por la parte inferior (tegmen) es grueso, y no permite el crecimiento del embrión. La latencia química corresponde a la producción y acumulación de sustancias químicas que inhiben la germinación, ya sea en los frutos o en las cubiertas de las semillas (Willan, 1991; Jara, 1996; Pérez, 2016).

b) Latencia morfológica o endógena

Son aquellos que no se han desarrollado por completo el embrión en la época de maduración. Dentro de esta categoría hay dos grupos: embriones rudimentarios (la semilla nada más como un pro-embrión, es decir que no es como un embrión, al momento de la

maduración del fruto) y embriones no desarrollados (algunas semillas en la maduración del fruto que tienen embriones poco desarrollado y sólo ocupan la mitad de la cavidad de las semillas); en ninguno de los dos casos están listos para la germinación (Willan, 1991; Jara, 1996; Pérez, 2016).

c) Latencia interna

En esta latencia es controlada en el interior de los tejidos, el control interno de la germinación están implicados dos fenómenos separados: el primero es el control ejercido por la semipermeabilidad en las cubiertas de las semillas y el segundo es un letargo presente en el embrión que supera con exposición a enfriamiento en húmedo. Hay diversos tipos de latencia interna, y se divide en cuatro categorías dependiendo de la debilidad o fuerza del mecanismo inhibitor. Estas son: La latencia fisiológica, es aquella en que la germinación es impedida por un mecanismo fisiológico inhibitor; la latencia superficial, son los mecanismos de inhibitor débil; la latencia intermedia, es inducida principalmente por las cubiertas de las semillas y son los mecanismos de inhibitor intermedio; y la latencia profunda, son los mecanismos de inhibitor fuerte. La latencia interna del embrión se caracteriza principalmente porque, para llegar a la germinación se requiere de un periodo de enfriamiento húmedo y por la incapacidad del embrión separado de germinar con normalidad (Willan, 1991; Jara, 1996; Pérez, 2016).

d) Latencia combinada

Hay dos tipos de latencia combinada: la morfo-fisiológica (combinación del subdesarrollo del embrión, más la aparición de un mecanismos inhibidores fuertes del crecimiento del epicótilo) y exógena-endógena (las diversas combinaciones de latencia de la cubierta o el pericarpio con latencia fisiológica endógena, es decir, el subdesarrollado del embrión). (Willan, 1991; Jara, 1996; Pérez, 2016).

1.1.5. Métodos de escarificación (métodos para eliminar la latencia)

Muchas semillas al alcanzar su punto máximo de madurez, inician un período de latencia producido por factores internos (cubiertas duras) y externos (condiciones ambientales); que normalmente se interrumpe cuándo presentan las condiciones naturales adecuadas para la germinación, para obtener la ruptura de latencia se utilizan los tratamientos de escarificación que ayudan a propiciar las condiciones idóneas para la germinación de las

semillas, para que acelere el menor tiempo y aumentar la cantidad o los porcentajes de germinación (Rodríguez, 2000 cit. por Charuc, 2015).

Los métodos de escarificación (métodos para eliminar la latencia) también se le dominan los “tratamientos pre-germinativos”, comprenden con los diversos tratamientos físicos, mecánicos y biológicos como el calor seco, la ruptura de la testa, el remojo en agua y sustancias químicas, y pueden en algunas soluciones hormonales, que propician la germinación de las semillas. Todo tratamiento que destruye o reduce la impermeabilidad de la cubierta, se denomina escarificación, por eso en algunos casos solo basta con destruir un solo punto de la cubierta para que se produzca la imbibición e intercambio de gases y así se inicia la germinación (Padilla, 1995 cit. por Charuc, 2015).

1.1.5.1. Tipos de escarificación

a) Métodos físicos

Consiste en el ablandamiento y/o rompimiento de testa de la semilla por medio del remojo; en sumergir las semillas sea en agua caliente a una temperatura a 60 °C en adelante y/o en el punto de ebullición (agua hirviendo), dependiendo en minutos o segundos; también se realizan en agua a temperatura ambiente en determinado tiempo sea en horas o días; para que produzcan la penetración o la entrada del agua a la semilla, es dependiendo el tipo de testa que obtengan (Pérez, 2008; Charuc, 2015).

Este método se realizan de otras maneras como: calentar el agua a 100°C o en el punto de ebullición y posteriormente remojo a temperatura ambiente, inmersión en agua a 100°C sin remojo posterior, tratamientos de intemperie, exposición directa al sol sea seco o en agua, exposición al fuego, etc. (Trujillo, 1995 cit. por Ortez & Castillo, 1996).

b) Métodos mecánicos

Pérez Armas (2008), afirma que la escarificación mecánica consiste en causar daño a la testa de la semilla sin dañar el embrión; mediante el contacto con superficies abrasivas, evitando la impermeabilidad al agua, temperatura y oxígeno; consiste en eliminar la testa de la semilla de forma manual.

Este método se puede realizar como: en lijar la semilla hasta que pierda su brillo natural y su aspecto sea poroso, limado (similar al lijado), hacer pequeños cortes en la testa (lado

opuesto del embrión), sacudir las semillas en un recipiente que contenga objeto de superficie ásperas como arena y grava, eliminación parcial o total de la cubierta seminal, golpe o factura, etc. (Trujillo, 1995 cit. por Ortez & Castillo, 1996).

c) Métodos químicos

La sustancia química que más se utiliza para romper la latencia es el ácido sulfúrico, sumergiendo las semillas por un tiempo determinado (minutos o segundos), sin embargo, se debe tener el cuidado con la concentración y el tiempo de exposición de las semillas al ácido, pueden penetrar hasta el embrión y provocar la muerte de la semilla, en algunas especies pueden ser más eficaces en tratamientos con agua caliente (Padilla, 1995 cit. por Charuc, 2015).

Otras sustancias que también se pueden realizar como: en ácido clorhídrico, ácido nítrico, hidróxido de sodio, etileno, acetona, cloroformo, xileno, etc. (Trujillo, 1995 cit. por Ortez & Castillo, 1996).

d) Otros métodos de escarificación

Lijar la semilla hasta que pierda su brillo natural, que el aspecto sea poroso y posteriormente en agua a temperatura ambiente en tiempos variables (entre los métodos físico y mecánico), tratamientos en soluciones hormonales (auxinas o gilberinas) con escarificación física, mecánica o química previa, peróxido de hidrógeno, exposición en luz roja, etc. (Trujillo, 1995 cit. por Ortez & Castillo, 1996).

1.2. Aspectos generales de las especies en estudios

1.2.1. Copinol (*Hymenaea courbaril* L.)

1.2.1.1. Clasificación botánica

Según Naturalista plataforma digital desarrollada por CONABIO (2019)⁴, el “Copinol”, “Cuapinol”, “Guapinol”, “Algarrobo” o “Jatoba”, se ubica taxonómicamente de la siguiente manera:

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida (Dicotiledónea)
Orden: Fabales (Rosales)
Familia: Fabaceae (Leguminosae)
Sub-familia: Caesalpinioideae (Detarioideae)
Género: Hymenaea
Especie: courbaril

1.2.1.2. Descripción botánica

Árbol: es de tamaño grande y robusto, de 10 a 50 m de altura, y de diámetro hasta 1m. Copa redondeada muy densa, ampliamente extendida. Los troncos a veces son cubiertos en la base por una excreción gomosa amarillina. Las ramas son gruesas ascendentes. La corteza es externa ligeramente escamosa a lisa, parda grisácea (Cordero & Boshier, 2003).

Hojas: son alternas, compuestas por un par de folíolos opuestos, de 5 a 10 cm de largo incluyendo el pecíolo, con algunos puntos aceitosos, son elípticas, ovado-elípticas a ovadas (CONABIO, 2009).

Flores: son flores grandes blanco verdosas, extendidas, perfumadas, de 3.5 cm de diámetro. Se presentan en cimas densas terminales pubescentes de 10 a 15 cm de largo; cáliz verde crema, tubular carnoso en forma de campana y 5 pétalos blancos con puntas morenas, erguidos y extendidos, que apenas sobresalen del cáliz (CONABIO, 2009).

Frutos: son vainas indehiscentes o cápsulas de 19–17.5 x 4–6,5 cm, elipsoides, leñosas, café oscuro al madurar, con 3 ó 4 semillas envueltas en una pulpa harinosa de olor

⁴ CONABIO: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

desagradable, dulce y comestible. Cuando son secas exudan una resina pegajosa y fragante (CONABIO, 2009).

Semillas: son oblongas achatadas, pardas y duras, pueden medir hasta 3 cm de diámetro (CONABIO, 2009).

1.2.1.3. Distribución ecológica

Se extiende desde el centro de México, Centroamérica hasta Perú, Bolivia, Norte de Brasil y a lo largo de las Antillas (Cuba y Jamaica a T & Tobago). Se encuentran a lo largo en los bosques de galería, tropical caducifolias y en las altitudes desde cerca del nivel del mar (bosques subcaducifolios) hasta 1300 msnm (bosques montano o de pinos). (Cordero & Boshier, 2003; CONABIO, 2009).

1.2.1.4. Usos e importancia

La resina que exuda el tronco se usa para fabricar barnices e incienso, en la resina del fruto tipo anime o copal sirve para productos farmacéuticos como purgante, contra el asma y catarro, y para productos de tintura para curar ulcera, salpullido y herirás. El cocimiento de la corteza sirve para gases, parásitos intestinales, estreñimiento, indigestión, infecciones urinarias, es rica en taninos que se pueden emplear en la industria de la tenería. Las hojas se emplean para vermífugos que sirve para expulsar las lombrices intestinales. La pulpa farinosa (harina) de sus frutos es comestible, lo cual se fabrican pan, cerveza, vinagre, etc. Y usos medicinales como: artritis, reumatismo, diarrea, fracturas, enfermedades venéreas, histeria, etc. Se usa como combustible (leña y carbón). (Guzmán, 1975; Cordero & Boshier, 2003; CONABIO, 2009).

La madera del copinol es de buena calidad, muy solida o dura, fácil de trabajar, de buen pulimento, con molde raramente durable, es muy resistente de la pudrición de hongos y las termitas, y muy apreciada en la ebanistería; se ocupan para hacer muebles, gaveteros, instrumentos musicales (pianos y guitarras), ruedas de carretera, construcción rural y naval, etc. (Cordero & Boshier, 2003; CONABIO, 2009).

En El Salvador la madera se ocupa y son empleadas para cilindros de trapiches, rodillos, trabajos de tornería, horcones, muebles, lanzaderas de telar, construcciones rurales, pisos, vigas, travesaños, etc. Se utilizan también para leña y carbón. En las semillas se elaboran

artesanillas como: artes de diversas pinturas, llaveros, collares (bisutería), medallas y otros ornamentos (Cordero & Boshier, 2003; CONABIO, 2009).

1.2.2. Carao (*Cassia grandis* L.f.)

1.2.2.1. Clasificación botánica

Según Naturalista plataforma digital desarrollada por CONABIO (2019)⁴, el “Carao”, “Caragua”, “Carague”, “Carago”, la “Cañandonga” o “Cañafistula”, se ubica taxonómicamente de la siguiente manera:

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida (Dicotiledónea)
Orden: Fabales (Rosales)
Familia: Fabaceae (Leguminosae)
Sub-familia: Caesalpinioideae
Género: Cassia
Especie: grandis

1.2.2.2. Descripción botánica

Árbol: es de tamaño mediano que crece de 15 a 30 m de altura, de 45 a 100 cm de diámetro. Tronco cilíndrico que ramifica a media altura para producir una copa irregular, redondeada o esparcida con ramas algo colgantes. La corteza es gruesa y lisa, de color gris parduzco (Cordero & Boshier, 2003; Ramos et. al., 2014).

Hojas: miden unos 50 cm de largo y son compuestas, alternas de 15 a 20 pares, grandes y redondeadas, de 2-5 cm de largo (Cordero & Boshier, 2003).

Flores: son rosadas, grandes y vistosas, son un rasgo distintivo de esta especie, y aparecen en racimos de 10-20 cm de largo, con 15 o más flores cada uno y a veces recubren toda la copa del árbol (Cordero & Boshier, 2003).

Frutos: son vainas cilíndricas, de consistencia leñosa, café oscuras o negruzca, de 40 a 65 cm de largo, indehiscentes; internamente divididas en tabiques, con una semilla aplanada en cada tabique (Ramos et. al., 2014).

Semillas: son de color pardo claro, ovoideas comprimidas lateralmente y están recubiertas de una pulpa dulce olorosa de color café o negro (Ramos et. al., 2014).

1.2.2.3. Distribución ecológica

Desde el Sur de México a través de todo América Central y las Antillas hasta Brasil. Es parte de los bosques semi-caducifolios de tierras bajas y ecosistemas de ribera. También muy común en lugares de clima fresco en algunas partes de El Salvador (Cordero & Boshier, 2003).

1.2.2.4. Usos e importancia

La decocción de hojas, fruto y corteza se usa para tratar la anemia, hemorragia nasal, infecciones urinarias, histeria, tracto digestivo, resfrió y tos, también en la corteza sirve para curar cicatrices y picazones. De la raíz se extrae un líquido antiséptico que se usa para curar heridas e infecciones de la piel. La pulpa de los frutos se emplea en diversas preparaciones nutritivas y medicinales contra, el nerviosismo, la fiebre y reumatismo, también como laxante y purgante (Guzmán, 1975; Cordero & Boshier, 2003).

En Guatemala son usadas para medicinas caseras; en Honduras se usa el extracto o miel de carao para las personas que corren el riesgo de padecer anemia; en El Salvador las vainas son usadas para la fabricación de una popular bebida, denominada "refresco de carao" es mezclada con leche posee un característico olor que el vulgo compara con el de "las patas sucias" y eso hace que aumenta el nivel de la sangre, es decir los glóbulos rojos (contiene hierro); en Nicaragua se utiliza en la elaboración de un vino espeso denominado "vino de carao"; y en Costa Rica las semillas son empleadas para hacer artesanías de adornos, y bisutería (Cordero & Boshier, 2003).

También por ser productor de leña y la madera son de consistencia liviana, y es moderadamente fácil de trabajar; la madera se usa en carpintería, para ebanistería, pisos, postes, muebles rústicos, horcones, mangos para herramientas, barcos, etc. También como combustible (leña y carbón) y la ceniza de la madera empleada para hacer jabón (Cordero & Boshier, 2003; Ramos et. al., 2014).

1.2.3. Tamarindo (*Tamarindus indica* L.)

1.2.3.1. Clasificación botánica

Según Naturalista plataforma digital desarrollada por CONABIO (2019)⁴, el “Tamarindo” se ubica taxonómicamente de la siguiente manera:

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida (Dicotiledónea)
Orden: Fabales (Rosales)
Familia: Fabaceae (Leguminosae)
Sub-familia: Caesalpinioideae (Detarioideae)
Género: Tamarindus
Especie: indica

1.2.3.2. Descripción botánica

Árbol: crecen comúnmente hasta una altura de 25 m (hasta 30 m), se caracterizan por una copa redondeada, esparcida y densa con cobertura de aproximadamente 6 a 10 m. Sus ramas son bajas y ampliamente extendidas, con las ramillas en forma de zigzag. La corteza es externa con tonalidades que van desde grises hasta pardo oscuros (tostado o café). (Pérez, 2016).

Hojas: son alternas, paripinnadas, corto pecioladas, de 5 a 15 cm de largo; con (5)10 a 20 pares de pinnas enteras, oblongas, con la base oblicua y el ápice redondeado, casi sésiles, con longitud fluctuante de 0.3 a 2.5 cm y un ancho de 2 a 8 mm, de color verde pálido (Pérez, 2016).

Flores: son Inflorescencias en racimos cortos y laxos, axilares o terminales, pendulosos, de 5 a 10 cm de largo. Flores zigomórficas, vistosas (los botones, rojos o rosas); cáliz 4-lobulado, blanco amarillento con tonos rojizos; corola con 5 pétalos de diferentes tamaños, 2 reducidos y escamiformes, y 3 grandes o lanceolados, glabros de color amarillo pálido matizados de naranja o rojo y unidos a la mitad (Pérez, 2016).

Frutos: tiene forma de vaina indehisciente, oblonga o linear, algo comprimida lateralmente y comúnmente curvada, con una capa externa (epicarpio) pardo delgado, crustáceo seca y escamosa, una capa mediana (mesocarpio) pulposa combinada con fibras y

una capa coriácea interna (endocarpio) septada entre las semillas, de 1.7 a 15 cm de largo conteniendo 1 a 12 semillas (Pérez, 2016).

Semillas: son indehiscentes, ovaladas o algunas veces casi de forma redondas, comprimidas lateralmente, lisas, con la testa café lustrosa y están recubiertas de una pulpa a sabor agridulce. Carecen de endospermo (Alvarado, 1986; Pérez, 2016).

1.2.3.3. Distribución ecológica

El tamarindo es originario de las sabanas secas de África Tropical, desde Sudán, Etiopía, Kenia y Tanzania, donde crece de forma salvaje; donde también se cultiva en Camerún, Nigeria y Tanzania; en Arabia que se encuentra también en estado silvestre (Alvarado, 1986; Pérez, 2016).

Fue introducido a Egipto, el Medio Oriente y Asia, por comerciantes árabes por miles de años antes de la Era Común (Antes de Cristo). Se distribuye ampliamente por todo el cinturón tropical, desde África hasta el Sur de Asia, el Norte de Australia y en todo el Sudeste Asiático, Taiwán y China. Se introdujo en Mesoamérica y Sudamérica, por medio de los conquistadores españoles y portugueses en el siglo XVI (Pérez, 2016).

En El Salvador hay cantidades y diversas plantaciones de tamarindos en la parte litoral del territorio, y se encuentran en los departamentos: Sonsonate, Usulután, San Miguel y La Unión (Com. Per)².

Se encuentra en lugares de bosque tropical caducifolio con clima cálido semis-secos, aunque puede prosperar también en climas cálido húmedos (Parrota, 1990 cit. por Pérez, 2016).

1.2.3.4. Usos e importancia

Hoy en día, México y Centroamérica son de los mayores productores y consumidores del fruto, se hacen concentrados de la pulpa para la fabricación de refrescos y bebidas, en lo particular México y su cultura en la elaboración de salsas tamarindo (picante) o también se vende como un dulce, mezclando su pulpa con azúcar o sal y chile en algunos países de Centroamérica. En el sur de la India, en donde se preparan Sambhar (sopa de verduras con especias), arroz Pulihora (arroz Hindú) y otros platos. Algunas partes de África, las hojas se adicionan en sopas y las flores son un ingrediente de ensaladas (Pérez, 2016).

Pérez (2016), menciona que la semilla de tamarindo es también una rica fuente de almidón, proteína y aceite. Su composición química es: agua 11.3%, proteína 13.3%, grasa 5.4%, carbohidratos 57.1%, ceniza 4.1% y fibra cruda 8.8%. La proteína de la semilla es rica en ácido glutámico (18%), ácido aspártico (11.6%), glicina (9.1%) y leucina (8.2%). La proporción de aminoácidos esenciales en la proteína es de 33.6%. También son ricas en minerales (calcio, hierro, potasio, fósforo, azufre, sodio, etc.) y vitaminas (A, B6, C, E, K y niacina).

El tamarindo tiene varios puntos positivos de usos medicinales o farmacéuticos para la salud son: Para tratamientos digestivos (reduce enfermedades gastrointestinales), reumatismo (mejora gradualmente las articulaciones de los músculos y huesos), temperatura del cuerpo (paliativo para la fiebre), cicatrices (ayuda a cerrar las heridas y acelera proceso de cicatrización de quemaduras), oftalmología (mejora la salud visual), colesterol (estabiliza y regula la presión arterial), embarazo (beneficia el estreñimiento para mujeres embarazadas), garganta (para disminuir el dolor de garganta), etc. (Pérez, 2016).

Debido a su densidad y durabilidad, la madera del tamarindo suele ser imputrescibles y no es atacada por los insectos; puede ser utilizada para fabricar muebles, lápices, construcción para viviendas rurales, etc. (Guzmán, 1975).

CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO

2.1. Método, tipo y diseño de la investigación

2.1.1. Método de la investigación

El método fue de manera cuantitativa, con análisis descriptivos de los datos (datos de métodos estadísticos) por variables (Hernández Sampieri *et. al.*, 2014).

2.1.2. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo experimental, debido al manipuleo intencional de las variables independientes (tratamiento de escarificación y sustrato) y la medición de las variables dependientes (tiempo de aceleración y porcentaje de germinación). (Hernández Sampieri *et. al.*, 2014).

Las variables independientes que fueron utilizados durante el trabajo de experimentación:

a) Tratamiento de Escarificación

Villena (2003) cit. por Pérez Armas (2008), afirma que un tratamiento de escarificación se refiere al sometimiento de las semillas de algunas especies forestales a condiciones favorables para obtener una tasa de germinación alta y en poco tiempo.

b) Sustrato

Biblioteca de la Agricultura (1998) cit. por Pérez Armas (2008), manifiesta que el sustrato es el material de origen orgánico o no, que se desea químicamente inactivo, es decir, que no aporte ni absorba ningún elemento. Además sobre el cual las plantas sitúan sus raíces, sirviendo de elemento estabilizador, anclaje y como almacén de nutrientes.

2.1.3. Diseño experimental

La técnica de experimentación utilizada fue la distribución de los bloques al azar para cada una de las especies estudiadas; porque las unidades experimentales (consto de 140 unidades en cada bloque) se pueden agrupar en bloques uniformes y porque son seis tratamientos más el testigo, y son cuatro repeticiones (Reyes Castaneda, 1980). Ver anexos 1 y 2.

2.2. Descripción del área de estudio

La experimentación fue desarrollada en el terreno de la Organización Evangélica la Voz de Dios en El Salvador C.A, en el Barrio El centro, 3ra Calle Poniente y Av. Boulevard, El Refugio, Ahuachapán; con elevación de 749 msnm; las coordenadas son 13°58'33.70'' de latitud norte y 86°42'22.60'' de longitud oeste; la temperatura media de 23.2 °C y con una precipitación de 1,742 ml/año. Esta zona es denominada como bosque húmedo Subtropical o sabana Tropical caliente (SNET, 2019)⁵. Ver anexo 3.

2.3. Universo, población y muestra

- a) **Universo:** Las semillas colectadas de los árboles de copinol, carao y tamarindo, en la Zona Occidental de El Salvador.
- b) **Población:** Las semillas colectadas de los árboles de copinol, carao y tamarindo, en los Departamentos de Santa Ana y Ahuachapán.
- c) **Muestra:** Las semillas colectadas de los árboles de copinol, carao y tamarindo, en los Municipios: Atiquizaya, San Lorenzo, Turín, Candelaria de la frontera y Santa Ana.

2.4. Recolección de datos

2.4.1. Colectas de las semillas

Los frutos (semillas) de cada especie, se colectaron directamente del árbol o del suelo de los siguientes lugares (municipios): Santa Ana en el parque colonia Jardines del Tecana (carao), UES FMOcc (copinol y carao) y cancha el tamarindo barrio San Lorenzo (tamarindo); Candelaria de la Frontera en las fincas cantón Las Paradas (copinol y tamarindo); Atiquizaya en cantón Joya del Platanar (copinol y carao); Turín en el barrio Socorro (tamarindo); y San Lorenzo en caserío Los Pineles (carao).

2.4.2. Selección y almacenamiento de las semillas

Las semillas fueron extraídas de los frutos colectados (cosecha resiente), para su debida selección, tomando en cuenta el tamaño para cada especie; en el caso del copinol más o menos de 2 a 3 cm de diámetro, en el carao más o menos de 1 a 1.5 cm de diámetro y en el tamarindo

⁵ SNET: Servicio Nacional de Estudios Territoriales.

más o menos de 1 a 2 cm de diámetro (Ver anexo 4). Una vez seleccionadas fueron colocadas en bolsas plásticas de 1 lb., almacenadas en un lugar libre de humedad y luz directa.

2.4.3. Preparación del terreno y obtención del sustrato

El área de trabajo fue 8x8 m, en la que fue construida una ramada para vivero de 7x6 m; se utilizaron 4 m³ de tierra franco arcilloso, para llenar 1,680 bolsas (bolsas para viveros de 6x9), colocadas dentro del vivero, formando 12 bloques cada uno con 140 bolsas (20 bolsas de largo por 7 de ancho), aproximadamente 1.8 m de largo por 0.6 m de ancho y dejando entre cada bloque a una distancia de 0.4 m (Ver anexo 5).

2.4.4. Tratamiento de las semillas

Dos tratamientos aplicados por cada método (físico, mecánico y combinado) a las tres especies (copinol, carao y tamarindo), más el testigo; sumando un total de siete tratamientos.

a) Método físico

De 1,680 semillas, 480 semillas (160 semillas por cada especie) sometidas a los siguientes tratamientos:

T1. Inmersión en el Punto de ebullición durante 1 minuto: 240 semillas introducidas en bolsas (80 semillas por bolsa de cada especie) atada a unos fragmentos de varas, fueron sumergidas en un recipiente con agua en el punto de ebullición (agua hirviendo) durante un minuto.

T2. Inmersión en el Punto de ebullición durante 3 minutos: a las otras 240 semillas se realizó el mismo procedimiento del T1 aumentando dos minutos más.

b) Método combinado (físico y mecánico)

De 1,200 semillas, 480 semillas (160 semillas por cada especie) sometidas a los siguientes tratamientos:

T3. Lijado más Inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 horas: este tratamiento consistió lijar el lado opuesto al micrópilo y colocándolas las semillas en agua a temperatura ambiente durante 24 horas (Ver anexo 6).

T4. Lijado más Inmersión en agua a temperatura ambiente durante 72 horas: realizando el mismo procedimiento del T3, aumentando a 72 horas el tiempo de reposo en agua a temperatura ambiente.

c) Método mecánico

De 720 semillas, 480 semillas (160 semillas por cada especie) fueron sometidas a los siguientes tratamientos:

T5. Lijado: la semilla fue lijada a totalidad, exceptuando la región cercana al micrópilo, con una lija N°100.

T6. Corte: se hizo un pequeño corte al lado opuesto del micrópilo, con alicate para corta uñas (carao y tamarindo) y tijera de apodar (copinol).

Las 240 semillas restantes (80 semillas por cada especie) no fueron sometidas ningún tratamiento de escarificación (**T7.** Testigo).

2.4.5. Siembra de las semillas

Se realizó en 4 bloques (por cada especie), representando cuatro repeticiones; las rotulaciones de cada tratamiento fueron colocadas al azar; con una profundidad de siembra en las bolsa llenas de tierra franco arcilloso, de acuerdo a su diámetro; desarrollando los tratamientos en el mismo día; observando a diario y registrando el número de germinación por tratamiento, repetición y cada especie (ver cuadro 1, 8 y 15). Ver anexo 7.

El trabajo de experimentación tuvo una duración de aproximadamente 9 semanas, a partir de la segunda semana de julio (12 de julio) y finalizando la primera semana de septiembre de 2019.

2.5. Procesamiento y tabulación de datos

En el procesamiento de los datos fue a través de los siguientes métodos estadísticos: Porcentaje de Germinación (Ver formula en análisis de datos), Análisis de Varianza (ANOVA), la Prueba de Tukey y la Comparación de las Medias (1 a 1).

Los porcentajes promedio de cada tratamiento y cada especie. Son presentados en graficas de barras; y un gráfico lineal que presentan los resultados de las tres especies estudiadas, para facilitar la comparación (Ver figura 1, 2, 3 y 4).

2.6. Análisis de datos

Para analizar los datos obtenidos durante la investigación experimental, fue utilizando los siguientes **métodos estadísticos**:

a) El Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de germinación} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de semillas germinadas} \times 100}{\text{N}^\circ \text{ de semillas sembradas}}$$

b) Análisis de varianza (ANOVA)

Una técnica estadística básica para la determinación de un factor o conjunto de factores que tiene diferencia en la variación total. Fue aplicada para determinar si existía diferencia entre los diversos tratamientos, y si estos eran significativos o no (rechazo o aceptación de hipótesis nula). (Com. per.)⁶.

c) Prueba de Tukey

Al hacer las comparaciones múltiples entre los diversos tratamientos, se determina si hay diferencias significativas entre cada una de las medias (Reyes Castaneda, 1980).

d) Comparación de las medias (1 a 1)

Las medias de un grupo de datos comparadas entre sí, con el fin de determinar si la diferencia es significativa o no (diferente o similar). (Com. Per.)⁶.

⁶ Luis Aquino, Licenciado en Estadísticas; Departamento de Matemática; Facultad Multidisciplinaria de Occidente; Universidad de El Salvador; 20-09-2019.

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

Las semillas de copinol tratadas con las técnicas de escarificación, comenzaron a germinar a los 9 días y finalizaron a los 14 días, mientras que el testigo germino de los 18 a los 21 días; como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1: Registro por día y el total de las semillas germinadas por tratamiento, y por cada repetición en *Hymenaea courbaril* (copinol).

Control de germinación								Fecha de siembra: 12 de julio de 2019																Especie: <i>Hymenaea courbaril</i> (copinol)							
Días	R1							R2							R3							R4									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7			
9	2	1	6	3	3	3	0	0	0	0	3	1	6	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0			
10	6	0	3	5	3	2	0	1	3	3	2	3	2	0	2	2	3	5	5	3	0	2	2	2	3	3	3	0			
11	5	0	3	2	6	6	0	6	2	5	4	2	5	0	5	1	2	5	3	5	0	5	1	5	5	7	8	0			
12	5	0	3	2	4	5	0	3	0	2	5	5	3	0	5	0	5	5	7	7	0	7	0	8	6	7	3	0			
13	0	0	4	7	4	3	0	5	0	9	5	8	3	0	3	0	5	3	4	4	0	3	0	2	2	3	4	0			
14	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
18	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2			
19	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2			
20	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0			
Total	18	1	19	19	20	20	4	15	5	19	19	19	1	17	3	18	20	19	19	3	17	3	17	17	20	18	5				

En la tabla 2 y 3 se presenta la sumatoria total de las semillas germinadas de copinol por cada tratamiento y repetición; en donde T5 (lijado) tiene el mayor número de semillas germinadas y el porcentaje promedio de germinación.

Tabla 2: Total de las semillas germinadas por cada tratamiento y las cuatro repeticiones en *Hymenaea courbaril* (copinol).

Tratamientos Repeticiones	Punto de ebullición		Lijado + Inmersión en agua a temperatura ambiente		Lijado	Corte	Testigo	Total
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	
	1 min	3 min	24 horas	72 horas				
R 1	18	1	19	19	20	20	2	99
R 2	15	5	19	19	19	19	1	97
R 3	17	3	18	20	19	19	1	97
R 4	17	3	17	17	20	18	2	94
Total	67	12	73	75	78	76	6	387

Tabla 3: Porcentaje promedio de las semillas germinadas por cada tratamiento y las cuatro repeticiones en *Hymenaea courbaril* (copinol).

Tratamientos Repeticiones	Punto de ebullición		Lijado + Inmersión en agua a temperatura ambiente		Lijado	Corte	Testigo	Total % \bar{x}
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	
	1 min	3 min	24 horas	72 horas				
R 1	90	5	95	95	100	100	10	70.71
R 2	75	25	95	95	95	95	5	69.29
R 3	85	15	90	100	95	95	5	69.29
R 4	85	15	85	85	100	90	10	67.14
Total % \bar{x}	83.75	15	91.25	93.75	97.5	95	7.5	69.11

El análisis de varianza (ANOVA) se dice que hay diferencia significativa entre los diversos tratamientos, según la tabla 4 y 5.

Tabla 4: Resumen del Análisis de Varianza de un factor en *Hymenaea courbaril* (copinol).

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
T1	4	67	16.75	1.58
T2	4	12	3	2.67
T3	4	73	18.25	0.92
T4	4	75	18.75	1.58
T5	4	78	19.5	0.33
T6	4	76	19	0.67
T7	4	6	1.5	0.33

Tabla 5: Análisis de Varianza (ANOVA) en *Hymenaea courbaril* (copinol).

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	P-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	1521.86	6	253.64	219.65	7.88E-16	2.57
Dentro de los grupos	24.25	21	1.15			
Total	1546.11	27				

Nota: el P-valor (7.88E-16) es menor que el valor de alfa (0.05) por lo que es significativo, se rechaza H_0 .

La tabla 6 presenta las diferencias entre cada una de las medias en orden decreciente; las ubicadas por encima de la línea gruesa son significativas, indicando que hay diferencia entre un tratamiento y otro, mientras que las de debajo de dicha línea presentan similitud.

Tabla 6: Triángulo construido con los resultados de la Prueba de Tukey en *Hymenaea courbaril* (copinol).

Pro. Decreciente	X1 T5 20	X2 T3 19.5	x3 T4 17.75	X4 T6 16.75	X5 T7 1.75	X6 T1 1	X7 T2 0.75
Pro. Creciente							
X7 T2 0.75	19.25	18.75	17	16	1	0.25	0
X6 T1 1	19	18.5	16.75	15.75	0.75	0	
X5 T7 1.75	18.25	17.75	16	15	0		
X4 T6 16.75	3.25	2.75	1	0			
X3 T4 17.75	2.55	1.75	0		W=1.87		
X2 T3 19.5	0.5	0					
X1 T5 20	0						

Nota: A-los valores de la diagonal siempre son cero; B-las diferencias arriba de la línea gruesa son significativas, en tanto que las diferencias debajo de la línea gruesa no son significativos, pero sus valores son menores a $W=1.87$

Según la tabla 7 en la comparación de las medias (1 a 1) se observa que T5, T6 y T4 son estadísticamente similares, y T3 con T1 son similares pero menores a los tres tratamientos mencionados anteriormente.

Tabla 7: Comparación de las Medias (1 a 1) en *Hymeneae courbaril* (copinol).

Tratamiento 1	Tratamiento 2	\bar{x} 1	\bar{x} 2	Diferencia	Var.1	Var.2	T calculado	T tabla
T5	T6	19.5	19	0.50	0.33	0.67	1.000*	1.943
T5	T4	19.5	18.75	0.75	0.33	1.58	1.083*	
T5	T3	19.5	18.25	1.25	0.33	0.92	2.236**	
T5	T1	19.5	16.75	2.75	0.33	2.67	3.175**	
T6	T4	19	18.75	0.25	0.67	1.58	0.333*	
T6	T3	19	18.25	0.75	0.67	0.92	1.192*	
T6	T1	19	16.75	2.25	0.67	1.58	3.000**	
T4	T3	18.75	18.25	0.5	1.583	0.92	0.632*	
T4	T1	18.75	16.75	2	1.58	1.58	2.248**	
T3	T1	18.25	16.75	1.5	0.917	1.58	1.897*	

** Significativa Trat. 1 mayor Trat. 2.

*No significativa Trat. 1 igual Trat. 2.

En la figura (1) se muestra los porcentajes promedios de germinación; el menor fue T7 (testigo); mientras que los demás pasan del 80%, excepto T2 (punto de ebullición por 3 minutos) con el 15%.

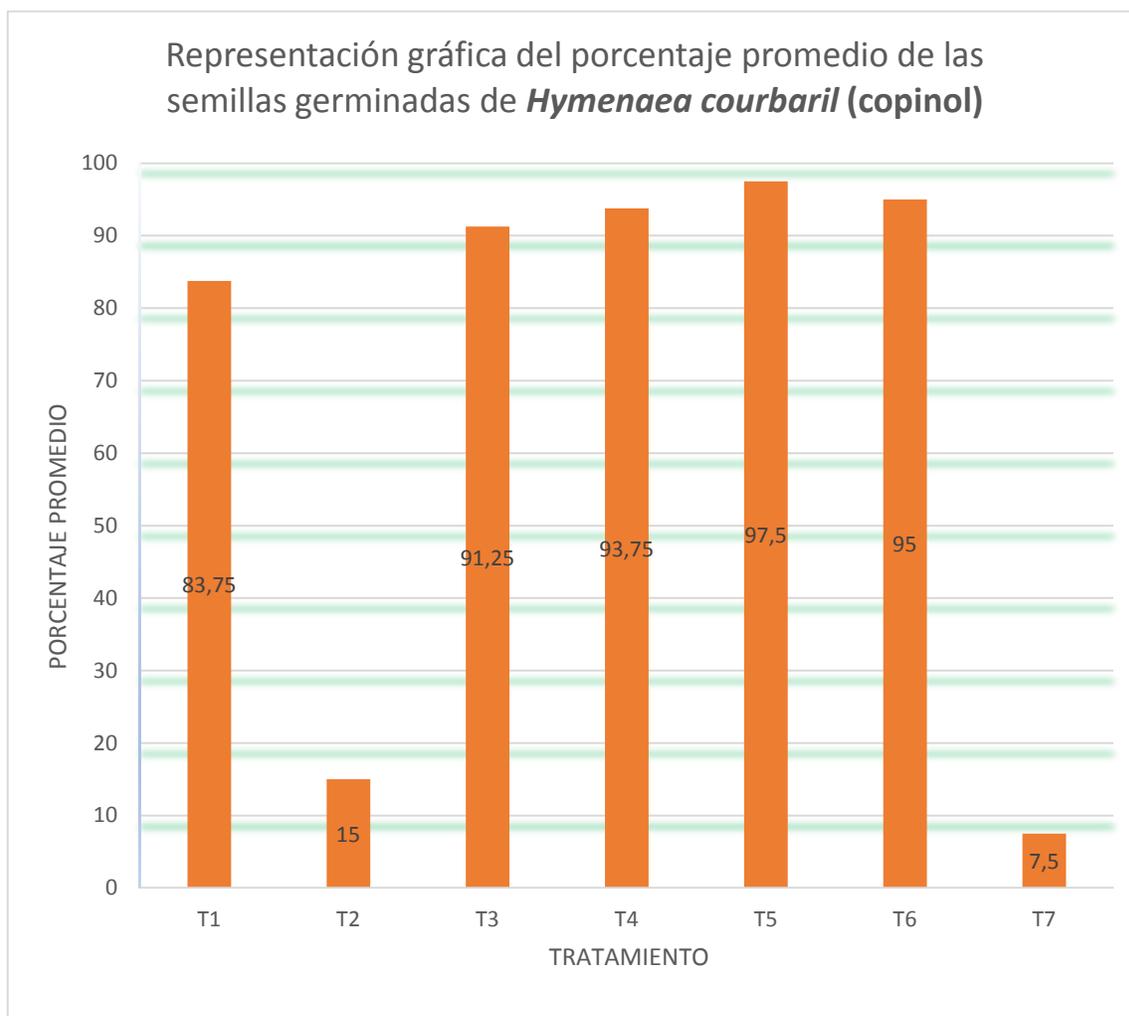


Figura 1: Porcentaje promedio de germinación por cada tratamiento en *Hymenaea courbaril* (copinol).

Nota: T1: Punto de ebullición por 1 minuto, T2: Punto de ebullición por 3 minutos, T3: Lijado + Inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 horas, T4: Lijado + Inmersión en agua a temperatura ambiente por 72 horas, T5: Lijado, T6: Corte y T7: Testigo.

Las semillas de carao tratadas con las técnicas de escarificación, comenzaron a germinar a los 5 días y finalizaron a los 8 días, mientras que el testigo germino de los 10 a los 19 días; como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8: Registro por día y el total de las semillas germinadas por tratamiento, y por cada repetición en *Cassia grandis* (carao).

Control de germinación							Fecha de siembra: 12 de julio de 2019														Especie: <i>Cassia grandis</i> (carao)								
Días	R1							R2							R3							R4							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	
5	0	0	1	4	2	1	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	4	3	1	0
6	0	0	11	13	10	2	0	0	0	8	13	7	8	0	0	0	12	9	7	2	0	0	0	0	12	12	5	5	0
7	1	0	8	1	6	9	0	0	0	8	1	10	8	0	0	1	7	6	13	12	0	0	1	6	3	12	9	0	
8	1	0	0	0	2	2	0	0	1	1	0	2	3	0	1	0	0	0	0	4	0	1	0	1	0	0	0	1	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Total	2	0	20	18	20	14	3	0	1	18	17	20	19	2	1	1	20	16	20	18	4	1	1	20	19	20	16	2	

En la tabla 9 y 10 se presenta la sumatoria total de las semillas germinadas de carao por cada tratamiento y repetición; en donde T5 (lijado) tiene el mayor número de semillas germinadas y el porcentaje promedio de germinación.

Tabla 9: Total de las semillas germinadas por cada tratamiento y las cuatro repeticiones en *Cassia grandis* (carao).

Tratamientos Repeticiones	Punto de ebullición		Lijado + Inmersión en agua a temperatura ambiente		Lijado	Corte	Testigo	Total
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	
	1 min	3 min	24 horas	72 horas				
R 1	2	0	20	18	20	14	2	76
R 2	0	1	18	17	20	19	1	76
R 3	1	1	20	16	20	18	2	78
R 4	1	1	20	19	20	16	1	78
Total	4	3	78	70	80	67	6	308

Tabla 10: Porcentaje promedio de las semillas germinadas por cada tratamiento y las cuatro repeticiones en *Cassia grandis* (carao).

Tratamientos Repeticiones	Punto de ebullición		Lijado + Inmersión en agua a temperatura ambiente		Lijado	Corte	Testigo	Tota % \bar{x}
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	
	1 min	3 min	24 horas	72 horas				
R 1	10	0	100	90	100	70	10	54.29
R 2	0	5	90	85	100	95	5	54.29
R 3	5	5	100	80	100	90	10	55.71
R 4	5	5	100	95	100	80	5	45.71
Total % \bar{x}	5	3.75	97.5	87.5	100	83.75	7.5	55

El análisis de varianza (ANOVA) se dice que hay diferencia significativa entre los diversos tratamientos, según la tabla 11 y 12.

Tabla 11: Resumen del Análisis de Varianza de un factor en *Cassia grandis* (carao).

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
T1	4	4	1	0.67
T2	4	3	0.75	0.25
T3	4	78	19.5	1
T4	4	70	17.5	1.67
T5	4	80	20	0
T6	4	67	16.75	4.92
T7	4	6	1.5	0.33

Tabla 12: Análisis de Varianza (ANOVA) en *Cassia grandis* (carao).

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	P-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	2095.5	6	349.25	276.76	7.24E-19	2.57
Dentro de los grupos	26.5	21	1.26			
Total	2122	27				

Nota: el P-valor (7.24E-19) es menor que el valor de alfa (0.05) por lo que es significativo, se rechaza Ho.

La tabla 13 presenta las diferencias entre cada una de las medias en orden decreciente; las de arriba de la línea gruesa son significativas indicando que hay diferencia entre un tratamiento y a otro, mientras que las de abajo presentan similitud.

Tabla 13: Triángulo construido con los resultados de la Prueba de Tukey en *Cassia grandis* (carao).

Pro. Decreciente			X1	X2	x3	X4	X5	X6	X7
Pro. creciente			T5	T3	T4	T6	T7	T1	T2
			20	19.5	17.75	16.75	1.75	1	0.75
X7	T2	0.75	19.25	18.75	17	16	1	0.25	0
X6	T1	1	19	18.5	16.75	15.75	0.75	0	
X5	T7	1.75	18.25	17.75	16	15	0		
X4	T6	16.75	3.25	2.75	1	0			
X3	T4	17.75	2.5	2	0				
X2	T3	19.5	0.5	0			W=1.96		
X1	T5	20	0						

Nota: A-los valores de la diagonal siempre son cero; B-las diferencias arriba de la línea gruesa son significativas, en tanto que las diferencias debajo de la línea gruesa no son significativos, pero sus valores son menores a W=1.96

Según la tabla 14 en la comparación de las medias (1 a 1) se observa que T5 con T3 son estadísticamente similares y T4 con T6 son similares, pero menores a los dos tratamientos mencionados anteriormente.

Tabla 14: Comparación de las Medias (1 a 1) en *Cassia grandis* (carao).

Tratamiento 1	Tratamiento 2	\bar{x} 1	\bar{x} 2	diferencia	Var. 1	Var. 2	T calculado	T tabla
T5	T3	20	19.5	0,5	20	1	1*	1.943
T5	T4	20	17.5	2.5	20	1.67	3.873**	
T5	T6	20	16.75	3.25	20	2.67	3.980**	
T3	T4	19.5	17.5	2	1	1.67	2.449**	
T3	T6	19.5	16.75	2.75	1	2.67	2.872**	
T4	T6	17.5	16.75	0.75	1.67	2.67	0.721*	

** Significativa Trat. 1 mayor Trat. 2

* No significativa Trat. 1 igual a Trat. 2

En la figura 2 se muestran los porcentajes promedios de germinación; siendo menores T1 (punto de ebullición por 1 minuto), T2 (punto de ebullición por 3 minutos) y T7 (testigo), y los demás pasan del 80%.

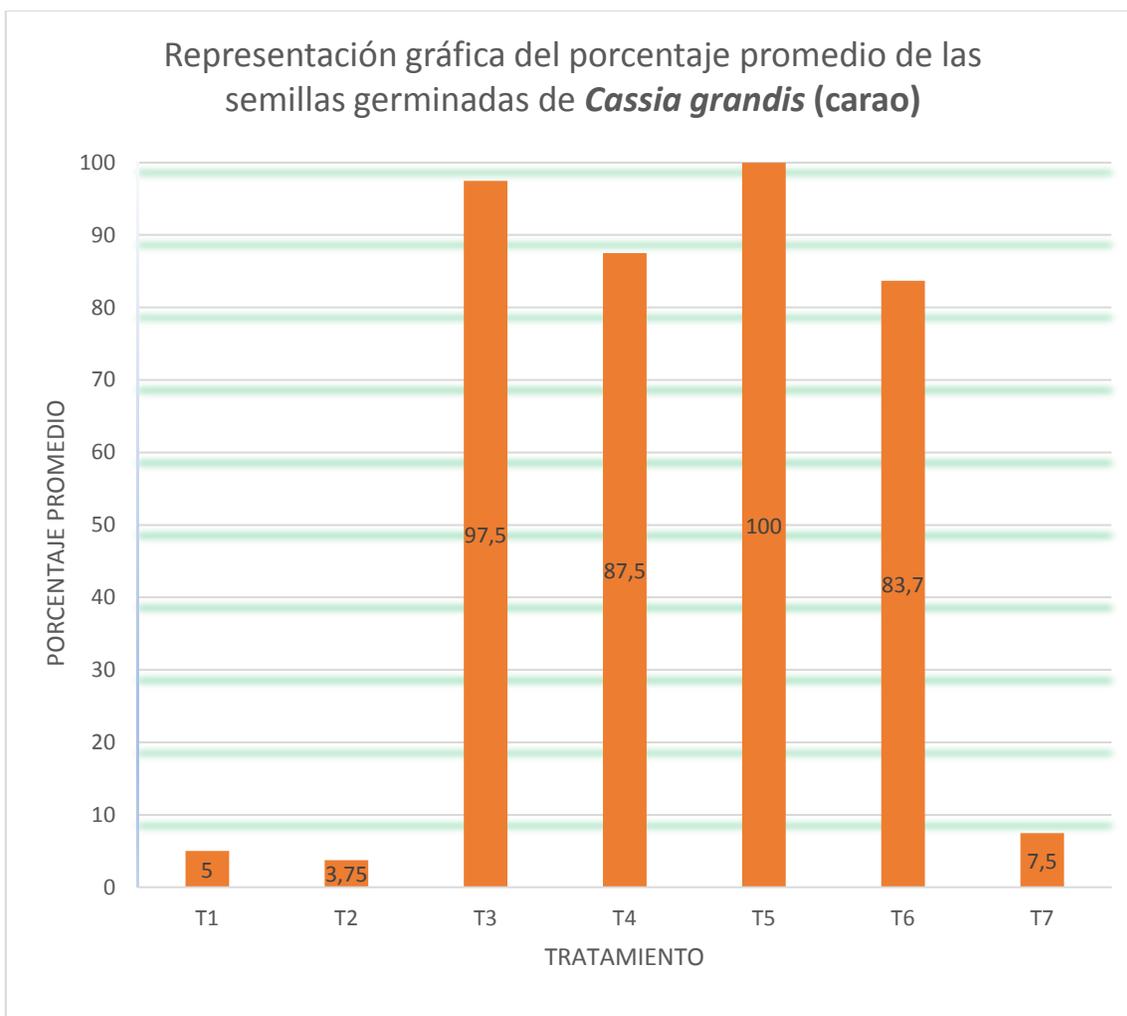


Figura 2: Porcentaje promedio de germinación por cada tratamiento en *Cassia grandis* (carao).

Nota: T1: Punto de ebullición por 1 minuto, T2: Punto de ebullición por 3 minutos, T3: Lijado + Inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 horas, T4: Lijado + Inmersión en agua a temperatura ambiente por 72 horas, T5: Lijado, T6: Corte y T7: Testigo.

Las semillas de tamarindo tratadas con las técnicas de escarificación, comenzaron a germinar a los 7 días y finalizaron a los 11 días, mientras que el testigo germinó de los 13 a los 23 días; como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15: Registro por día y el total de las semillas germinadas por tratamiento, y por cada repetición en *Tamarindus indica* (tamarindo).

Control de germinación								Fecha de siembra: 12 de julio de 2019																Especie: <i>Tamarindus indica</i> (tamarindo)							
Días	R1							R2							R3							R4									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7			
7	0	0	4	6	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	10	11	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0			
8	0	0	9	4	5	3	0	0	0	6	2	6	3	0	0	0	6	1	5	6	0	0	1	4	2	4	2	0			
9	0	2	1	2	1	3	0	3	0	4	4	2	9	0	1	1	2	3	3	2	0	0	1	3	2	2	3	0			
10	1	3	2	2	0	3	0	0	2	3	3	1	5	0	0	2	1	1	1	1	0	0	0	3	3	2	3	0			
11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	3	0	2	2	0			
13	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1			
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	3			
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0			
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2			
17	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0			
18	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3			
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0			
21	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1			
22	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2			
Total	1	5	15	14	6	10	11	3	2	16	9	11	17	17	1	3	20	19	10	11	16	1	2	13	7	10	11	12			

En la tabla 16 y 17 se presenta la sumatoria total de semillas germinadas de tamarindo por cada tratamiento y repetición; en donde T3 (lijado más inmersión en agua por 24 horas) tiene el mayor número de semillas germinadas y el porcentaje promedio de germinación.

Tabla 16: Total de las semillas germinadas por cada tratamiento y las cuatro repeticiones en *Tamarindus indica* (tamarindo).

Tratamientos Repeticiones	Punto de ebullición		Lijado + Inmersión en agua a temperatura ambiente		Lijado	Corte	Testigo	Total
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	
	1 min	3 min	24 horas	72 horas				
R 1	1	5	15	14	6	10	2	53
R 2	3	2	16	9	11	17	1	59
R 3	1	3	20	19	10	11	3	67
R 4	1	2	13	7	10	11	1	46
Total	6	12	64	49	37	49	7	225

Tabla 17: Porcentaje promedio de las semillas germinadas por cada tratamiento y las cuatro repeticiones en *Tamarindus indica* (tamarindo).

Tratamientos Repeticiones	Punto de ebullición		Lijado + Inmersión en agua a temperatura ambiente		Lijado	Corte	Testigo	Total % \bar{x}
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	
	1 min	3 min	24 horas	72 horas				
R 1	5	20	75	70	30	50	10	37.14
R 2	15	10	80	45	55	85	5	42.14
R 3	5	25	100	95	50	55	15	49.29
R 4	5	10	65	35	50	55	5	31.43
Total % \bar{x}	7.5	15	80	61.25	46.25	61.25	8.75	49.46

El Análisis de varianza (ANOVA) se dice que hay diferencia significativa entre los diversos tratamientos, según la tabla 18 y 19.

Tabla 18: Resumen de Análisis de Varianza de un factor en *Tamarindus indica* (tamarindo).

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
T1	4	6	1.5	1
T2	4	12	3	2
T3	4	64	16	8.67
T4	4	49	12.25	28.92
T5	4	37	9.25	4.92
T6	4	49	12.25	10.25
T7	4	7	1.75	0.97

Tabla 19: Análisis de Varianza (ANOVA) en *Tamarindus indica* (tamarindo).

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	P-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	832	6	138.97	17.13	4.18E-07	2.57
Dentro de los grupos	170	21	8.10			
Total	1002	27				

Nota: el P-valor (4.18E-07) es menor que el valor de alfa (0.05) por lo que es significativo, se rechaza Ho.

La tabla 20 presenta las diferencias entre cada una de las medias en orden decreciente; las de arriba de la línea gruesa son significativas indicando que hay diferencia entre un tratamiento y otro, las de abajo tienen similitud.

Tabla 20: Triángulo construido con los resultados de la Prueba de Tukey en *Tamarindus indica* (tamarindo).

Pro. Decreciente			X1 T3 16	X2 T6 12.5	X3 T4 12.5	X4 T5 9.25	X5 T2 3	X6 T7 1.75	X7 T1 1.5
Pro. creciente									
X7	T1	1.5	14.5	11	11	7.75	1.5	0.25	0
X6	T7	1.75	14.25	10.75	10.75	7.5	1.25	0	
X5	T2	3	13	9.5	9.5	6.25	0		
X4	T5	9.25	6.75	3	3	0			
X3	T4	12.5	3.5	0	0		W=4.97		
X2	T6	12.5	3.5	0					
X1	T3	16	0						

Nota: A-los valores de la diagonal siempre son cero; B-las diferencias arriba de la línea gruesa son significativas, en tanto que las diferencias debajo de la línea gruesa no son significativas, pero sus valores son menores a $W=4.97$.

Según la tabla 14 en la comparación de las medias (1 a 1) se observa que T3, T6 y T4 son estadísticamente similares; en T6, T4 y T5 son similares.

Tabla 21: Comparación de las Medias (1 a 1) en *Tamarindus indica* (tamarindo).

Tratamiento 1	Tratamiento 2	\bar{x} 1	\bar{x} 2	diferencia	Var. 1	Var.2	T calculado	T tabla
T3	T6	16	12.5	3.5	8.67	10.25	1.609*	1.943
T3	T4	16	12.5	3.5	8.67	28.92	1.142*	
T3	T5	16	9.25	6.75	8.67	4.92	3.663**	
T6	T4	12.5	12.5	0	10.25	28.97	0*	
T6	T5	12.5	9.25	3.45	10.25	4.917	1.772*	
T4	T5	12.5	9.25	3.45	28.97	4.917	1.181*	

** Significativa Trat. 1 mayor Trat. 2.

*No significativa Trat. 1 igual Trat. 2.

En la figura 3 se muestra los porcentajes promedios de germinación; siendo menores T1 (Punto de ebullición por 1 minuto), T2 (punto de ebullición por 3 minutos) y T7 (testigo); el mayor fue T3 (lijado más inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 horas) con 80% y los demás abajo del 70%, y arriba del 40%.

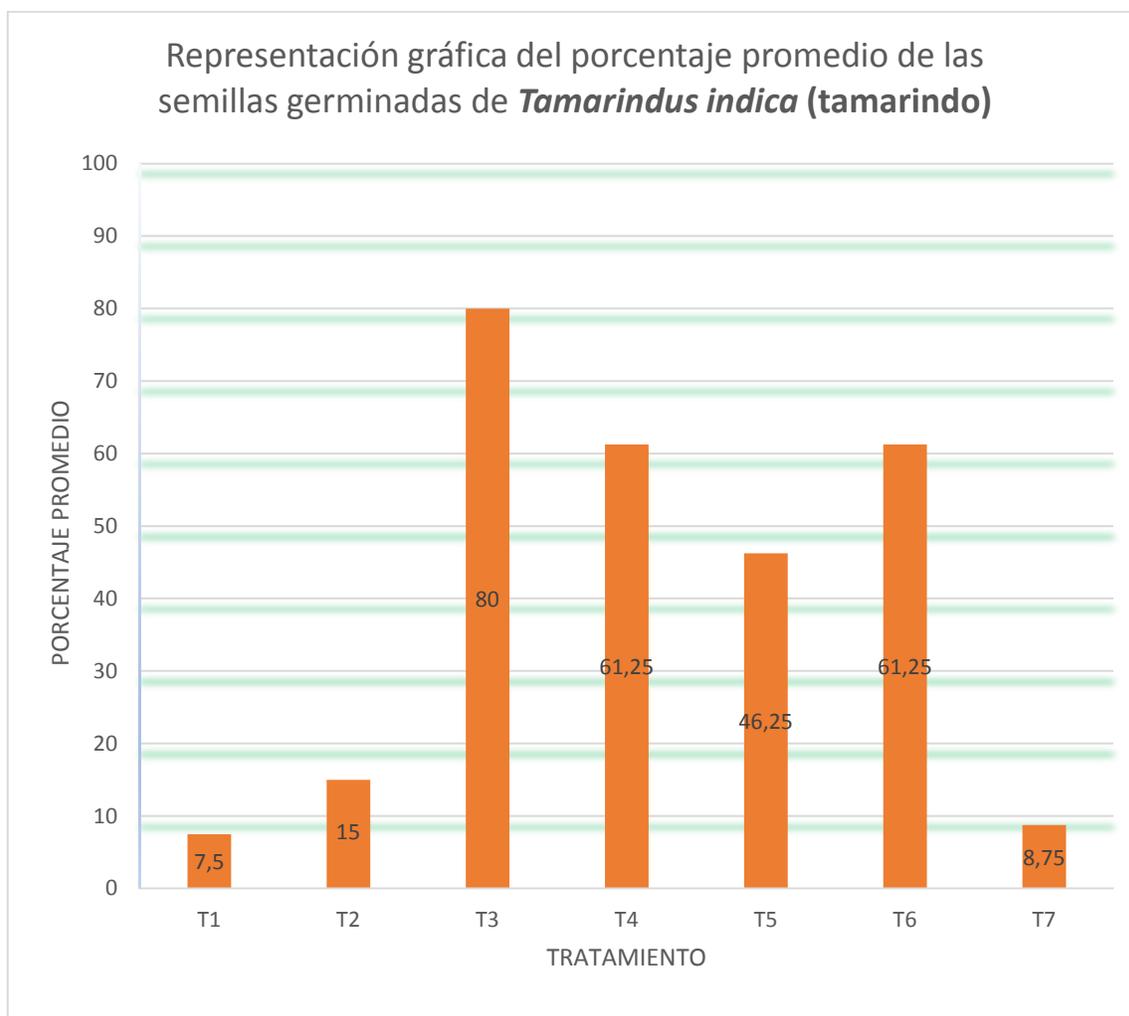


Figura 3: Porcentaje promedio de germinación por cada tratamiento en *Tamarindus indica* (tamarindo).

Nota: T1: Punto de ebullición por 1 minuto, T2: Punto de ebullición por 3 minutos, T3: Lijado + Inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 horas, T4: Lijado + Inmersión en agua a temperatura ambiente por 72 horas, T5: Lijado, T6: Corte y T7: Testigo.

En la tabla 22 y figura 4 se muestra la comparación del porcentaje promedio entre las tres especies; en copinol y carao con el promedio de germinación mayor que el tamarindo.

Tabla 22: Comparación de los porcentajes promedio de germinación por cada especie en cada tratamiento.

Tratamientos	Copinol	Carao	Tamarindo
T1: Punto de ebullición por 1 minuto	85.75%	5%	7.5%
T2: Punto de ebullición por 3 minutos	15%	3.75%	15%
T3: Lijado + Inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 horas	91.25%	97.5%	80%
T4: Lijado + Inmersión en agua a temperatura ambiente por 72 horas	93.75%	87.5%	61.25%
T5: Lijado	97.5%	100%	46.25%
T6: Corte	95%	83.75%	61.25%
T7: Testigo	16.25%	13.75%	8.75%
\bar{x}	69.39%	55.54%	40%

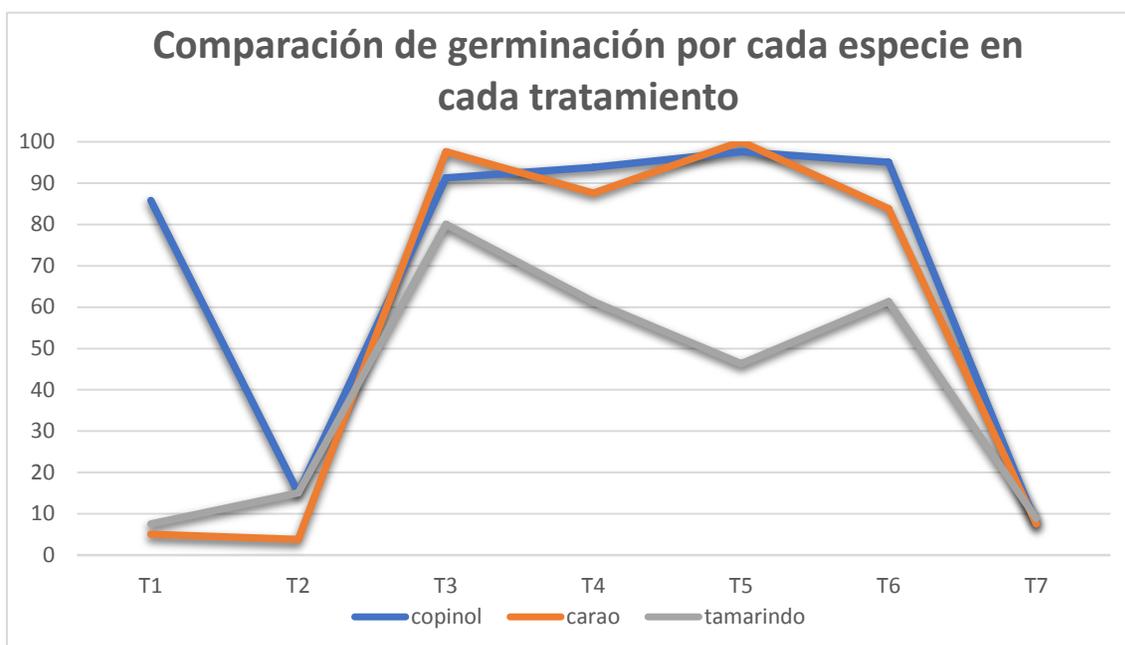


Figura 4: Comparación de germinación por cada especie en cada tratamiento.

3.2. Discusión

En la tabla 1, 8 y 15, se observa que las semillas tratadas con las técnicas de escarificación germinaron antes que el testigo, lo que indica que adelgazar o romper (lijado o corte) la testa de las semillas de copinol, carao y tamarindo; es acelerar el proceso germinativo.

Los resultados de **copinol** presentados en la tabla 2, 3 y figura 1, es dar a conocer la germinación de las semillas de copinol al haber realizado los diversos tratamientos; el T1 (Punto de ebullición por 1 minuto). (Ver figura 4) da un resultado bastante elevado, lo cual indica que la testa de la semilla de copinol es más dura, por eso el tratamiento es más efectivo, ya que tiene un total de 67 semillas germinadas con el 83.75% promedio. Por lo que se puede decir, la temperatura debilita la testa de la semilla, facilitando la penetración de humedad y de esta manera al acelerar el proceso germinativo, este resultado es mayor que los obtenidos por López *et. al.* (2010), en la misma especie inmersas en agua caliente (97 °C durante 30 segundos se obtuvo el 68% de germinación, en 60 segundos el 55% y en 90 segundos el 52%), pudo deberse que dichos autores las colocaron en agua a temperatura ambiente después del proceso.

En el método combinado (T3: Lijado más inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 horas y T4: por 72 horas) tienen una diferencia de dos semillas germinadas (el 73 y 75 de germinación, siendo el 91.25% y 93.75% respectivamente), esto dice que hay efectividad en este rango de tiempo (24 y a 72 horas) y al lijar el lado opuesto al micrópilo, facilito la penetración de la humedad y acelerando el proceso germinativo, ambos tratamientos tienen efectividad en esta especie. Orosco *et. al.* (2010), en su estudio les dio, para esta misma especie a la inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 horas el 77% y en 48 horas el 40% de germinación, siendo estos datos menores a los obtenidos en este experimento, pudo deberse que ellos solo hicieron la inmersión en agua.

El T5 (lijado) por tener un resultado mayor superando a los otros tratamientos, teniendo 78 semillas germinadas con el promedio de 97.5% que numéricamente lo ubica en primer lugar de efectividad, esto indica que en el lijado a totalidad debilito la testa de la semilla, facilitando la penetración de la humedad y acelerando de esta manera el proceso germinativo; también obtuvieron con un mayor resultado de germinación para la misma especie, a lo que

fue obtenido por López et. al. (2010), que presento el 100% en lijado (lijando la parte polar de la semilla).

Para el T6 (corte) con la totalidad de 76 semillas germinadas, el resultado lo ubica en segundo lugar de efectividad de acuerdo el promedio de germinación (95%), por lo que el corte rompió la testa de la semilla y la humedad entro fácilmente, el proceso germinativo fue activado de manera efectiva. Resultados menores obtuvieron por Pérez & Abelino (1989), en el mismo tratamiento y la misma especie fue el 84.67% de semillas germinadas, puede ser que el tipo de sustrato que utilizaron marca la diferencia, ya que en este experimento se utilizó tierra franco arcilloso.

El T2 (punto de ebullición por 3 minutos) supero al testigo (T7) con 12 semillas germinadas de 80 semillas corresponde al 15% promedio de germinación, el tratamiento no es efectivo, porque la temperatura pudo dañar al embrión por el tiempo que permaneció expuesta a la temperatura (3 minutos); estos resultados coinciden con los obtenidos por Orosco et. al. (2010), quienes para la misma especie tratado a 80 °C durante 5 minutos el 5% y a 10 minutos no germino ninguna semilla.

Notando que, para el testigo, la cantidad de las semillas germinadas es mínima, dándose por finalizado el experimento el día que comenzaron a germinar dichas semillas. Esto demuestra que es necesario la escarificación para generar mayor cantidad de semillas germinadas y también para acortar el tiempo, debido a que, con tratamiento el rango de días es de 6 (comenzó a los 9 y dejaron de germinar a los 14), mientras que las no tratadas es de 4, pero comenzando a los 18 días; lo que económicamente no es beneficioso porque genera más gastos.

El ANOVA realizado con los datos de germinación obtenidos en los diferentes tratamientos de copinol presentados en la tabla 4 y 5; muestra que el P-valor es menor que el valor de alfa (0.05); la hipótesis nula (**H₀**: “Las técnicas de los métodos de escarificación físico, mecánico y en el método combinado no generan la aceleración del poder germinativo de las semillas de copinol, carao y tamarindo”) se rechaza, debido que la diferencia entre más de una media es significativa.

El triángulo construido con la prueba de Tukey en la tabla 6, se notan las diferencias de la comparación de las medias, cuando dicen que las están arriba de la línea gruesa son

significativas y, entre más alejada de dicha línea, la efectividad es mayor; mientras que las de debajo de la línea, presentan similitud, debido al parámetro ($W=1.87$) que representa la línea gruesa.

La comparación de las medias (1 a 1) presentadas en la tabla 7, muestra que T5, T6 y T4 con respecto a T calculado y T tabla, afirma que son estadísticamente similares y por otro lado T3 con T1 son similares, pero estos últimos son menores que los anteriores, por lo que los 5 tratamientos están en el lugar de efectividad estadísticamente, debido que el método mecánico está presente en estos tratamientos y que al realizar el mismo experimento varias veces, los resultados pueden variar de manera que T1 y T3 estén en primer lugar o que T1 cambie de lugar con T5 por lo tanto estos 5 tratamientos son efectivos para el copinol.

La tabla 9, 10 y figura 2, muestran que el **carao** en los tratamientos T1 y T2 tienen un total de 4 y 3 semillas germinadas correspondiendo al 5% y 3.75% promedio de germinación respectivamente, siendo un poco menor que el testigo, este resultado de muestra que los tratamientos no son efectivos, debido que la temperatura pudo haber causado daños al embrión, por el tiempo que permaneció expuesta a la temperatura de 100 °C (T1 por 1 minuto y T2 por 3 minutos). En otro estudio con resultado similar de escarificación, la inmersión en agua hirviendo (100 °C) durante 15 segundos, en las semillas de caoba obtuvieron el 3.75% (Castillo & Ortez Segovia, 1996).

Para los tratamientos T3 y T4 se observa un resultado de 78 y 70 semillas germinadas siendo el 97.5% y 87.5% promedio respectivamente, que estos tratamientos son bastante satisfactorios, debido que se realizó el lijado al lado opuesto del micrópilo adelgazando la testa de la semilla y al permanecer en agua a temperatura ambiente, facilitó la penetración de la humedad, acelerando, de esta manera, el proceso germinativo, siendo mayor la efectividad en estos tratamientos, superando la germinación en el testigo. Hay una pequeña diferencia, debido a que unas permanecieron tres días expuestas al agua (T4), siendo mayor la germinación en las que permanecieron menos tiempo en el agua. En estudios similares suponen que los resultados son menores, debido que no lijaron las semillas; por ejemplo, Castillo & Ortez Segovia (1996), en las semillas de bálsamo inmersas por 24 horas a temperatura ambiente germinó el 81.25% y el caoba fue el 76.25%; en 48 horas de inmersión

en las semillas de conacaste blanco se obtuvo el 23% y en el conacaste negro fue el 40% (Menéndez & Rugamas Estupinian, 1989).

En el T5 germinaron 80 semillas, es decir el 100%, debido que al lijar toda la semilla excepto la región cercana al micrópilo, la testa de la semilla fue adelgazada, así la humedad del sustrato penetra con mayor facilidad lo que acelera el proceso germinativo, este tratamiento numéricamente es más eficaz para las semillas de esta especie. En otras investigaciones con resultados iguales en las semillas de conacaste negro en limado (similar al lijado) germinó el 100% (Menéndez & Rugamas Estupinian, 1989); y en lijado el conacaste negro obtuvieron el 100% (Belloso & Mazariegos, 2013).

Para el T6 el resultado de semillas germinadas es de 67 y el promedio de 83.75%, esto debido que al romper la testa de la semilla se facilitó la penetración de la humedad lo que acelera el proceso germinativo, este es bastante considerado, pero es menor que T5, T3 y T4, esto es que posiblemente al realizar el corte se dañó el embrión o también fue dañado al quedar directamente expuesto al sustrato que posiblemente contenía algunas larvas de insectos u hongos. Resultado similar en otro experimento realizados con el mismo tratamiento en las semillas de conacaste negro se obtuvo el 82.67% de germinación (Pérez & Abelino, 1989).

Para el testigo, el resultado al igual que en el copinol es bastante bajo y la germinación se dio de los 10 a los 19 días, lo que confirma, que para esta especie es necesario realizar la escarificación, ya que las semillas que fueron tratadas, germinaron en un rango de 4 días, comenzando a los 5 días después de la siembra y con mayor cantidad, aunque parezca poco tiempo; pero en cuestión de dinero es un gran ahorro.

Al realizar el análisis de varianza (ANOVA) con los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos de carao (tabla 12), el P-valor (probabilidad) es menor que en comparación con el valor de alfa (error de 0.05), significa que la diferencia entre más de una media es significativa, lo que dice en la hipótesis nula (**H₀**: “Las técnicas de los métodos de escarificación físico, mecánico y combinado no generan la aceleración del poder germinativo de las semillas de copinol, carao y tamarindo”) debe de rechazarse.

El triángulo construido con la prueba de Tukey en la tabla 13, afirma que las diferencias arriba de la línea gruesa son significativas, ya que están ordenadas de mayor a menor, por lo

que entre más alejadas estén las diferencias de la línea gruesa, son más efectivas de acuerdo al parámetro ($W=1.96$) que representa la línea gruesa.

En la comparación de las medias (1 a 1) en la tabla 14, muestra que el valor de T calculado para T5 con T3 y T4 con T6 es menor que el T tabla; esto significa que son estadísticamente similares, pero entre dichas parejas el T calculado es mayor que T tabla, lo que indica que el T5 con T3 son mayores que T4 con T6, estos tratamientos son mejores que los otros, puede deberse a que el método mecánico está presente, aunque en algunos es combinado con el método físico, es decir que son efectivos para el carao.

De acuerdo con los datos para el **tamarindo** de la tabla 16, 17 y la figura 3, se observa que el T3 es el único tratamiento con una efectividad numérica más elevada con un total de 64 semillas germinadas en el 80% promedio; sin embargo, Rivero (1990), obtuvieron el 90% de germinación en la inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 horas (sin lijar las semillas); significa que la testa de la semilla es más delgada que las otras dos especies y al realizar los tratamientos la debilitaron lo suficiente, y la humedad penetrada causo daños al embrión; y en el caso del T6 (corte) debió dañar el embrión por lo que la efectividad es baja; el T4 llegó al mismo nivel de germinación (la misma cantidad de 49 semillas germinadas, siendo el promedio de 61.25%) con T6, lo que significa que la humedad pudo haber dañado al embrión.

El T5 tiene el 46.25% de germinación (37 semillas germinadas) quedando en último lugar de efectividad, debido que la variabilidad de la semilla en cuanto a forma, tamaño y dureza; ya que al lijar la totalidad a excepción de la parte cercana al micropilo, se causó daños en los cotiledones, generando un resultado debajo del 50%, en otro estudio con resultado mayor; Braulio Alvarado (1986), el tamarindo, en limado (lima para uña) la parte opuesta del micropilo, obtuvieron el 73% de germinación.

El T2 (15% promedio de germinación) supero al T1 (7.5%), a pesar de haber permanecido más tiempo expuesta a la temperatura, esto indica que la variación, en cuanto la forma y grosor de la testa, produjo este resultado, sin embargo, no son efectivos por ser muy bajos.

El testigo comenzó a germinar a los 13 días dando fin al experimento; esto significa que si es necesaria la escarificación, porque el rango de germinación es de 5 días, comenzando a

los 7 días y de esta manera hay más uniformidad en las plántulas; ya que al no realizar tratamiento de escarificación el rango es de 11 días.

El ANOVA para el tamarindo en la tabla 19, el P-valor por ser menor al alfa (0.05) indica que se debe rechazar la hipótesis nula, porque la diferencia entre más de una media es significativa.

La prueba de Tukey en la tabla 20, se observan las diferencias de las comparaciones con las que se construyó el triángulo, en donde la diferencias arriba de la línea gruesa son significativas, esto dice que entre más alejada este de la línea antes mencionada, la efectividad es mejor, y deben ubicarse en orden decreciente, y las de abajo son similares al comparar con el parámetro ($W=4.97$) que representa la línea gruesa.

La comparación de las medias (1 a 1) en la tabla 21, muestra que el valor de T calculado para T3, T6 y T4 es menor que T de tabla, esto significa que son estadísticamente similares y mayores que T5, sin embargo, por ser T6, T4 y T5 son similares estadísticamente, se ubica T3 como el mejor tratamiento para esta especie.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- En el **copinol**, los tratamientos con menor tiempo de germinación fueron T5 (lijado), T6 (corte), T4 y T3 (lijado más inmersión en agua a temperatura ambiente durante 72 y 24 horas respectivamente); comenzó a los 9 días hasta los 14 días; el testigo (T7) empezó a germinar a partir de los 18 días y finalizó a los 21 días.
- La mayor cantidad de semillas germinadas en el **copinol** resultó en T5, T6 y T4.
- En el **carao**, los tratamientos de escarificación que aceleraron el tiempo de germinación fueron T5 y T3; T4 y T6; iniciando de los 5 días y término a los 8 días; el testigo empezó a germinar a los 10 días y finalizó a los 19 días.
- El efecto de los tratamientos de escarificación sobre la mayor cantidad de las semillas germinadas en el **carao** fueron T5 y T3.
- En el **tamarindo**, los tratamientos que germinaron con mayor rapidez fueron T3, T4 y T6; de los 7 a los 11 días. El testigo comenzó a germinar a partir de los 13 y término a los 23 días.
- El único tratamiento más efectivo en el **tamarindo** fue T3 de acuerdo a porcentaje promedio de germinación.

4.2. Recomendaciones

- Para acelerar la germinación; en cuanto a tiempo, el **copinol**, deben aplicarse los tratamientos T4 (lijado más inmersión en agua a temperatura ambiente durante 72 horas), T5 (lijado) y T6 (corte).
- En el **copinol**, los tratamientos de escarificación que pueden utilizarse para generar el mayor porcentaje de germinación son T5, T6, T4, T3 (lijado más inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 horas) y T1 (punto de ebullición durante 1 minuto) respectivamente.
- En el **carao**, para acelerar el tiempo de germinación debe hacerse uso de los tratamientos T3 y T5; T4 y T6 respectivamente.
- Para obtener el mayor porcentaje de germinación en el **carao**, deben realizarse los tratamientos T5, T3, T4 y T6; y para los tratamientos T1 y T2 (punto de ebullición durante 3 minutos) hay que disminuir el tiempo de exposición a la temperatura, de preferencia menos de un minuto.
- En el **tamarindo**, para germinar las semillas en menor tiempo utilizar T3.
- Para generar mayor porcentaje de germinación en el **tamarindo**, debe utilizarse T3. Hay que realizar más estudios, modificando los tratamientos excepto el T3, para obtener un mayor porcentaje de germinación o modificar los tratamientos, en el caso de solo la inmersión en agua a temperatura ambiente y en el caso del lijado de solo lijar el lado opuesto; y probar con otros tratamientos que sean físicos o mecánicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARADO, P.F. (1986). Germinación y crecimiento del tamarindo (*Tamarindus indica*). Licenciatura en Biología, Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica. 3-4 pp. Obtenido de:
<http://www.biologia.ucr.ac.cr/TesisLic/BraulioVilchezAlvarado.pdf>.
- BELLOSO, P.A. & L.B, MAZARIEGOS. (2013). “Evaluación de cinco sustratos y tres Métodos de Escarificación en la germinación de semillas de cuatro especies forestales”. Departamento de fitotecnia, Facultad de ciencias agronómicas, Universidad de El Salvador. (Tesis de Agronomía). 69 pp.
- CASTILLO, M.E. & J.S. ORTEZ SEGOVIA. (1996). Evaluación de Diversos Tratamientos de Escarificación para Estimular la Germinación en Semillas de las Especies forestales Nativas Bálsamo (*Myroxylon balsamun* var *peirae*) y caoba (*Sweitemia humilis*). Departamento de Biología Facultad, Multidisciplinaria de Occidente, Universidad de El Salvador (Tesis de Licenciatura). 73 pp.
- CHARUC, J.F. (2015). Evaluación de Métodos de Escarificación en semillas en Pacainas (*Chamaedora* sp); Licenciatura en ciencias naturales; Facultad de ciencia ambientales y agrícola, Universidad Rafael Landívar, Chimaltenango, Guatemala. 159 pp. Obtenido de:
<http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2016/06/14/Charuc-Juan.pdf>.
- CONABIO. (2009). Catalogo taxonómico de especies de México. In Capital Nat Mexico. CONABIO, México City. 85 a 88 pp. Obtenido de:
http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/20-legum21m.pdf.
- CONABIO. (2019). Naturalista, plataforma digital de Información en las clasificaciones taxonómicas de plantas, hongos y animales. Comisión Nacional del gobierno de México, para el conocimiento y el uso biodiversidad. México D. F. Obtenido de:
<https://www.naturalista.mx/>.
- CORDEDO, J. & D.H. BOSHIER. (2003). Árboles de Centro América para extensionista. OFI-CATIE. 1062 pp. irreg. Obtenido de:

<http://reforestation.elti.org/resource/401/>.

DIGETYC. (2019). Institución Estatal, dedicada a la elaboración de estudios estadísticos de los aspectos económicos y sociales del país. Ministerio de Economía. El Salvador, C.A. Obtenido de: <http://www.digestyc.gob.sv/>.

FULLER, H.J, CAROTHERS, Z.B, PAYNE, W.W. & M. K, BALBACH. (1974). Botánica General, 5^a ed., Trad. Carlos G. Ottenwaeldos, en Nueva Editorial Interamericana México D.F. 13 a 17 pp.

GUZMÁN, D.J. (1975). Especies útiles de la flora salvadoreña, 3^a ed., San Salvador, El Salvador, Ministerio de Educación Dirección de publicaciones. 470 pp.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R. FERNÁNDEZ, C. & P. BAPTISTA. (2014). Metodología de la Investigación. 6^a ed., Mc Graw Hill Education, 632 pp. irreg.

JARA, L. F. (1996). Biología de semillas forestales. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 20 a 29 pp. Obtenido de: <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/547>.

LAGOS, J. A. (1987). Compendio de Botánica Sistemática, 3^a ed., Dirección de Publicaciones impresos, San Salvador, El Salvador. 318 pp.

LOPEZ, D. HERNÁNDEZ, J. A. RODRIGUEZ, P.B. GARCIA, C.O. & E.R, GARRIDO. (2010). Efecto de la escarificación mecánica e inmersión en agua caliente, sobre el letargo de semillas de guapinol (*Hymenaea courbaril* L. Fabaceae). Artículos Técnicos Lacandona, Vol. 4 Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. 37 a 42 pp. Obtenido de: https://www.cnf.gob.mx:8443/snif/especies_forestales/detalles.php?tipo_especie=21.

MENENDEZ GRANIELO, C. A. & F. A, RUGAMAS ESTUPINIAN. (1989). Aplicación de Diversos Tratamientos para Estimular la Germinación y la supervivencia de las Especies: Albizzia caribea, Enterolobium cyclocarpun (nativa), Gmelina arborea y Tectona grandis

(exótica). Departamento de Biología, Facultad Multidisciplinaria de Occidente, Universidad de El Salvador (Tesis de Licenciatura). 76 pp.

NARCIA, M. (2009). Técnicas de escarificación en semillas de guaje (*Leucaena leucophala* Lam) para aumentar la capacidad germinativa. Maestro en tecnología de granos y semillas. Universidad Autónoma Agraria. Saltillo, Coahuila, México. 76 pp. Obtenido de:
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/6263>.

PÉREZ, A. & R. ABELINO. (1989). Evaluación de Métodos pregerminativo en Seis especies forestales de difícil de germinación, Facultad de Agronomía, Universidad de El Salvador. (Tesis de Agronomía). 96 pp.

PÉREZ ARMAS, J.M. (2008). Evaluación de doce métodos de escarificado en semillas de Chonte (*Zanthoxylum aguilarii*) y Canoj (*Ocotea guatemalensis*), en el Asintal, Retalhuleu. Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala, URL, 126 pp. Obtenido de:
<http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle.pdf>.

PÉREZ, F. (2016). Establecimiento de cultivo invitro de *Tamarindus indica*.L para la obtención de Antioxidantes, Universidad Autónoma de estado de México. 82 pp. Obtenido de:
<http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/65363>.

OROSCO, A. F. HERRERA, N. F. & L. A, TABORDA. (2010). Evaluación de tres métodos de escarificación en semillas de algarrobo (*Hymenaea courbaril* L.). Docente Programa de Biología, Investigador Centro de Estudios de investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología (CIBUQ), Universidad del Quindío, Colombia. 6 pp. Obtenido de:
http://blade1.uniquindio.edu.co/uniquindio/revistainvestigaciones/adjuntos/pdf/7fa8_RIUQ2005.pdf.

RAMOS, E. F, PAZ, J. S. & G.F. ORTIZ. (2014). Determinación contenido del hierro, saponinas y porfirina en *cassia grandis* L, procendente de Masaya, Chinandega y Jalapa durante el periodo mayo 2013, abril 2014, carrera de farmacia, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Ciencias Químicas. 4 - 5 pp. Obtenido de:
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3379/1/227064.pdf>.

- REYES CASTANEDA, P. (1980). Bioestadística Aplicada: Agronomía. Biología. Química. Universidad Autónoma de Ciencias Químicas. 1ra. Editorial Trillas, México. 216 pp.
- RIVERO, J. T. (1990). Efecto de diversos tratamientos a la semilla sobre la germinación de tamarindo (*Tamarindus indica*), caimito (*Chrysophyllum caimito*), Guanaba (*Anona muricata*) y Nance (*Brysonima crassifolia*). Escuela de agricultura Panamericana Ingeniería Agronómica. 4 pp. Obtenido de:
<https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/4135>.
- SALISBURY F. B. & R.V. PARKER. (1968). Series de Fundamentos de la Botánica, 1ª Edición. Publicado por Herredos Hnos. México D.F. 172 pp.
- SNET. (2019). Realización de estudios y el monitoreo de los fenómenos, y procesos naturales. Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales. El Salvador, C.A. Obtenido de:
<https://www.snet.gob.sv/>.
- WILLAN, R. L. (1991). Guía para la manipulación de semillas forestales, estudio con especial referencia a los trópicos. FAO Montes. 502 pp.

ANEXOS

ANEXO 1: Distribución de los tratamientos en los bloques al azar de cada especie.

T2 1	T5 2	T1 3	T3 4	T6 5	T7 6	T4 7
T3 8	T1 9	T5 10	T6 11	T4 12	T2 13	T7 14
T3 15	T1 16	T7 17	T6 18	T2 19	T4 20	T5 21
T1 22	T5 23	T4 24	T7 25	T2 26	T6 27	T3 28

“Copinol” *Hymenaea courbaril*

T5 1	T7 2	T4 3	T2 4	T6 5	T1 6	T3 7
T6 8	T4 9	T7 10	T1 11	T2 12	T5 13	T3 14
T4 15	T2 16	T1 17	T3 18	T6 19	T7 20	T5 21
T1 22	T7 23	T4 24	T6 25	T3 26	T2 27	T5 28

“Carao” *Cassia grandis*.

T3 1	T5 2	T7 3	T6 4	T1 5	T2 6	T4 7
T6 8	T1 9	T4 10	T5 11	T7 12	T3 13	T2 14
T3 15	T5 16	T7 17	T1 18	T6 19	T2 20	T4 21
T2 22	T5 23	T6 24	T7 25	T3 26	T1 27	T4 28

“Tamarindo” *Tamarindus indica*.

Nota: Tratamientos: T1: Punto de ebullición por 1 minuto, T2: Punto de ebullición por 3 minutos, T3: Lijado + Inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 horas, T4: Lijado + Inmersión en agua a temperatura ambiente por 72 horas, T5: Lijado, T6: Corte y T7: Testigo. Repeticiones: De arriba hacia abajo; R1, R2, R3 y R4.

ANEXO 2: Modelo de estudio en la germinación de las semillas. Distribución de los tratamientos en bloques al azar con siete tratamientos y las cuatro repeticiones.

Tratamientos Repeticiones	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	TOTAL
R1	X ₃	X ₁	X ₄	X ₇	X ₂	X ₅	X ₆	
R2	X ₉	X ₁₃	X ₈	X ₁₂	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₄	
R3	X ₁₆	X ₁₉	X ₁₅	X ₂₀	X ₂₁	X ₁₈	X ₁₇	
R4	X ₂₂	X ₂₆	X ₂₈	X ₂₄	X ₂₃	X ₂₇	X ₂₅	
TOTAL	X _n	X Total						

“Copinol” *Hymenaea courbaril*

Tratamientos Repeticiones	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	TOTAL
R1	X ₆	X ₄	X ₇	X ₃	X ₁	X ₅	X ₂	
R2	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₄	X ₉	X ₁₃	X ₈	X ₁₀	
R3	X ₁₇	X ₁₆	X ₁₈	X ₁₅	X ₂₁	X ₁₉	X ₂₀	
R4	X ₂₂	X ₂₇	X ₂₆	X ₂₄	X ₂₈	X ₂₅	X ₂₁	
TOTAL	X _n	X Total						

“Carao” *Cassia grandis*.

Tratamientos Repeticiones	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	TOTAL
R1	X ₅	X ₆	X ₁	X ₇	X ₂	X ₄	X ₃	
R2	X ₉	X ₁₄	X ₁₃	X ₁₀	X ₁₁	X ₈	X ₁₂	
R3	X ₁₈	X ₂₀	X ₁₅	X ₂₁	X ₁₆	X ₁₉	X ₁₇	
R4	X ₂₇	X ₂₂	X ₂₆	X ₂₈	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	
TOTAL	X _n	X Total						

“Tamarindo” *Tamarindus indica*.

ANEXO 3: La ubicación de lugar del proyecto (el terreno de la Organización Evangélica la Voz de Dios), desde el municipio de Santa Ana en el recorrido de la carretera Panamericana hasta en el municipio El Refugio (barrio El Centro) del departamento Ahuachapán.



ANEXO 4: La selección de las semillas.



Fig. 1: Árbol de carao, lugar donde se colectaron los frutos (las semillas).



Fig. 2: Separación del fruto para la extracción de las semillas de copinol.



Fig. 3: Extracción y limpieza de las semillas de tamarindo.



Fig. 4: Medición de las semillas de copinol.



Fig. 5: Medición de las semillas de carao.



Fig. 6: Medición de las semillas de tamarindo.

ANEXO 5: Preparación del terreno, Obtención del sustrato y la realización de los Bloques de manera al azar.



Fig. 1: Colocación del bambú para el vivero.



Fig. 2: La formación o construcción del vivero.



Fig. 3: Colocando el sustrato en cada bolsa.



Fig. 4: Colocación o la formación de los bloques por cada repetición.

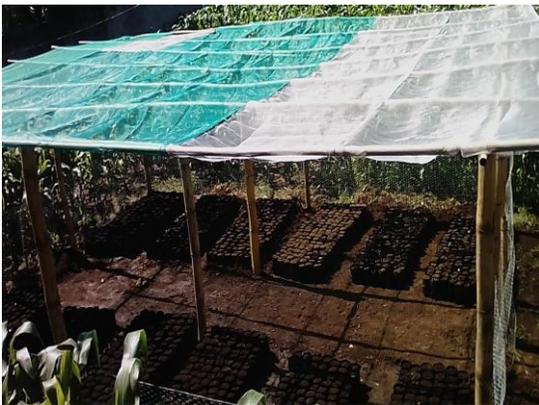


Fig. 5: La vista del vivero con los 12 bloques.



Fig. 6: Rotulaciones en cada bloque de los tratamientos de manera al azar.

ANEXO 6: Realización de los tratamientos de escarificación en las semillas.



Fig. 1: Las semillas en el punto de ebullición.



Fig. 2: Lijando las semillas.



Fig. 3: Semillas en el tratamiento de lijado + inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 horas.



Fig. 4: Hinchamientos de las semillas de carao en el exceso de humedad.



Fig. 5: El lijado en la eliminación del brillo natural y el aspecto poroso de las semillas de carao.

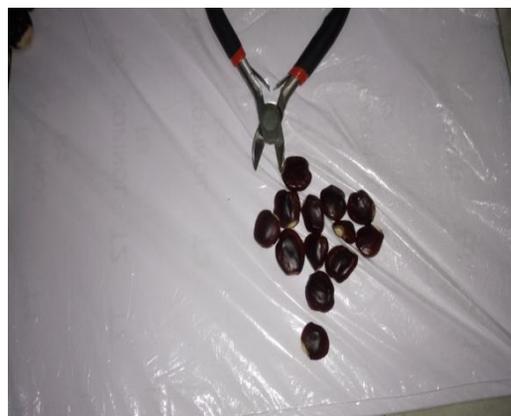


Fig. 6: Corte de las semillas de tamarindo.

ANEXO 7: Siembra y la Germinación de las semillas en cada especie.



Fig. 1: Siembra de semillas por cada bloque.



Fig. 2: Siembra de semillas en su respectivo bloque.



Fig. 3: Germinación de las semillas de copinol.



Fig. 4: Germinación de las semillas de carao.



Fig. 5: Germinación de las semillas de tamarindo.



Fig. 6: Germinación de las semillas en las tres especies por cada bloque.