



**Universidad de las Regiones
Autónomas de la Costa Caribe de
Nicaragua
URACCAN**

Monografía

Efecto de los tratamientos de escarificación
mecánica e hidratación en la germinación,
emergencia y calidad de las plántulas de guapinol
(*Hymenaea courbaril*)

Ingeniería Agroforestal

Autores:

Br. Carlos Javier Flores Pacheco
Br. Yamila Isabel Alemán Fuentes

Tutor:

MSc. Xiomara Treminio Luna

Asesor:

MSc. Juan Asdrúbal Flores Pacheco

Junio del 2016, Bluefields,
Región Autónoma Costa Caribe Sur, Nicaragua

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	6
2.1. General.....	6
2.2. Específicos	6
III.HIPÓTESIS	7
IV. MARCO TEÓRICO.....	8
4.1. Ficha descriptiva.....	8
4.2. Distribución	8
4.3. Requerimientos.....	9
4.4. Características sobresalientes.....	9
4.5. Descripción	10
4.6. Usos.....	11
4.7. Silvicultura	13
4.8. Morfología de las semillas	16
4.9. Partes de una semilla	20
4.9.1. Embrión de una monocotiledónea	20
4.9.2. Recolección de semillas	22
4.9.3. Almacenamiento de la semilla	23
4.9.4. Longevidad natural de las semillas de árboles	26
4.9.5. Factores que afectan a la duración de la vida de la semilla almacenada.....	28
4.10. Tratamiento de las semillas	28
4.11. Tipos de latencia en las semillas	30
4.11.1. Latencia exógena.....	30

4.11.2.	Latencia endógena	30
4.12.	Los tratamientos para eliminar la latencia.....	30
4.12.1.	Estratificación.....	30
4.12.2.	Escarificación.....	31
4.12.3.	Mecánica.....	31
4.12.4.	Húmeda con agua caliente.	32
4.12.5.	Con ácido.....	32
4.12.6.	Combinación de tratamientos	33
4.12.7.	Hormonas y otros estimulantes químicos	33
4.12.8.	Imbibición en agua a Temperatura ambiente.....	33
4.13.	La siembra	33
4.13.1.	Riegos.....	36
4.13.2.	Enfermedades.....	36
4.13.3.	Insectos.....	36
V.	METODOLOGÍA.....	56
5.1.	Ubicación del proyecto.....	56
5.2.	Generalidades del Municipio de Bluefields	56
5.3.	Posición Geográfica.....	57
5.4.	Tipo de investigación	57
5.5.	Corte de la investigación.....	58
5.6.	Origen y obtención de la semilla	58
5.7.	Unidad experimental	58
5.8.	Tipo y frecuencia de muestreo:.....	59
5.9.	Tratamientos experimentales.....	60
5.10.	Muestra y repeticiones.....	60
5.11.	Tamaño del universo	61
5.12.	Tipo y frecuencia de muestreo.....	61

5.13. Índice de calidad de Dickson	61
5.14. Análisis estadístico	64
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
6.1. Respuesta germinativa de las semillas de guapinol (<i>Hymenaea courbaril</i>) sometidas a tratamientos de escarificación mecánica e hidratación por separado y combinados.	65
6.2. Descripción del comportamiento de la emergencia en semillas de guapinol (<i>Hymenaea courbaril</i>) sometidas a tratamientos de escarificación mecánica e hidratación por separado y combinados.	69
6.3. Estimación de los parámetros de calidad de las plántulas forestales a partir del efecto de los tratamientos pre-germinativos aplicados a las semillas de Guapinol (<i>Hymenaea courbaril</i>).....	73
VII. CONCLUSIONES.....	79
VIII. RECOMENDACIONES	81
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	82
X. ANEXOS.....	93
10.2. Análisis estadístico para variables fenológicas.	94
10.3. Análisis estadístico para variables de biomasa.....	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Tratamientos pregerminativos para algunas de las especies de importancia forestal.	50
Tabla 2 Descripción técnica del área experimental	59

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 1 Esquema ilustrado de la germinación de un lote de semillas de acuerdo a la temperatura de incubación y su nivel de latencia.	43
Imagen N° 2 Corte longitudinal de una semilla de testa dura.....	48
Imagen N° 3 Esquema mostrando el proceso de escarificación mecánica mediante el uso de pinza	49
Imagen N° 4 Esquemas y fotografía mostrando el procedimiento de limpieza de las semillas por el método de flotación.....	55
Imagen 5 Ubicación del experimento.....	57

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Índice de germinación (%) registrado en plantas de guapinol (<i>Hymenaea courbaril</i>) sometidas a tratamientos pregerminativos.	65
Gráfico 2 Porcentaje de Emergencia (%) en plantas de guapinol (<i>Hymenaea courbaril</i>) sometidas a tratamientos pregerminativos.....	69

Gráfico 3 Altura (cm) de las plantas de plantas de guapinol (*Hymenaea courbaril*) sometidas a tratamientos pre-germinativos. 73

Gráfico 4 Índice de Calidad en plantas de guapinol (*Hymenaea courbaril*) sometidas a tratamientos pre-germinativos

- 📖 A Dios Todopoderoso, que me confirió la perseverancia para afrontar y recorrer los caminos por los que me ha guiado.
- 📖 A mis Padres, visionarios del futuro, que en mi han depositados toda su fe y que jamás me han dejado solo.
- 📖 A mis hermanos, regalos del cielo encarnado en un igual.
- 📖 A mis Maestros, encarnación a la entrega total, abnegada y desinteresada que han entregado sus vidas a la formación del hombre justo, ético y profesional.
- 📖 A mi Alma Mater, alfarero que tomo la materia amorfa del intelecto y que la moldeo paciente y cuidadosamente para lograr su obra maestra en cada uno de nosotros.

Los Autores

AGRADECIMIENTO

Con un “Gracias” no basta para expresar la gratitud que les guardamos a las personas que nos impulsaron en esta lucha y en muchas ocasiones nos levantaron para continuar ya que caímos para aprender a levantarme porque el caer está permitido y el levantarse es obligatorio siendo la victoria de los más perseverantes.

Quiero dedicar el presente logro, primeramente, a Dios y a mis padres que han dado todo el esfuerzo para que yo ahora este culminando esta etapa de mi vida, y darle las gracias por apoyarnos en todos los momentos difíciles de mi vida tales como la felicidad y la tristeza también a mi nueva familia que adquirí en la vida que han llegado hacer un ejemplo para mí a seguir “GRACIAS “.

Carlos Flores P.

Yamila Alemán F.

RESUMEN

Esta investigación ha evaluado el efecto que tiene cinco tratamientos pre-germinativos en la germinación y calidad de las plantas de guapinol (*Hymenaea courbaril*) debido a la elevada variabilidad en la germinación y emergencia con la siembra directa. Se evaluaron cinco tratamientos, midiendo el índice de germanización y velocidad de emergencia, parámetros de calidad (altura y diámetro) junto con la de biomasa (peso fresco y seco) de las plántulas.

Con lo que se estimó el índice de calidad de Dickson. Cada uno de los tratamientos consto de 50 repeticiones para un total de 250 plantas dentro del experimento. Los datos se procesaron SPSS V.23.0 con los estadísticos: varianza, desviación estándar, análisis de varianza, obteniendo las pruebas estadísticas de correlaciones binarias, análisis de medidas repetidas y análisis de varianza (ANOVA) a un 95% de confianza. Los resultados muestran diferencia entre los tratamientos tres (hidratación) y cuatro (escarificación).

Respecto a los demás tratamientos donde no hay diferencia estadísticamente significativa. El tratamiento cinco (testigo) presenta diferencia estadística menor con todos los demás evaluados. Estos tratamientos generan mayor ingreso por reducción del tiempo de cuidado en el vivero y mejor calidad como incentivo de ventas.

Palabras claves: calidad, semilla, costos, viabilidad, forestal

ABSTRACT

This research has evaluated the effect has five pre-germinating treatments on germination and plant quality of guapinol (*Hymenaea courbaril*) due to the high variability in germination and emergence with direct seeding. Five treatments were evaluated by measuring the rate of Germanization and emergency speed, quality parameters (height and diameter) along with biomass (fresh and dry weight) of seedlings, bringing the Dickson quality index was estimated. Each of the treatments cost 50 replicates for a total of 250 plants in the experiment.

Data were processed SPSS V.23.0 with statistics: variance, standard deviation, variance analysis, obtaining statistical tests of binary correlations, repeated measures analysis and analysis of variance (ANDEVA) with 95% confidence. The results show differences between the three (hydration) and four (scarification) compared to other treatments where no statistically significant difference.

Treatment five (witness) has less statistical difference with all other evaluated. These treatments generate more income from short-time care in the nursery and better quality as sales incentive.

Keywords: Quality, seeds, costs, feasibility, forestry

I. INTRODUCCIÓN

El éxito de cualquier proyecto de repoblación de la cobertura forestal depende de múltiples factores. Si las especies elegidas son compatibles con las características ecológicas del área a restaurar y las condiciones climáticas del año de plantación no son especialmente anormales, el método de preparación del suelo (Harvey *et al.*, 1996; Örländer *et al.*, 1996; Roldán *et al.*, 1996), la falta de cuidados después de la plantación (Navarro Cerrillo y Martínez Suárez, 1997) y la calidad de la planta, son los factores que más determinan la buena marcha de la restauración.

Lamentablemente, la importancia que se otorga al empleo de métodos o tratamiento que garanticen la reproducción con calidad en las obras de restauración forestal no suele ser la debida, bien porque es poco conocida, a veces minusvalorada.

Las repercusiones negativas del empleo de plantas de baja calidad van a veces más allá de las primeras fases de su arraigo, pudiendo afectar a la obra pasados muchos años. Un ejemplo clásico es la caída masiva de árboles varios años después de su plantación debido a su cultivo en ciertos tipos de envases que dificultan el correcto desarrollo ulterior de las raíces (Greene, 1978; Lindström y Rune, 1999).

A nivel mundial el mayor productor de madera es la India, Indonesia y América Latina, que es una importante fuente económica. En nuestro continente los principales productores son: Panamá, Brasil, Costa Rica y Nicaragua que han iniciado plantaciones comerciales recientemente (Domínguez et al, 2000) iniciando con la selección de semillas y los correspondientes tratamientos germinativos de acuerdo a la necesidad de cada especie. Según Ritchie, 2007 define como plántula forestal de calidad, adapta para plantaciones industriales y/o artesanales, a aquella que es capaz de alcanzar un desarrollo (supervivencia y crecimiento) óptimo en un medio determinado y, por tanto, cumplir los objetivos establecidos en un plan de restauración. No existe un único modelo de calidad ideal para cada especie. La calidad de planta puede ser válida para ciertos objetivos de restauración, pero no para otros. Las características funcionales de las plántulas forestales destinadas las repoblaciones comerciales en Nicaragua no tienen por qué ser los mismos que los empleados en otras zonas del mundo o región. Lo que toma amplia importancia debido a que el Inventario Nacional Forestal (INF) - INAFOR, 2008 sitúa la densidad de las estas especies de madera preciosa como “muy poco densas” ya que la particularidad de su semilla limita su desarrollo. La calidad de una planta cambia en el tiempo, variando con su estado fenológico y, probablemente,

con su edad. Así, la resistencia a situaciones de estrés de una planta no es la misma durante el periodo de reposo vegetativo que al producirse la elongación de los tallos (Burr, 1990). La exigencia de planta de calidad es mayor cuanto más limitante sea el medio donde se ejecuta la restauración.

A la fecha no se cuenta con información sobre el tema de esta investigación por parte de la institución responsable del sector forestal como lo es el Instituto Nacional Forestal (INAFOR). Se hace alusión al uso de la especie en guía de manejo de bosques tropicales (INAFOR, 2004) pero sin información técnica para su manejo en vivero y/o campo (plantación). De la selección de los métodos pregerminativos apropiados que son utilizados como medios de propagación de algunas especies forestales depende la rapidez de la germinación de la semilla, además de la calidad de la raíz que tienen como función servir de sostén a las plántulas, proporcionar nutrientes y facilitar el desarrollo de la planta, y la absorción de agua, el sustrato o el suelo artificial deben suministrar a la planta, al igual que el suelo mineral, las cantidades adecuadas de aire, y nutrientes minerales (Bigras, 2007).

Según investigaciones de Riachy (2007), en su ensayo realizado sobre técnicas de propagación y de acortamiento del periodo juvenil en el programa de mejora del olivo, en el

Centro IFAPA “Alameda del Obispo” de Córdoba en España, utilizando métodos de escarificación mecánico y de hidratación, confirmó que el método mejor utilizado para obtener mayor porcentaje de emergencia es roturando totalmente el endocarpio más estratificación a 30 °C.

De acuerdo a García et al (2001), en su ensayo realizado sobre tratamientos pre germinativos y sustratos para la germinación de la semilla de Capulí (*Prunus capulí*), en el sector Huachi La Joya en el cantón Ambato, determinó que el tratamiento con ácido sulfúrico concentrado (95-98%) sumergido 45 minutos demostró mayor precocidad para emerger.

El objetivo de la presente investigación fue proporcionar herramientas para lograr óptimos niveles de germinación en semillas de especies forestales. Mediante esta investigación se demostró diferentes procedimientos por los cuales se acelera y se obtienen resultados aceptables de germinación de semillas forestales.

Ya que en la actualidad se carece de muchos árboles semilleros por lo cual cada semilla se debe procurar que cumpla su ciclo germinativo eficientemente. Debido que en la naturaleza las semillas forestales tienden a dañarse mucho ya sean daños mecánicos o el ser humano utiliza las semillas

con otros fines.

Por lo cual mediante estos 5 tratamientos pre germinativos se pretende demostrar la eficacia de los mismos y un aspecto importante de esta investigación es que los materiales utilizados para realizar este experimento son de fácil obtención y aplicación.

II. OBJETIVOS

2.1. General:

- ✓ Evaluar el efecto de los tratamientos de escarificación mecánica e hidratación en la germinación, emergencia y calidad de las plántulas de guapinol (*Hymenaea courbaril*).

2.2. Específicos:

- ✓ Comparar la respuesta germinativa de las semillas de guapinol (*Hymenaea courbaril*) sometidas a tratamientos de escarificación mecánica e hidratación por separado y combinados.
- ✓ Describir el comportamiento del proceso de emergencia de las semillas de guapinol (*Hymenaea courbaril*) sometidas a tratamientos de escarificación mecánica e hidratación por separado y combinados.
- ✓ Estimar los parámetros de calidad de las plántulas forestales a partir del efecto de los tratamientos pre-germinativos aplicados a las semillas de Guapinol (*Hymenaea courbaril*).

III. HIPÓTESIS

H_A: Al menos uno de los tratamientos pre-germinativos evaluados presenta efecto estadísticamente significativo al 95% de confiabilidad en el índice de calidad de las plántulas forestales de Guapinol (*Hymenaea courbaril*).

H_A: $H_1 \neq H_2 \neq H_3 \neq H_4$

H_o: Ninguno de los tratamientos pre-germinativos evaluados presentan efectos estadísticamente significativos al 95% de confiabilidad en el índice de calidad de las plántulas forestales de Guapinol (*Hymenaea courbaril*).

H_o: $H_1 = H_2 = H_3 = H_4$

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Ficha descriptiva

Nombre común: Guapinol.

Familia: Caesalpiniaceae.

Nombre científico: *Hymenaea courbaril* L.

4.1.1. Otros nombres comunes

Kawanari (Chamorro); courbaril, gòm anime, koubari (creole); rodelokus (holandés); Braziliancherry, Brazilian copal, cayenne copal, copal, demarara copal, kerosén tree, Latin American locust, stinking toe (inglés); gommeanimée, poisConfiture (francés); jatobá (portugués); algarrobo, Algarrobo das antilhas, Algarrobo de Las Antillas, Azúcar Huayo, cuapinol, Curbaril, Cuapinol, Jataí, Jutaby (español); West Indianlocust (nombre comercial) copinol en el (El Salvador).

4.2. Distribución

Se extiende desde México hasta Perú. También en Las Antillas. En Nicaragua se encuentra en todo el territorio nacional. Se halla tanto en zonas secas como en zonas húmedas, especialmente a bajas elevaciones.

En el territorio nacional su distribución forma un triángulo de dos lados iguales cuyo vértice superior termina en la Reserva de Bosawas y la base menos corresponde a la línea de la costa del mar Pacífico, pero abarca las 4 regiones ecológicas y 16 formaciones forestales zonales de las 21 que existen en la clasificación ecológica diseñada por Salas para Nicaragua.

4.3. Requerimientos

Hymenaea courbaril, se desarrolla en un amplio rango de hábitat. Ha sido reportada en el bosque tropical seco, transición a bosque húmedo pre montano a bosques tropicales húmedos como también en bosque subtropical húmedo. Tolera suelos pobres y hasta 4 meses de sequía o más.

Soporta grandes temperaturas que oscilan entre 24 a 29 °C y las oscilaciones diarias de casi 8 grados centígrados. Necesita precipitaciones bien distribuidas en la época lluviosa. Esta especie se desarrolla bien en las partes altas y pendientes suaves, también a las orillas de los ríos.

4.4. Características sobresalientes

La madera de esta especie se usa en construcciones y en ebanistería. Es un árbol hermoso para plantarlo como

ornamental a campo abierto. Está considerada como una especie en vías de extinción para Nicaragua.

4.5. Descripción

La *H. courbaril*, es un árbol de mediano a grande. Alcanza alturas comprendidas entre 8 y 36 m y diámetros entre 40 y 100 cm a la altura del pecho. Es de copa amplia, extendida, redondeada y densa. Ramas jóvenes fisuradas, pardo-morenas, con algunas cicatrices estipulares, con abundantes lenticelas circulares de color moreno.

La corteza externa es ligeramente escamosa o lisa, gris claro a pardo. La corteza interna es de color rosado a ligeramente parda, fibrosa y astringente. El sistema radicular de esta especie es superficial, con raíces grandes que usualmente pueden ser vistas en la superficie del suelo.

Las hojas son compuestas, alternas, bifoliadas y coreáceas. Pecíolo de 1 a 2 cm de largo. Hojuelas de 5 a 19 cm de largo. Poseen numerosas puntas traslúcidas, borde liso, ligeramente glabra. Ápice agudo y base redondeada. El haz es de color verde oscuro y brillante y envés verde mate. Las flores son de color blancas, en panículas terminales. Poseen 5 pétalos y 10 estambres largos de color blanco y anteras rojizas. De 3.5 cm de diámetros aproximadamente. Los frutos son vainas

indehiscentes, ásperas, de color marrón cuando están maduras, de 10 a 15 cm de largo.

Contiene 2 o más semillas aplanadas envueltas en una pulpa pulverulenta de color amarillento, comestible, pero de olor desagradable.

4.6. Usos

Construcciones pesadas, aplicaciones externas: Puentes, postes, durmientes, estacas, construcciones civiles, pisos, escaleras; construcciones de botes y barcos (armaduras, cubiertas, forros, adornos y acabados);

plataformas y carrocerías para vehículos; muebles de lujo o partes de estos, gabinetes de primera clase, chapas decorativas, artículos torneados, piezas curvadas, mangos de herramientas, instrumentos musicales o partes de estos, artículos deportivos (tacos de golf y polo, bolas de boliche y polo) y artesanías. Otro uso que le da el humano es fermentando las semillas y de esta se elabora una bebida igualmente recibe uso medicinal en cuanto asma y problemas renales.

Estructuralmente se clasifica como:

La madera tiene albura de color gris rosáceo, duramen castaño rojizo oscuro con bandas más oscuras; textura media; grano entrecruzado; superficie medianamente lustrosa; color y sabor no característico.

Es una especie que presenta alta densidad, contracción volumétrica total moderada (10.0) con una relación de contracción desfavorable (3.0); sus propiedades mecánicas se clasifican de medianas a muy altas;

Difícil de secar al aire y al horno, seca con una velocidad moderada desarrollando defectos moderados (grietas, arqueaduras y curvaturas); duramen resistente a hongos de pudrición, albura fácilmente atacada por hongos e insectos

Fácil de tratar con productos preservantes en albura y difícil de tratar en duramen; moderadamente difícil de trabajar con maquinaria y herramientas manuales.

4.6.1. Uso industrial químico

La corteza contiene abundante resina amarillo pálido a rojiza conocida como Copal sudamericano, que se emplea para clases especiales de barnices y cementos, y es utilizada también como incienso en las iglesias.

4.6.2. Alimento humano

El polvo dulzón que rodea a las semillas, se consume tostándolo como pinole o preparándolo como atole. La pulpa del fruto es comestible (aunque tiene olor desagradable) y se fermenta para producir una bebida alcohólica semejante a la cerveza. Es buena planta melífera.

4.6.3. Uso medicinal

La corteza en decocción es utilizada para tratamiento de problemas renales e hipertensión. La infusión de las hojas se usa como anti glicémico contra diabetes

La resina se emplea como incienso y linimento. La corteza se quema y se aspira el humo para aliviar el asma. También se toma contra el reumatismo, catarro y se aplica en las úlceras y males venéreos. La infusión de las hojas y la corteza se emplean contra la diabetes; la decocción de la corteza del fruto se utiliza contra la hipertensión y como antirreumática.

4.7. Silvicultura

4.7.1. Semillas

Las semillas para la reproducción de esta especie, son fáciles de obtener recolectándolas de los frutos frescos recién caídos. Las semillas germinan después de 20 a 30 días de

semillero con un porcentaje de germinación de entre 40% y 90%. El tratamiento pre germinativo se hace sumergiendo las semillas en una solución de ácido sulfúrico por un tiempo de una hora. Esto hace que se incremente el porcentaje de germinación y reduce el tiempo que necesita la semilla para germinar.

Considerando que esta especie es de madera dura, las plantas en condiciones de vivero bajo un 50% de sombra, crecen rápidamente y alcanzan una altura de 55 cm en aproximadamente 78 días después de la germinación. Esta especie puede ser establecida utilizando también crecimientos terminales o sea de forma vegetativa.

Plantas a raíz descubiertas o producidas en bolsas de polietileno u otros tipos de contenedores para plantas de viveros. La siembra directa de las semillas en el sitio definitivo es factible siempre y cuando se le den las condiciones apropiadas de remoción de suelos y control de malezas y de insectos del suelo.

El manejo de las semillas al natural es viable por el tiempo de 12 meses en condiciones secas, aunque baja un poco la viabilidad. Para almacenar las semillas por más de un año es necesario someterlas a refrigeración a una temperatura de entre 2 a 4 °C, en envases sellados. Según pruebas de germinación realizadas con semillas guardadas

herméticamente a una temperatura de entre 3 °C y 5 °C, por 2 años en envases secos y herméticos, fue de 29% de germinación. Un kilogramo de semillas de *H. courbaril* contiene aproximadamente 270 semillas.

4.7.2. Manejo

En plantaciones en sitios abiertos es necesario un excelente control de malezas, hasta que las plantas alcancen una edad de entre 2 a 3 años y una altura de 2 m, es importante para una excelente plantación. La tasa de crecimiento es sostenida, los árboles pueden alcanzar alturas de 8 m en 5 años y de 18.5 m en 16 años de edad.

El *H. courbaril*, no tolera la sombra cuando los árboles están maduros. Se puede plantar en espacios abiertos, también en sistemas agroforestales como sombra de cafeto y como ornamental.

Esta especie tiene buena capacidad de rebrote cuando los árboles están jóvenes, cuando son árboles viejos pierden la capacidad de rebrote.

4.7.3. Plagas y enfermedades

Un pequeño insecto perforador abre galerías en la semilla dentro del fruto y se come las semillas ha sido identificado en

Costa Rica. Otros insectos del género *Acanthoscelides*, *Hypothenemus buscki* y *Myelois de color*.

Se alimentan dentro de las vainas destruyendo las semillas, estos se han identificado en Puerto Rico; Las hormigas cortadoras de hojas del genero *Atta spp*, Zompopos desfolian las plantas jóvenes, en Nicaragua.

La madera muerta es atacada por termitas del género *Nasutitermes costalis* y *N. nigricepts*, insectos perforadores que viven cerca del mar o en las costas del mar, estas atacan la madera sana.

4.8. Morfología de las semillas

La semilla es cada uno de los cuerpos que forman parte del fruto que da origen a una nueva planta, es la estructura mediante la que realizan la propagación las plantas que por ello se llaman espermatofitas (plantas con semilla).

La semilla se produce por la maduración de un óvulo fecundado por un grano de polen. Se forma en el ovario de la flor, el cual se desarrolla para formar el fruto; hay ocasiones en que participan otras estructuras además del ovario en la formación del fruto. Las partes que conforman la semilla son

el embrión, el tejido de reserva (fuente de alimento) y el tegumento o testa (cubierta protectora) (Arnold, 1996).

La testa, la cual puede tener muy distintas texturas y apariencias. Generalmente es dura y está formada por una capa interna y una externa de cutícula y, una o más capas de tejido grueso que sirve de protección.

Estas características le confieren a la testa cierto grado de impermeabilidad al agua y a los gases. Ello le permite ejercer una influencia reguladora sobre el metabolismo y crecimiento de la semilla. Frecuentemente en la testa se puede observar el micrópilo.

En muchas ocasiones está asociado con una cicatriz llamada hilio, que marca el punto donde la semilla se separó del talluelo (funículo) por medio del cual estaba adherido al fruto.

En algunas semillas estas estructuras de la testa están ausentes pero lo que en realidad sucede es que se está observando el pericarpio de un fruto y no la testa, como por ejemplo *Helianthus annuus* (el girasol, que pertenece a la familia de las compuestas) y la lechuga (Arnold, 1996).

El endosperma es el tejido cuya función es almacenar las reservas alimenticias de las semillas, que van a aportar la

energía para la germinación, aunque no siempre está presente.

Entre las semillas que tienen un endosperma bien desarrollado están las gramíneas como el trigo, el maíz, la cebada y algunas dicotiledóneas como *Ricinus communis*. En estos casos los cotiledones son relativamente pequeños (Duryea, 1985).

El endosperma de las gramíneas y de otras especies se caracteriza por presentar una capa externa o aleurona. Si las semillas poseen endosperma se llaman albuminadas (ej: maíz, ricino). Si las sustancias de reserva son consumidas y reservadas en los cotiledones la semilla es ex albuminada (poroto) (Duryea, 1985).

El embrión, del que puede desarrollarse una nueva plántula bajo condiciones apropiadas, está formado por los cotiledones (hojitas embrionarias), la plúmula (a partir de la cual se origina la parte aérea) y la radícula (que da origen a la raíz).

Las plantas con flores se llaman Angiospermas y se clasifican en Monocotiledóneas, o sea aquellas que tienen un solo cotiledón, como sucede en las gramíneas; y en Dicotiledóneas, o sea aquellas que tienen dos cotiledones,

como las leguminosas (que tienen legumbre como fruto), compuestas, lauráceas, etc. (García et al. 2001).

El embrión es el origen de la raíz, hojas y tallo de la nueva planta. El embrión maduro de las plantas que tienen flores consiste en un eje parecido a un tallo, llamado eje embrionario, en cuyo extremo están uno o dos cotiledones (hojas embrionarias). En ambos extremos del eje embrionario hay meristemas (tejidos de crecimiento) formados por células con gran capacidad de división, responsables del crecimiento (García et al. 2001).

En el embrión, el meristemo apical del tallo se localiza en la parte superior del eje embrionario, justo arriba de los cotiledones, y por eso se le conoce como epicótilo.

En algunos embriones el epicótilo consta solamente del meristemo apical, mientras que, en otros, presenta una o más hojas jóvenes. En este último caso, el epicótilo, junto con las hojas jóvenes, se denomina plúmula (Arnold, 1996).

La parte del eje embrionario entre el epicótilo y el ápice de la raíz se llama hipocótilo, por encontrarse inmediatamente abajo de los cotiledones. Finalmente, en el extremo se encuentra el ápice de la raíz o radícula (García, 2001).

4.9. Partes de una semilla

4.9.1. Embrión de una monocotiledónea

Estas partes son mucho más fáciles de identificar en las dicotiledóneas que en las monocotiledóneas. En las últimas, el cotiledón único se llama escutelo.

Sintetizando, diríamos que el embrión está formado básicamente por un eje hipocotíleo-raíz con uno o dos cotiledones (dependiendo si son mono o dicotiledóneas) y un meristemo apical en los ápices (extremos) de raíz y tallo. Los cotiledones de la mayoría de las plantas dicotiledóneas son carnosos y contienen las sustancias de reserva de las semillas.

En algunas dicotiledóneas, y en la mayoría de las monocotiledóneas, las sustancias de reserva están almacenadas en el endospermo y los cotiledones, que son delgados y muy delicados, funcionan como estructuras de absorción.

Su papel fundamental estriba en absorber el alimento ya digerido en el endosperma y transportarlo a las partes del embrión que están creciendo.

Durante el proceso de germinación, generalmente la primera estructura en emerger de la semilla es la raíz del embrión, llamada radícula. Esta raíz rápidamente penetra en el suelo y permite que la planta se ancle y comience a absorber agua y nutrientes.

Luego emergen los cotiledones (germinación epigea) o quedan al ras del suelo (germinación hipogea).

Con el paso del tiempo los cotiledones disminuyen de tamaño, se van secando y finalmente se desprenden. Todas las sustancias almacenadas en ellos ya han sido utilizadas por la nueva plántula y por lo tanto sólo quedan restos de lo que eran. Para este momento ya han transcurrido varios días y a veces hasta semanas, y la plántula, que antes dependía de los cotiledones para obtener su alimento, ya es una planta capaz de obtener los nutrientes del suelo y la energía del Sol lo que necesita para crecer.

Absorbe elementos del suelo y lleva a cabo la fotosíntesis activamente. En este momento ya se le considera una planta independiente y establecida. El periodo de tiempo que transcurre entre el momento en que la semilla germina y en el que la plántula se establece como un organismo independiente constituye una de las fases decisivas y más delicadas en el ciclo de Vida de la planta.

Es el momento en que el individuo es más susceptible a una gran cantidad de daños, como enfermedades por hongos, depredación por insectos, sequía, desenterramiento, etc. La mortandad en la etapa de plántula es enorme y sólo unos cuantos individuos llegan a establecerse, si no se toman los recaudos pertinentes.

Entonces, al germinar los cotiledones pueden:

- Salir al exterior y foto sintetizar: germinación epigea
- Quedar en el interior de la semilla cediendo sus reservas o pasándolas del endosperma al embrión: germinación hipogea.

4.9.2. Recolección de semillas

Para cada especie existe una época de recolección de semillas/frutos, que en general para Nicaragua y Centroamérica, va de enero a abril, por ejemplo, el “quebracho blanco” madura a principios de la primavera y la “tusca” a fines del verano. Esto puede variar según ubicación geográfica y condiciones climáticas del año de recolección.

a. Extracción de semillas del fruto:

- En el caso de las leguminosas como el algarrobo, tusca, guayacán, timbo, podemos ayudarnos a romper la

chaucha o legumbre indehisciente (que no se abre sola) con una pinza o tenaza.

- En el caso que el fruto sea apeteído por los animales, podemos alimentarlos con ellos (algarrobo, mistol, chañar) y luego recoger el guano y sembrarlo en almacigo ya que la digestión degrada la cubierta dura de la semilla y la deja preparada para germinar.
- Una vez recogidas las semillas/frutos deben colocarse en un lugar seco y aireado, para que no se pudran. Luego pueden ser guardadas en sobres de papel dentro de bolsas de plástico en un lugar fresco o en heladera (5 °C) hasta el momento de la siembra.

4.9.3. Almacenamiento de la semilla

Se puede definir el almacenamiento como la conservación de semillas viables desde el momento de la recolección hasta que se han necesarias para la siembra. Cuando las semillas son destinadas a forestación se pueden sembrar inmediatamente después de la recolección, no se precisa almacenamiento. La fecha idónea para sembrar las semillas de una determinada especie en vivero depende de: (a) la fecha prevista de plantación, que a su vez depende de las condiciones climáticas estacionales, y (b) El tiempo que se necesita en el vivero para que el material de plantación de

esa especie alcance el tamaño adecuado para su plantación en el campo.

Es muy poco frecuente que la fecha idónea para la siembra coincida con la fecha idónea para la recolección de la semilla. Lo más habitual es que sea necesario almacenar la semilla durante períodos de tiempo diversos, períodos que cabe clasificar de la manera siguiente:

- ✓ Hasta un año, cuando tanto la producción de semilla como la forestación se efectúan con periodicidad anual, pero es necesario esperar a la temporada idónea para la siembra.
- ✓ De 1 a 5 años o más, cuando una especie fructifica en abundancia a intervalos de varios años y debe recolectarse en un año bueno semilla suficiente para satisfacer las necesidades anuales de forestación en los años intermedios, en los que la producción de semilla es escasa.
- ✓ De largo plazo, con fines de conservación de recursos genéticos. El período de almacenamiento varía en función de la longevidad de la semilla de la especie de que se trate y las condiciones del almacenamiento; no

obstante, en especies que se almacenan bien el tiempo de almacenamiento se suele medir en decenios.

Los medios que se precisan están relacionados con la cantidad de semilla que se va a almacenar y con la duración del almacenamiento.

Crear unas instalaciones costosas, capaces de mantener la viabilidad de las semillas durante 10 años cuando éstas no van a estar almacenadas, entre la recolección y la siembra, más de nueve meses es tirar el dinero.

Es asimismo un despilfarro gastar dinero en recolectar, extraer y limpiar la semilla cuando las condiciones de almacenamiento son tan insuficientes que el 90 por ciento de ella muere antes de llegar al vivero.

Existen varios análisis generales y útiles del almacenamiento de las semillas de árboles forestales. Se han efectuado estudios más intensivos del almacenamiento de semillas agrícolas, y hay buenos motivos para aceptar que los principios generales que se han establecido respecto de los cultivos agrícolas son aplicables también a los árboles forestales.

4.9.4. Longevidad natural de las semillas de árboles

Según Willan (1991) el período durante el cual la semilla puede seguir siendo viable sin germinar depende mucho de su calidad en el momento de la recolección, el tratamiento al que se la somete entre la recolección y el almacenamiento y las condiciones en que se almacena.

No obstante, la longevidad de la semilla varía también muy considerablemente entre unas especies y otras, aun cuando reciban un tratamiento idéntico y se las almacene en las mismas condiciones.

No es posible definir un conjunto tipo de condiciones de almacenamiento “buenas” que resulten igualmente idóneas para todas las especies, pues unas condiciones que son óptimas para unas especies no lo son para otras.

Con todo, la vida en el almacén de una determinada especie puede experimentar grandes variaciones según las condiciones en que esté almacenada.

En la actualidad se distinguen dos tipos de semillas (Fernández, 1999):

1. **Ortodoxas.** Semillas que pueden secarse hasta un contenido de humedad (CH) bajo, de alrededor del 5 por

ciento (peso en húmedo), y almacenarse perfectamente a temperaturas bajas o inferiores a 0 °C durante largos períodos.

- 2. *Recalcitrantes.*** Semillas que no pueden sobrevivir si se las seca más allá de un contenido de humedad relativamente alto (con frecuencia en el intervalo de 20 y 50 por ciento, peso en húmedo) y que no toleran el almacenamiento durante largos períodos.

Dentro de estos dos tipos pueden establecerse varias subdivisiones, como por ejemplo entre semillas ortodoxas con o sin cubierta y entre semillas recalcitrantes que soportan o no temperaturas bajas, inferiores a unos 10 °C.

Dentro de cada una de las clases principales siguen existiendo diferencias considerables entre las especies en cuanto al período durante el que se mantiene la viabilidad en unas condiciones dadas.

Cabe establecer asimismo una distinción entre las especies auténticamente recalcitrantes y las que son simplemente difíciles; estas últimas pueden llegar a comportarse como las ortodoxas cuando por ejemplo se eligen con especial atención los métodos que se aplican para secarlas (Fernández, 1999).

4.9.5. Factores que afectan a la duración de la vida de la semilla almacenada

- Estado de la semilla
- Condiciones de almacenamiento y envejecimiento de las semillas
- La atmósfera de almacenamiento
- El contenido de humedad de la semilla
- Temperatura de almacenamiento
- Luz

4.10. Tratamiento de las semillas

Cada tipo de semilla necesita unos tratamientos pre germinativos para poder germinar: escarificado, estratificado, inmersión en agua caliente o la Temperatura ambiente, lixiviación con agua corriente, estimulantes químicos.

Una parte importante de las especies poseen algún impedimento para germinen sus semillas. Esto puede deberse a dos causas:

- El medio no es favorable para el crecimiento vegetativo a causa de una escasa disponibilidad de humedad,

aireación o por una temperatura inadecuada. A este tipo de inhibición se le llama quiescencia.

- Las condiciones del medio son adecuadas, pero el organismo tiene una combinación fisiológica tal que impide su crecimiento. Este tipo de inhibición se denomina latencia o dormancia.

En la naturaleza, el efecto de esos controles sirve para preservar las semillas y regular la germinación de manera que coincida con períodos del año en que las condiciones naturales son favorables para la supervivencia de las plántulas.

Estos mecanismos son en particular importantes para plantas que crecen en donde ocurren condiciones ambientales extremas, como en las regiones muy cálidas y secas o frías, en donde las condiciones ambientales, después de la diseminación de las semillas.

Pueden no ser favorables para la germinación inmediata. La latencia de las semillas termina cuando existe algún estímulo ambiental que anuncie que las condiciones son favorables para el desarrollo de la planta.

4.11. Tipos de latencia en las semillas

4.11.1. Latencia exógena

- Física o mecánica. El tegumento presenta cubierta impermeable y/o dura.
- Química. Corresponde a la producción y acumulación de sustancias químicas que inhiben la germinación, ya sea en el fruto o en las cubiertas de las semillas.

4.11.2. Latencia endógena

- Morfológica El embrión, no se han desarrollado por completo en la época de maduración. Como regla general, el crecimiento del embrión es favorecido por temperaturas cálidas.
- Del embrión. Se caracteriza principalmente porque para llegar a la germinación se requiere un período de enfriamiento en húmedo y por la incapacidad del embrión separado de germinar con normalidad.

4.12. Los tratamientos para eliminar la latencia

4.12.1. Estratificación

Consiste en colocar las semillas embebidas de agua o no, en capas o estratos húmedos, usando, como sustrato, por

ejemplo, arena. El período de estratificación varía según la especie. Se utiliza para superar latencias provenientes del embrión.

- ✓ Cálida. Si la estratificación se realiza a temperaturas altas (22 a 30 °C).
- ✓ Fría. Si la estratificación se realiza a temperaturas bajas (0 a 10 °C).

En el vivero también se puede estratificar empleando el mismo suelo o algún otro sustrato húmedo. La estratificación fría se realiza en invierno y la cálida en verano.

4.12.2. Escarificación

Es cualquier proceso de romper, rayar, alterar mecánicamente o ablandar las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases.

4.12.3. Mecánica

Consiste en raspar la cubierta de las semillas con lijas, limas o quebrarlas con un martillo. Si es a gran escala se utilizan maquinas especiales como tambores giratorios recubiertos en su interior con papel lija, o combinados con arena gruesa o grava.

4.12.4. Húmeda con agua caliente.

Se colocan las semillas en un recipiente en una proporción de 4 a 5 veces su volumen de agua caliente a temperatura entre 77 °C y 100 °C.

De inmediato se retira la fuente de calor y las semillas se dejan remojar durante 12 a 24 horas en el agua que se va enfriando gradualmente. Las semillas se deben sembrar inmediatamente después del tratamiento.

4.12.5. Con ácido

Las semillas secas se colocan en recipientes no metálicos y se cubren con ácido sulfúrico concentrado en proporción de una parte de semilla por dos de ácido. Durante el período de tratamiento las semillas deben agitarse regularmente con el fin de obtener resultados uniformes.

El tiempo de tratamiento varía según la especie. Al final del período de tratamiento se escurre el ácido y las semillas se lavan con abundante agua para quitarles el restante.

El propósito es remover los inhibidores remojando las semillas en agua corriente o cambiándoles el agua con frecuencia. El tiempo de lixiviación es de 12 a 24 horas.

4.12.6. Combinación de tratamientos

Se utiliza en semillas de especies que tienen más de un tipo de letargo.

4.12.7. Hormonas y otros estimulantes químicos

Existen compuestos que sirven para estimular la germinación, entre los más usados están: nitrato de potasio, tiourea, etileno, ácido giberélico (GA₃), citokininas, entre otros. Todo este tipo de sustancias se emplean a diferentes concentraciones y tiempos de remojo, dependiendo de la especie de que se trate.

4.12.8. Imbibición en agua a Temperatura ambiente

Se utiliza en semillas sin dormancia, para homogenizar el proceso de germinación.

Teniendo en cuenta lo anterior, es de gran importancia realizar los tratamientos pre germinativos que se recomienda para cada lote de semillas, ya que obtendrá resultados más rápidos y una producción de plantas homogénea.

4.13. La siembra

En almácigo: en este caso la siembra se hace en cajones de madera, descartables de la verdulería. Para ello primero hay

que colocar en el fondo algunos palitos finos y hojarasca gruesa de modo que no se escape la tierra; luego se incorporan unos 10 a 15 centímetros de tierra negra mezclada con un cuarto (1/4) de arena, tiene que ser suelta para que las plantitas recién germinadas se puedan retirar sin riesgo de romper sus raíces.

A continuación, se humedece bien y enseguida se colocan las semillas sobre la tierra y finalmente se cubren bien con hojarasca fina o mantillo de monte. La hojarasca puede ser de plátanos, sauce o álamo, nunca de pinos ni de eucaliptos porque tienen sustancias que inhiben la germinación y/o el crecimiento de la plántula.

Luego de algunos días las semillas comienzan a germinar, eso va a depender de cada especie y de las condiciones climáticas, especialmente la temperatura y la humedad. Hay que tener cuidado de no excederse en humedad y sombra porque pueden atacar los hongos.

Una vez germinadas, se toman las pequeñas plantitas con mucha delicadeza y se pasan a maceta. Esta práctica se llama “repique”. Recordemos que previamente conviene humedecer bien, tanto el almacigo para que salgan con más facilidad, como las macetas, porque si regamos luego, corremos el riesgo de dañar la plantita con el golpe del chorro

de agua. Nos ayudamos de un palito repicador, que es una ramita finita con punta aguda, con el cual hacemos un orificio en la maceta donde vamos a poner el plantín.

Tenemos que asegurarnos que las raíces queden el perfecto contacto con la tierra, de lo contrario se secarán.

Este procedimiento siempre conviene hacerlo al atardecer, para evitar que las plantitas recién repicadas sufran exceso de calor o de sol.

En maceta: Esta forma es más sencilla, porque nos evitamos el repique. Sin embargo, se colocan 2 o 3 semillas por maceta, por si alguna falla, y es posible que germine más de una en una misma maceta, por lo cual hay que elegir una para repicarla a otra maceta que no tenga planta. El procedimiento de la siembra es igual que en el almácigo, pero en este caso hay que evitar usar tierra muy suelta, porque en el momento de llevar la planta a plantación definitiva, se puede desarmar el pan de tierra con más facilidad.

Se recomienda usar envases forestales sin fondo. La planta permanece en vivero como máximo 6 meses y se traslada a terreno definitivo. Para obtener envases forestales de manera económica, se puede comprar manguera de riego de nylon negro de 10 cm. de diámetro y cortarla cada 20 cm.

La cría: durante los primeros meses del periodo que va desde que la semilla germina hasta la plantación en terreno definitivo, los cuidados deben ser intensivos, y consisten en:

4.13.1. Riegos

Al principio regar dos a cuatro veces por semana, dependiendo de la temperatura y la humedad ambiente, con cuidado que el golpe del agua no rompa la plantita.

4.13.2. Enfermedades

Una planta que nace de buena semilla, crece en un medio sin excesos de agua, de sombra ni de sol y se alimenta de buena tierra, seguramente resistirá cualquier enfermedad o al menos tendrá menos probabilidad de enfermar.

4.13.3. Insectos

Hay que estar atento a la presencia de insectos que pueden alimentarse de vegetales tiernos; para evitar un ataque intenso, conviene que alrededor de las canchas de cría siempre haya “yuyos” y flores.

4.14. Latencia y germinación de las semillas

El estado de **dormición, latencia o letargo** es definido como la incapacidad de una semilla intacta y viable, de germinar

bajo condiciones de temperatura, humedad y concentración de gases que serían adecuadas para la germinación. En particular, en el sector forestal se utiliza la palabra **latencia**, la cual proviene del latín “*latensis*” y significa oculto, escondido o aparentemente inactivo para referirse a esta incapacidad de la semilla a germinar, la cual puede constituir un problema por ejemplo para los programas de producción de plantas en vivero.

La latencia se establece durante la formación de la semilla, y posee una importante función que consiste en restringir la germinación en la planta madre antes de su dispersión en el campo. Además, se considera que la latencia es una adaptación que contribuye a la supervivencia del individuo, ya que restringe la germinación cuando los factores ambientales son desfavorables para el desarrollo de la plántula.

Es importante destacar que existe un amplio rango de intensidades de latencia, que va desde la latencia absoluta, en la cual la germinación no se produce bajo ninguna condición, pasando por intensidades intermedias, donde las semillas pueden germinar en un rango de condiciones ambientales estrecho (por ejemplo, cuando se incuban a cierta temperatura), hasta el extremo donde no hay latencia, y las semillas pueden germinar en un amplio rango de condiciones ambientales.

Es necesario tener en cuenta que la latencia es un proceso dinámico. La intensidad de la latencia se encuentra influenciada por varios factores ambientales como pueden ser la temperatura, la humedad y el ambiente gaseoso y a medida que el grado de latencia disminuye sea el rango de condiciones ambientales que permiten la germinación.

En el ejemplo de la Fig. 1, vemos un lote de semillas que inicialmente tiene un nivel alto de latencia y, por lo tanto, si evaluamos la germinación de ese lote a distintas temperaturas vemos que el mayor porcentaje de germinación ocurre a 15 °C, y sin embargo este es bajo (aproximadamente 50%).

Cuando el nivel de latencia del lote disminuye (por ejemplo, luego de ser sometido a un tratamiento pre-germinativo) y repetimos la experiencia, podemos ver que el rango de temperaturas a la cual ocurre la germinación aumenta, y además el porcentaje de germinación a cada temperatura ahora es mayor por ejemplo a los 15 °C alcanza casi el 100%.

Es por ello que los tratamientos pre-germinativos son de gran relevancia para mejorar la producción de plantas a partir de un lote de semillas si estas presentan algún tipo de dormición.

Por ejemplo, las semillas de ciertas especies forestales como son algunas del género *Nothofagus* spp. (ej. roble pellín, lengua, raulí) se dispersan en otoño con un alto grado de

latencia, la cual disminuye a medida que estas permanecen en el invierno en el suelo, siendo capaces de germinar en primavera.

En este caso, las condiciones de humedad y bajas temperaturas promueven la pérdida de la latencia y son estas condiciones las que utilizan los viveristas al incubar estas semillas por meses en frío antes de su siembra.

Por lo tanto, mediante la aplicación de protocolos pre germinativos en vivero es posible disminuir la latencia a un grado mínimo, promoviendo la germinación de la semilla. Estos protocolos varían según la especie.

La señal visible de la finalización de la germinación es, en general, la emergencia de la radícula embrionaria a través de las cubiertas seminales, aunque en el ámbito de la producción es aceptado que la señal de la germinación suele tomarse como la visualización de la plántula viable emergiendo del suelo.

El nivel de latencia varía con la procedencia de las semillas, con el año de cosecha y varía incluso dentro de un mismo lote de semillas, de manera que, en condiciones naturales, la emergencia de las plantas ocurre en "pulsos" en un rango del espacio y el tiempo, lo que favorece el desarrollo de los

nuevos individuos en ambientes ligeramente distintos, contribuyendo así las posibilidades de regeneración y supervivencia de la especie. A continuación, se detallan los distintos tipos de latencia (Hartmann y Kester, 1988; Willan, 1991).

a. Latencia por la cubierta de las semillas o exógena

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

Corresponde a la producción y acumulación de sustancias químicas que inhiben la germinación, ya sea en el fruto o en las cubiertas de las semillas.

b. Latencia morfológica o endógena

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

➤ *Embriones rudimentarios.*

Se presenta en semillas cuyo embrión es apenas algo más que un pro-embrión embebido en un endospermo, al momento de la maduración del fruto. También en el endospermo existen inhibidores químicos de la germinación, que se vuelven en particular activos con altas temperaturas.

➤ *Embriones no desarrollados*

Algunas semillas, en la madurez del fruto tienen embriones poco desarrollados, con forma de torpedos,

que pueden alcanzar un tamaño de hasta la mitad de la cavidad de la semilla. El crecimiento posterior del embrión se efectúa antes de la germinación.

c. Latencia Interna

En muchas especies la latencia es controlada internamente en el interior de los tejidos. En el control interno de la germinación están implicados dos fenómenos separados. El primero es el control ejercido por la semi permeabilidad de las cubiertas de las semillas, y el segundo es un letargo presente en el embrión que se supera con exposición a enfriamiento en húmedo.

Fisiológica. Corresponde a aquella en que la germinación es impedida por un mecanismo fisiológico inhibitorio.

Interno intermedio. Esta latencia es inducida principalmente por las cubiertas de las semillas y los tejidos de almacenamiento circundante. Este es característico de las coníferas del embrión. Se caracteriza principalmente porque para llegar a la germinación se requiere un período de enfriamiento en húmedo y por la incapacidad del embrión de germinar con normalidad.

d. Latencia combinada morfo fisiológica

Consiste en la combinación de subdesarrollo del embrión con mecanismos fisiológicos inhibidores fuerte.

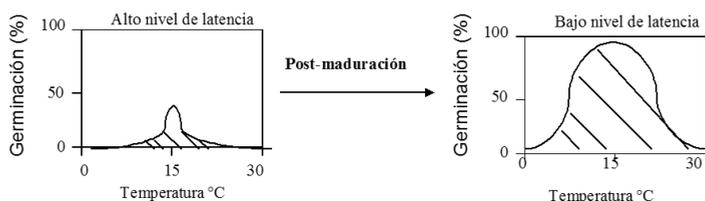


Imagen N° 1: Esquema ilustrado de la germinación de un lote de semillas de acuerdo a la temperatura de incubación y su nivel de latencia.

e. Latencia combinada exógena – endógena

Se denomina así a las diversas combinaciones de latencia de la cubierta o el pericarpio con latencia fisiológica endógena.

Es importante aclarar que no todas las semillas poseen impedimento para que su germinación se produzca inmediatamente después de la dispersión.

Por ejemplo, en muchas especies nativas de bosques tropicales húmedos, el nivel de latencia puede ser muy reducido y no constituye un problema para la producción.

Por otra parte, la latencia puede ser un problema para el viverista en especies adaptadas a ambientes donde los individuos deben completar su ciclo de vida en ambientes

extremos como ser zonas desérticas, o regiones demasiado frías, o para aquellas especies que han tenido que adaptarse a la alternancia de estaciones secas y húmedas, frías y cálidas.

Como se mencionó anteriormente, en la naturaleza, diversos factores externos actúan para poner fin a la latencia. Entre esos factores, pueden mencionarse la alternancia de calor y frío, la alternancia de condiciones húmedas y secas, el fuego, la ingesta por parte de animales y la acción de organismos del suelo. También está demostrado que, en el mantenimiento o la interrupción de la latencia, actúan factores internos como las hormonas del crecimiento (por ejemplo, las giberelina).

En climas templados, la combinación de temperaturas bajas y alta humedad durante el invierno, pueden poner en marcha cambios bioquímicos que interrumpen la latencia, y hacen que se inicie el metabolismo, comience el crecimiento del embrión, y con siguientemente se produzca la germinación en primavera.

Desde el punto de vista del viverista, la latencia impone algunos inconvenientes, como el retraso y la irregularidad en la germinación.

Por consiguiente, se ha dedicado mucha investigación a idear métodos artificiales para eliminar la latencia (tratamientos pregerminativos), y asegurar que las semillas germinen con rapidez y de manera uniforme. Pero, por otra parte, la latencia presenta algunas ventajas que pueden aprovecharse durante el período que transcurre en la recolección de las semillas y su utilización

Por ejemplo, favorece el almacenamiento de semillas de muchas especies por largos períodos. Algunas especies, en general las que producen semillas grandes y pesadas como los robles (*Quercus* spp.), no presentan latencia natural, y germinan durante la primera estación favorable. Es decir que si sea almacenan se pierde parte de su viabilidad.

Tanto las semillas sin latencia, como las semillas con latencia, la germinación ocurre en un rango de condiciones favorables, las cuales varían de acuerdo a los requerimientos de cada especie.

Generalmente, esas condiciones incluyen: 1) humedad suficiente, 2) temperaturas favorables, 3) intercambio de gases suficiente y 4) luz adecuada.

4.15. Tratamientos pre-germinativos

Los tratamientos pre germinativos, son todos aquellos procedimientos necesarios para romper la latencia de las semillas, esto es, el estado en que se encuentran algunas tal que, estando vivas, no son capaces de germinar sino hasta que las condiciones del medio sean las adecuadas para ello (Donoso, 1993; Arnold, 1996).

Los métodos pre germinativos más comunes son los siguientes:

a. Estratificación

Este tratamiento se utiliza para romper la latencia fisiológica, y consiste en colocar las semillas entre estratos que conservan

La estratificación fría es aquella donde se mantienen las semillas a temperaturas bajas (4 a 10 °C, Ver recuadro 1 a modo de ejemplo), asemejando las condiciones de invierno, por un período que oscila entre 20 y 60 días, llegando inclusive hasta 120 días (Ordoñez 1987; FAO, 1991, García, 1991).

En especies del género *Nothofagus* se han obtenido buenos resultados con este tipo de tratamiento. Para Roble y Raulí,

estratificaciones en arena húmeda con temperaturas de 3 a 5 °C, durante períodos que fluctúan entre 30, 60 y 90 días, generan tasas de germinación de 48, 64 y 96%.

Respectivamente (Donoso, 1979; Garrido, 1981). Para Coihue, se utiliza el mismo medio y temperaturas, pero por períodos de entre 45 a 90 días, obteniendo sólo un 24% de germinación (Garrido, 1981).

En el caso de la estratificación cálida, esta se basa en la necesidad de las semillas de estar sometidas a altas temperaturas para poder germinar. En este caso la temperatura empleada oscila entre los 22 y 30 °C, con un período de estratificación entre los 30 y 60 días (Patiño *et al.*, 1983; Hartmann y Kester, 1988; Figueroa y Jaksic, 2004).

b. Escarificación

Un gran número de especies forestales no germinan debido a que la testa o cubierta seminal (Fig. 2), es dura e impide la entrada de agua (latencia física), y la semilla no germina al menos que esta sea escarificada

.Así la escarificaciones cualquier proceso que rompa, raye, altere mecánicamente o ablande las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases.

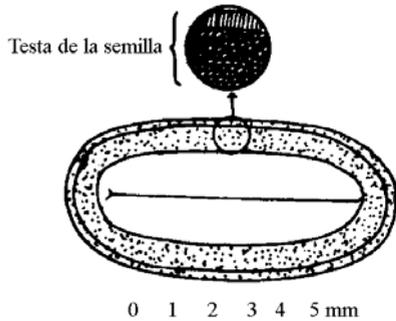


Imagen N° 2: Corte longitudinal de una semilla de testa dura (Tomado de Poulsen y Stubsgaard, 1995).

Esta puede subdividirse en dos:

- **Mecánica:** Consiste en raspar la cubierta de las semillas con lijas, limas o quebrar las con un martillo o pinzas. Si esa gran escala se utiliza maquinas especiales como tambores giratorios recubiertos en su interior con papel lija, o combinados con arena gruesa o grava

- En el caso de tratar grandes cantidades de semillas, se puede utilizar una hormigonera con grava o arena en su interior, obtienen un tambor forrado en su interior con material abrasivo (ej. Lija, cemento) o dotados de discos abrasivos giratorios (Kemp, 1975, y Goory Barney, 1976, FAO 1991; García, 1991).

- Se han obtenido resultados óptimos con este tratamiento en semillas de Maitén, a las que se les ha eliminado el arilo mediante frotación con arenalograndoun81% de germinación (Cabello y Camelio, 1996).

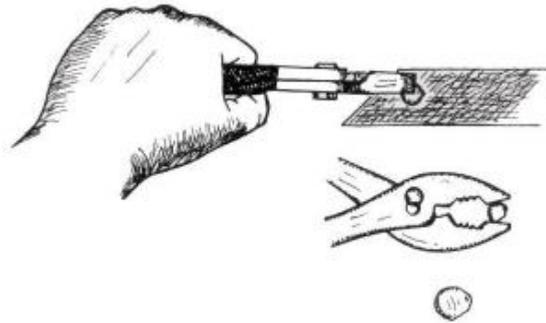


Imagen N° 3: Esquema mostrando el proceso de escarificación mecánica mediante el uso de pinza (Tomado de Arriaga et al., 1994)

- **Química:** La escarificación química, consiste en remojarlas semillas por períodos breves (15 minutos) a 2 horas, en compuestos químicos.
- Las semillas secas se colocan en recipientes no metálicos y se cubren con ácido sulfúrico concentrado en proporción de una parte de semilla por dos de ácido.
- Durante el período de tratamiento las semillas deben agitarse regularmente con el fin de obtener resultados uniformes. El tiempo de tratamiento varía según la especie. Al final del período de tratamiento se escurre el

ácido y las semillas se lavan con abundante agua para quitarles el restante.

- **Lixiviación:** Las semillas son remojadas en agua corriente con la finalidad de remover los inhibidores químicos presentes en la cubierta

Este tratamiento también es empleado con el objetivo de ablandarla testa. El tiempo de remojo puede ser de 12, 24, 48 y hasta 72 h, y en algunos casos, cambiándoles el agua con cierta frecuencia (Patiñoetal., 1983; Hartmann y Kester, 1988; Garrido, 1991).

Tabla N° 1: Tratamientos pre germinativos para algunas de las especies de importancia forestal.

Especie	Tratamiento pre germinativo
<i>Ciprés spp.</i>	Estratificación 4-8 semanas a 0-4 °C en arena húmeda o bien realizarla siembra temprana a fin de que la semilla e
<i>Araucaria araucana</i>	Las semillas pierden rápidamente su poder germinativo por lo que se deben sembrar directamente ni bien se cosechan. Estas pueden estratificarse luego del sembrado en arena húmeda por 90 días en cajones o bolsas.

Especie	Tratamiento pre germinativo
<i>Embothrium coccineum</i>	La semilla se conserva bien en bolsas de polietileno transparente y en heladeras en seco. Antes de sembrar las semillas se
<i>Gevuina avellana</i>	Puede estratificarse en arena húmeda durante el invierno para evitar que las semillas pierdan su poder germinativo por deshidratación.
<i>Maytenus boaria</i>	Escarificación con agua fría y arena para eliminar el arilo que es una película rojiza que recubre la semilla y retarda la germinación.
<i>Lomatia hirsuta</i>	Conservar la semilla en heladera o en lugar fresco con una temperatura entre 2-5 °C en bolsas de nylon o polietileno de
<i>Luma apiculata</i>	Una vez lavadas las semillas conviene sembrarlas en bandejas y luego enterrarlas unos 60 días, necesarios para la estratificación.
<i>Nothofagus dombeyi</i>	Se puede sembrar temprano o bien se puede optar por estratificar en arena

Especie	Tratamiento pre germinativo
<i>Nothofagus obliqua</i>	La semilla se conserva al frío en bolsas de polietileno. La estratificación puede hacerse en arena húmeda a 4 °C durante 30 días o bien 85 días a 5 °C. En el mes de septiembre antes de la siembra se colocan en agua 3 a 4 días eliminando las semillas que flotan. Algunos autores recomiendan remojar la semilla en ácido giberélico (GA3) en 50 a 200 mg/l por 24 horas.
<i>Nothofagus nervosa</i>	La semilla se conserva al frío (2 a 5 °C) en bolsas de polietileno a 8% de humedad. La estratificación se hace en arena húmeda por 45 días a 6 °C. En el mes de septiembre antes de la siembra se colocan en agua fría por 48-72 horas eliminando las semillas que flotan.
<i>Nothofagus pumilio</i>	La semilla se conserva al frío y en lugares secos. Estratificación en arena húmeda por 45 días a 2 °C. Antes de la siembra se colocan en agua fría por 48-72 horas.

Especie	Tratamiento pre germinativo
<i>Nothofagus antarctica</i>	La estratificación puede hacerse o bien en arena húmeda 14 °C durante 30 días o en arena húmeda a 2 °C durante 45 días.
<i>Pinus ponderosa</i>	Colocar las semillas que se van a sembrar en un tambor con agua fría durante 48 horas: al cabo de ese tiempo descartar las semillas que flotan (semillas vanas).
<i>Pseudotsuga gamensiezii</i>	Sacar las semillas y dejarlas escurrir. Almacenar las semillas en heladera a temperaturas entre 2-5 °C

Habitualmente el remojo se efectúa en agua a temperatura ambiente, pero también se han obtenido buenos resultados con agua caliente.

En este último caso, las semillas se colocan en agua hirviendo, retirando inmediatamente el recipiente de la fuente de calor y se deja enfriar hasta que alcance la temperatura ambiente (tiempo de enfriamiento estimado de 12 horas aproximadamente) (FAO, 1991).

- **Combinación de tratamientos** Se utiliza en semillas de especies que tienen más de un tipo de letargo.

- **Hormonas** y otros estimulantes químicos Existen compuestos que estimulan la germinación, entre los más usados están: nitrato de potasio.
- Todo este tipo de sustancias se emplean a diferentes concentraciones y tiempos de exposición, dependiendo de la especie de que se trate.
- **Flotación:** Si bien no constituye un tratamiento pregerminativo *pese*, la separación de las semillas vanas de las semillas llenas es aconsejable como un primer paso. Por ejemplo, esta separación resulta muy importante, particularmente en el caso del Roble pellín cosechado en Argentina, ya que la proporción de semillas vanas puede ser en algunos años y poblaciones muy altas (por ejemplo, de hasta 98%)

Para ello la semilla se coloca en bateas o baldes con agua durante 24 horas, procurando no excederse en el número de semillas a colocar ya que de lo contrario las que flotan podrían impedir que caigan las que deberían hundirse

La semilla vana o vacía corresponde a la porción que queda flotando en superficie. Un ensayo de germinación con esta porción de semillas.

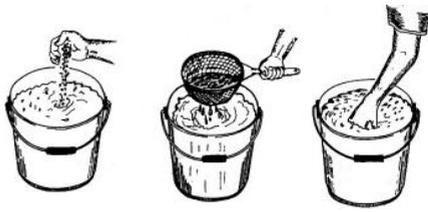


Imagen N° 4: Esquemas y fotografía mostrando el procedimiento de limpieza de las semillas por el método de flotación. Esta metodología sirve para descartar un determinado porcentaje de semillas vanas además de impurezas que posean las mismas (Tomado de Arriaga et al., 1994).

V. METODOLOGÍA

5.1. Ubicación del proyecto

Este estudio se realizó en el Municipio de Bluefields, Región Autónoma del Caribe Sur (RACS). El experimento se estableció en el vivero de la finca “San Eliseo” del Sr. Julio Delgado Pacheco, ubicada al noreste de la ciudad de Bluefields.

5.2. Generalidades del Municipio de Bluefields

El Municipio de Bluefields es parte de la Región Autónoma Costa Caribe Sur (RACCS). La cabecera municipal está ubicada a 415 kilómetros de Managua, Capital de la República (INEC, 2005).

La zona de estudio se caracteriza por presentar un clima tropical húmedo de selva con temperaturas que oscilan entre 24 y 30 °C. Se le considera una zona húmeda basada en la clasificación de zonas de vida de Holdridge, con precipitaciones anuales de 2,000 a 4,000 mm distribuidas de 9 a 10 meses, siendo el mes más lluvioso el de mayo.

La región es baja y pantanosa, a lo largo de la costa no excediendo los 30 msnm. Se ubica entre las coordenadas 12°14' Latitud Norte y 83°45' de Longitud Oeste (PNUD, 2008).

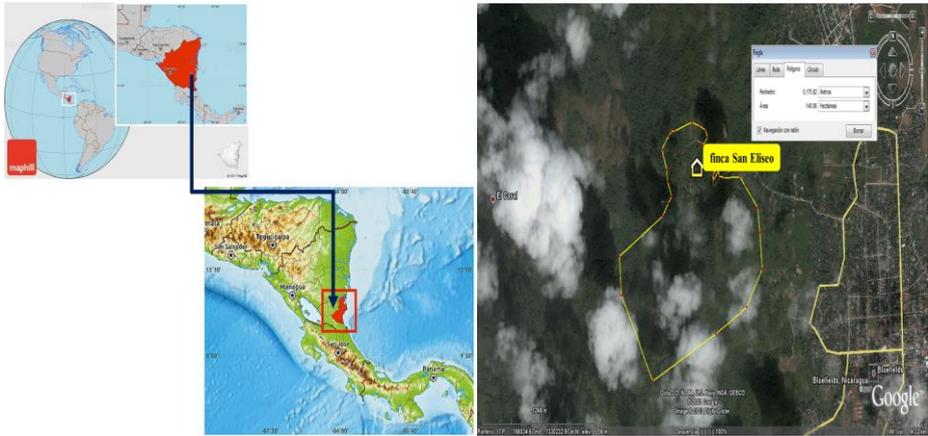


Imagen 5. Ubicación del experimento.

5.3. Posición Geográfica

Se ubica entre las coordenadas 12°14' Latitud Norte y 83°45' de Longitud Oeste. Ver anexo N° 1: Mapa de ubicación del experimento.

5.4. Tipo de investigación

El presente estudio es unifactorial, cuantitativo, debido a la manipulación de variables específicas a fin de obtener datos para el análisis de la calidad final de la plántula de Guapinol

(*Hymenaea courbaril*), al ser sometida a diferentes tratamientos pre-germinativos.

5.5. Corte de la investigación

Según la medición de las variables. El desarrollo de la investigación se realizó en un ciclo aproximado de 7 meses.

5.6. Origen y obtención de la semilla

La semilla se compró en el Centro de Mejoramiento Genético Forestal y Banco de Semillas (MGF&BS) del Instituto Nacional Forestal (INAFOR) a fin de garantizar la mayor confiabilidad y calidad de la semilla para el experimento.

Garantizando la viabilidad de la semilla desde la entrega hasta la ejecución del experimento se almacenaron en una bolsa de papel periódico (reducción de humedad ambiental) dentro de una bolsa de plástico hermética (bolsa ziploc) colocada en el compartimento de verduras de un frigorífico a 6 °C de temperatura constante.

5.7. Unidad experimental

Para dicho experimento se tomó como unidad experimental cada una de las plántulas de guapinol sembradas, germinadas y emergidas hasta su etapa de trasplante.

Tabla 2. Descripción técnica del área experimental

Aspecto/Material	Descripción
Bolsas de Polietileno	Polietileno
Altura	0.11 m
Diámetro mayor	0.155 m
Diámetro menor	0.115 m
Volumen por bolsa	0.0015 m ³
Macheteras por tratamiento	50 unidades
Volumen total por tratamiento	0.06 m ³
Cultivos a utilizar	<i>Hymenaea courbaril</i>
Sitio del establecimiento	Invernadero artesanal
Fotoperiodo	12 horas diarias
Periodo de establecimiento	Junio – Octubre del 2014
Ciclo del cultivo	4 meses
Estación climática	Estación seca
Régimen de riego	2 veces por día
Tipo de siembra	Directa
Régimen de temperaturas	24 °C – 30 °C

5.8. Tipo y frecuencia de muestreo:

Muestreo Aleatorio Simple (M.A.S.) con frecuencia semanal.
Ver cuadro N° 1 matriz de operacionalización de variables.

5.9. Tratamientos experimentales

T₁: Agua Oxigenada (Sumersión por 30 minutos con posterior lavado con agua por 1 minuto).

T₂: Combinación del Tratamiento 1(**Agua Oxigenada**) y Tratamiento 4(**Escarificación**).

T₃: Hidratación (Sumersión en agua por 24 horas con cambios de agua cada 12 horas).

T₄: Escarificación Mecánica (Corte de la testa de la semilla con cierra de mano).

T₅: Testigo (siembra directa).

5.10. Muestra y repeticiones

Código	Tratamientos	Repeticiones
T ₁	Agua Oxigenada	50
T ₂	Agua Oxigenada+ Escarificación	50
T ₃	Hidratación	50
T ₄	Escarificación	50
T ₅	Testigo	50
Total		250 plántulas

Con esta muestra se realizó una extrapolación poblacional y económica a la densidad de árboles recomendados de 1,100 especímenes por hectárea de acuerdo al Instituto Nacional Forestal (INAFOR).

5.11. Tamaño del universo

Un total de 250 plantas (unidades experimentales). Cada uno de los cuatro tratamientos constara de 50 repeticiones (plántulas).

5.12. Tipo y frecuencia de muestreo

Basados en el bajo número de repeticiones por tratamiento (Rodríguez, 1991). Se realizaron muestreos totales con frecuencia diarios y semanales según sea el caso. Ver cuadro N° 1 matriz de operacionalización de variables.

5.13. Índice de calidad de Dickson (Reyes et al, 2005)

Las plántulas se evaluaron a los tres meses (90 días) después de la siembra. Se tomaron datos de diámetro del tallo, altura de la planta y la biomasa aérea y radical de 20 plántulas por unidad experimental. La altura se midió (cm) desde la base del tallo hasta la yema apical. El diámetro se midió (mm) en la base del tallo. Para evaluar la biomasa, se extrajeron las plántulas de las bolsas de polietileno, se les eliminó el sustrato adherido y se lavaron cuidadosamente. Las muestras se colocaron en bolsas de papel, con sus respectivas identificaciones, y se secaron en estufa a 70 °C, hasta peso constante (72 h); transcurrido ese periodo, se pesaron por separado la parte aérea y la radical en una

balanza analítica, con precisión a miligramos (Flores-Pacheco, et al., 2015). El índice de esbeltez se calculó mediante el cociente de la altura y el diámetro del tallo (Domínguez, 1997). La relación parte aérea/raíz se estimó como el cociente entre el peso seco aéreo (g) y el peso seco radical (g) (Andrés, et al., 2011). El índice de calidad de Dickson (ICD) resultó de integrar los valores de peso seco total, el índice de esbeltez y la relación parte aérea/raíz (Reyes, 2005), del modo siguiente:

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\text{Altura (cm) + Peso seco aereo (g)} \sqrt{\text{Diámetro (mm) * Peso seco radical (g)}}$$

Cuadro N° 1: Operacionalización de las variablea evaluadas.

Variable	Método	Frecuencia	Unidades
En la semilla			
Porcentaje de germinación	Estimación para cada tratamiento evaluado	Única por tratamiento	Porcentaje (%)
Porcentaje de emergencia	Estimación para cada tratamiento evaluado	Única por tratamiento	Porcentaje (%)
Velocidad de	Conteo de días	Única por	Días a

germinación	a germinación de la semilla por tratamiento	tratamiento	germinación
Velocidad de emergencia	Relación tiempo y porcentaje de emergencia	Única por tratamiento	Días a emergencia
Incidencia de pudrición en la semilla	Porcentaje de plántulas con daño bacteriano a la raíz	Semanal	Porcentaje (%)
De la plántula			
Fuste de la plántula	Medición directa	Semanal	Centímetros
Diámetro del tallo	Medición directa	Semanal	Milímetros (mm)
Desarrollo peso fresco y seco (parte aérea y radicular)	Estimación de peso frescos y seco	Estimación única	gramos (gr)

Fuente: Elaboración propia

5.14. Análisis estadístico:

Prueba Estadística	Definición	Variables analizadas
Varianza	En teoría de probabilidad de la variación y cambios significativos en medidas de poblaciones y muestras.	Intra tratamientos Inter tratamientos
Desviación Estándar	Es una medida de dispersión para variables de razón y de intervalo, indicando su comportamiento como conjunto cerrado.	Intra tratamientos Inter tratamientos
ANOVA	Se fundamenta en el estudio de las varianzas. Como establece diferencia entre las medias poblaciones; es un método matemático creado para probar la hipótesis de que las medias aritméticas de más de 2 grupos poblacionales.	Tratamientos Repeticiones Variables de la semilla Variables de la plántula
Correlación	Indica la fuerza y la dirección de una relación lineal y proporcionalidad entre dos variables estadísticas.	Tratamiento Vs. Variables de la semilla Tratamiento Vs. Variables de la plántula

Uso del software estadístico SPSS 23.0 siendo un gestor de datos para su almacenamiento, procesamiento y presentación de resultados en base a múltiples análisis de índole descriptivo e inferencial.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Respuesta germinativa de las semillas de guapinol (*Hymenaea courbaril*) sometidas a tratamientos de escarificación mecánica e hidratación por separado y combinados.

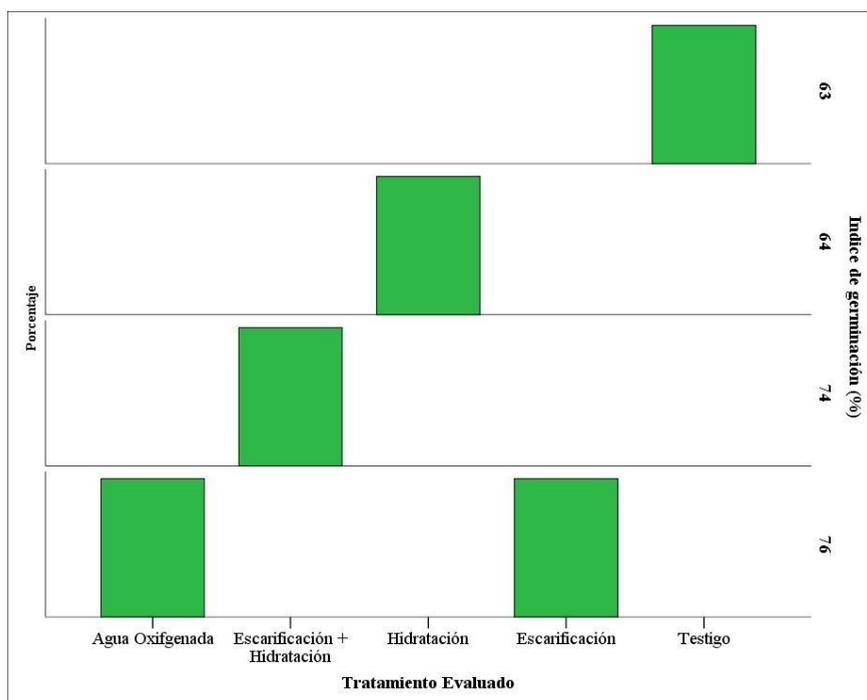


Gráfico 1. Índice de germinación (%) registrado en plantas de guapinol (*Hymenaea courbaril*) sometidas a tratamientos pre-germinativos.

De los Cinco tratamientos pre-germinativos evaluados en plantas forestales de Guapinol (*Hymenaea courbaril*), el tratamiento dos (hidratación + escarificación) seguido por el

tratamiento tres (hidratación) y el tratamiento cuatro (escarificación) fueron las tres primeras en germinar presentando diferencia estadística con una P-valor > 0.05 y un error estándar 0.1, ambos de acuerdo al estadístico DMS (Diferencia Mínima Significativa). Lo cual se detectó en el primer muestreo donde se empezaron a medir dicha variable. Es a destacar que las plantas se mantuvieron a temperatura ambiente oscilante entre los 28 – 32 °C lo cual no se midió en este experimento a carencia de equipos para ello.

El tratamiento cuatro (escarificación) presentó mayor sobrevivencia con el 92% de plantas germinadas seguidos por el tratamiento tres (hidratación) con el 90%, sin presentar diferencia estadística al compararse entre ellos (inter grupos) e internamente (intra grupo),

Sin embargo, a partir de los 15 DDS (segundo muestreo) se notó una elevada ($>80\%$) competencia entre los tratamientos en mención, lo cual fue incrementado a los 21 DDS (tercer muestreo) con la germinación de los demás tratamientos a excepción del testigo que germinó a más de 20 DDS pero en su momento contribuyó a este efecto.

La respuesta germinativa de las semillas tratadas dependió directamente de la interacción que se estableció entre la semilla y el factor tratamiento pre germinativo.

Resultados similares han sido obtenidos por (Sánchez, Arends, Villareal, & Cegarra, 2005) en semillas de diversos cultivos sometidas a diferentes tratamientos de hidratación-escarificación y variabilidad de las condiciones físicas del medio durante su siembra.

Con los tratamientos pre germinativos dos, tres y cuatro se aceleró significativamente la velocidad de germinación sin necesidad de alterar la temperatura ambiental (28 °C – 32 °C), siendo el tratamiento tres el óptimo para acelerar la germinación, principalmente por que no genera estrés calórico y/o riesgos de muerte por intoxicación como lo hace los tratamientos uno y tres, respectivamente.

Llama la atención que en los tratamientos uno (agua oxigenada) y cinco (testigo) no se lograron incrementos significativos del porcentaje de germinación final, pero sí se aceleró significativamente la velocidad de germinación en los tratamientos uno (agua oxigenada) respecto al tratamiento cinco (testigo). En este sentido, con el tratamiento tres se lograron el 50% de la germinación en menos de dos días a partir de la aplicación del mismo; en cambio, con el tratamiento control se alcanzó aproximadamente en 20 días de manera muy escasa y lenta.

Este resultado es interesante, debido a que cuando las semillas llegan al suelo usualmente encuentran condiciones de estrés (Álvarez, Quintero, Manzano, & González, 2009). Se conoce que la velocidad de germinación está correlacionada positivamente con una emergencia rápida en condiciones de campo y un mayor desarrollo vegetativo de las plantas

(Birchler, Rose, Royo, & Pardos, 1998), por consiguiente, tales evidencias demuestran la importancia práctica que tiene el incremento de la velocidad de germinación alcanzado con los tratamientos hídricos y de escarificación mecánica.

Diversos autores (Duryea, 1985) lograron mejorar el comportamiento germinativo de diferentes cultivos, en condiciones ecológicas muy variadas, al acondicionar o robustecer las semillas antes de la siembra. Ellos concluyeron que tales efectos se deben a la activación que producen los referidos tratamientos en el aparato metabólico relacionado con la germinación, y en los numerosos mecanismos bioquímico-fisiológicos de tolerancia al estrés que permanecen latentes, estos últimos en condiciones ambientales óptimas (Hartmann, y Kester, 1977.). Entre estos mecanismos, según Domínguez et al, 2001, sobresalen la disminución del potencial de agua mínimo para que ocurra la germinación y el incremento de la síntesis de proteínas.

6.2. Descripción del comportamiento de la emergencia en semillas de guapinol (*Hymenaea courbaril*) sometidas a tratamientos de escarificación mecánica e hidratación por separado y combinados.

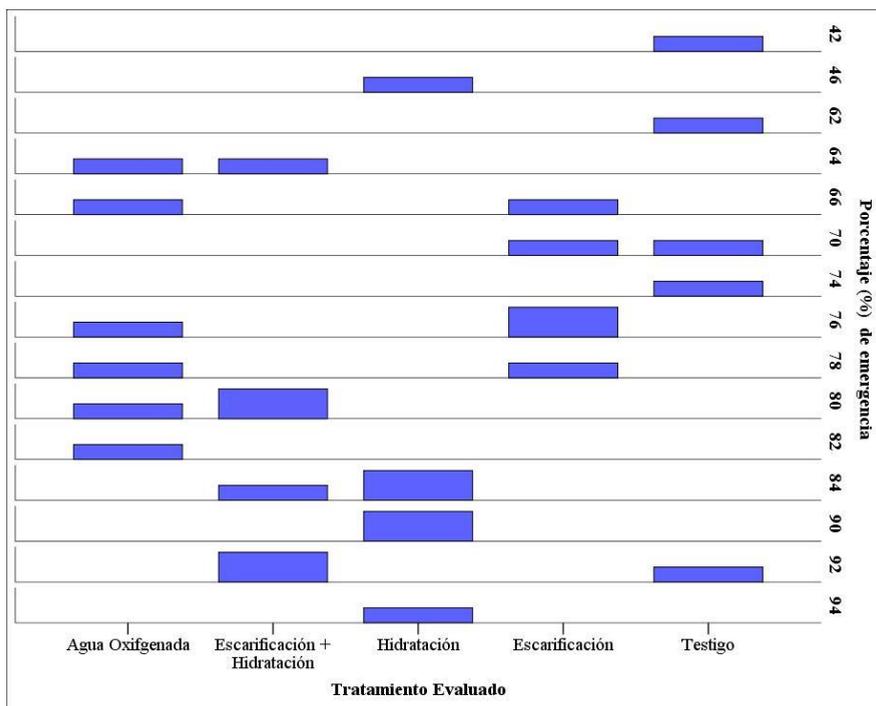


Gráfico 2. Porcentaje de Emergencia (%) en plantas de guapinol (*Hymenaea courbaril*) sometidas a tratamientos pre-germinativos.

La presente gráfica, basada en los muestreos realizados en los cinco tratamientos pre-germinativos los correspondientes a los tratamientos tres (hidratación) y cuatro (escarificación) en todo el experimento presentaron un porcentaje mayor en la

emergencia de las plántulas con diferencias de significativas ($P\text{-valor}<0.05$) y un error estándar de 0.95, provocado por la alta variación entre las comparaciones de los tratamientos.

En el período de un mes (30 DDS) se apreció la diferencia más evidente entre los tratamientos, teniendo en cuenta que el tratamiento cinco (testigo) en la totalidad de los muestreos fue el menor, evento que brinda mayor credibilidad al experimento demostrando la viabilidad de la evaluación en la calidad de emergencia y la rapidez de las plantas sometidas a los tratamientos uno, tres y cuatro.

El efecto de los tratamientos tres (hidratación) y cuatro (mecánico) han demostrado ser alternativas eficaces para la obtención de un mayor y mejor desarrolla en la planta. Dicha práctica al igual que los otros tratamientos son opciones a disposición a todos los que requieran de ejercer prácticas de estimulación de germinación de semillas en viveros bajo el propósito de obtener una mayor cantidad y calidad de plantas que emergen con mayor rapidez así en un tiempo determinado.

Las semillas escarificadas (tratamiento cuatro) presentaron un patrón trifásico de absorción de agua como siguen la generalidad de las especies cultivadas (Sánchez *et al.*, 2005). Resultados similares fueron obtenidos por Sánchez *et al.*,

(2005) en las semillas frescas de esta especie sometida al mismo tratamiento pre germinativo y a condiciones de hidratación.

Por el contrario, Poulsen en 1995 no obtuvieron este patrón trifásico de imbibición cuando las semillas de dicha especie permanecieron intactas (sin escarificación), debido probablemente al impedimento mecánico que le imponen las cubiertas seminales a la emergencia del embrión, en combinación con una cierta impermeabilidad a la absorción de agua. Este dato se basó en la observación directa durante la fase de muestreo diario.

El tratamiento pre germinativo cuatro incrementó significativamente el porcentaje de emergencia final hasta un 26,2% de emergencia respecto al tratamiento cinco (testigo). La velocidad de emergencia siguió un comportamiento muy similar al porcentaje de emergencia, es decir, que los tratamientos tres y cuatro (hidratación y escarificación mecánica, respectivamente) aceleraron dicha velocidad, puesto que a los 7 días se obtuvo un 100% de emergencia con respecto al tratamiento cinco (testigo). Resultados similares fueron obtenidos por Montejó et al. (2005). En diferentes cultivos, por medio de la hidratación parcial de las semillas antes de la siembra. Consideran que las ventajas de

dichos tratamientos son más evidentes en condiciones de estrés.

Igualmente, en semillas de *T. elatum*, *G. ulmifolia* y *C. schreberiana*, Sánchez *et al.*, (2005) lograron incrementar el número de plantas emergidas a través de la hojarasca, con la aplicación de tratamientos pre germinativos de hidratación-deshidratación en combinación o no con choque térmico.

Según Bradford en su publicación de 1986 los procesos de post-germinación y pre-emergencia también desempeñan un papel fundamental en el crecimiento y el establecimiento de las plántulas.

6.3. Estimación de los parámetros de calidad de las plántulas forestales a partir del efecto de los tratamientos pre-germinativos aplicados a las semillas de Guapinol (*Hymenaea courbaril*).

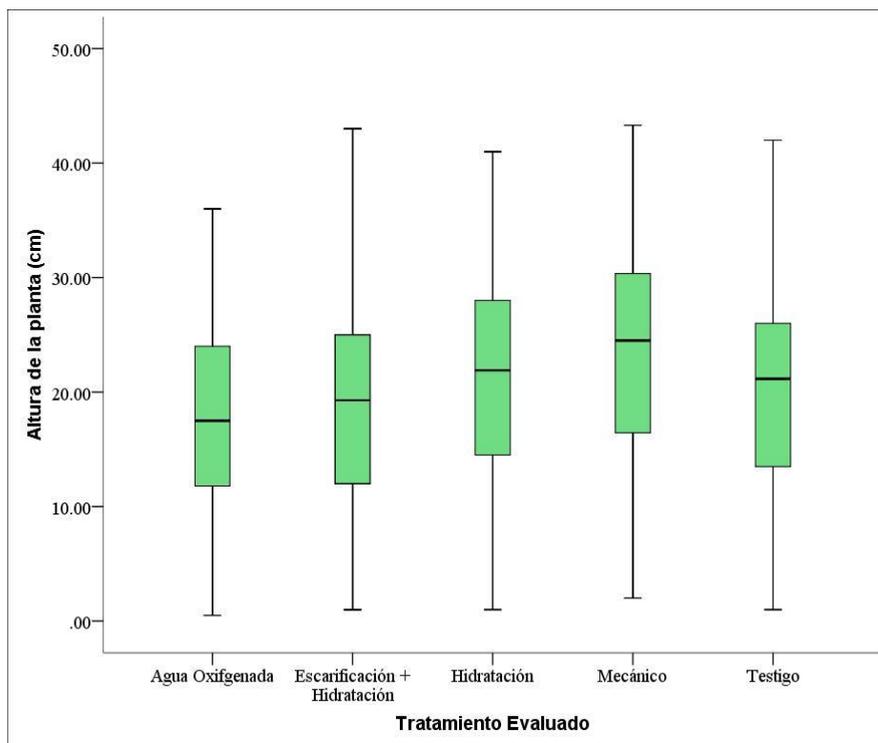


Gráfico 3. Altura (cm) de las plantas de plantas de guapinol (*Hymenaea courbaril*) sometidas a tratamientos pre-germinativos.

Haciendo un análisis en los 8 muestreos, a partir del sexto muestreo el tratamiento tres ha demostrado mayor capacidad en su fase de desarrollo y crecimiento dado por la relación de

mayor altura y diámetro del tallo en comparación con los demás tratamientos.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($P>0.05$) y un error estándar de 0.7, para las variables diámetro (mm), altura (cm). En el análisis del conjunto de los datos resultantes de los muestreos se denota que el método de hidratación de las semillas por un periodo de 24 horas antes de las siembras, disminuye la fuerza de la capa externa de la semilla haciéndola más sensible al inicio del proceso germinativo cuando este sumergido en el sustrato.

Esas combinaciones crean las condiciones adecuadas para que esta pueda germinar con más facilidad debido a que la testa se hace más sensible.

El mayor diámetro (3.33 mm) y la mayor altura (18.58 cm) se presentaron en las plantas del tratamiento tres (hidratación), este fue el mejor tratamiento produciendo plantas 37% más gruesas y 27% más altas. El menor diámetro (2.43 mm) ocurrió en el tratamiento cinco (testigo), aunque esta última resultó sin diferencias estadísticamente significativas (2.46 mm), con respecto al tratamiento dos (Escarificación + Hidratación). Las plantas crecieron menos en altura (14.60 cm) cuando se contrastó con el tratamiento uno (Agua

oxigenada), aunque resultó estadísticamente diferente al tratamiento uno (Agua oxigenada) (15.40 cm) tratamiento cuatro (mecánico) (17.60 cm).

De manera general, los resultados de este trabajo coinciden con lo realizado por (Álvarez et al., 2009), en la producción de plantas de *Pinus patula* y *P. teocote*, quien encontró que la combinación de tratamientos pre-germinativos con fertilizante produjeron el mayor peso seco, altura y diámetro de las plantas de ambas especies al comparar tratamientos de hidratación y escarificación.

Después de los 90 días de la siembra se entresacaron las plantas muertas para dejar una por cada bolsa, a las cuales se les determinaron las siguientes variables de vigor: masa seca del tallo, de la raíz y de la parte aérea, mediante el secado de las muestras durante 72 horas en un horno (Flores-Pacheco et al, 2015) a 70 °C.

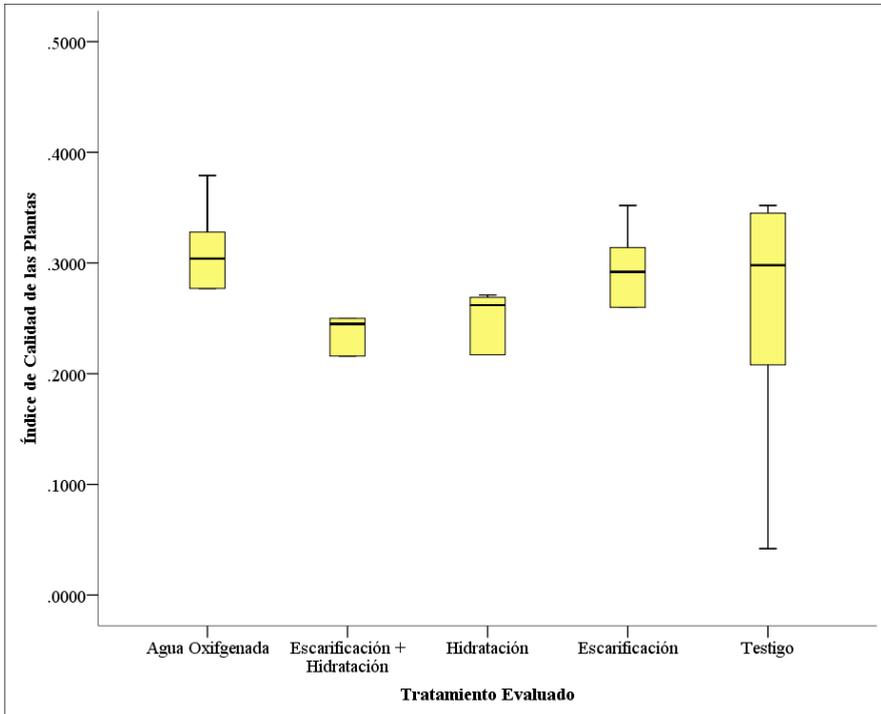


Gráfico 4. Índice de Calidad en plantas de guapinol (*Hymenaea courbaril*) sometidas a tratamientos pre-germinativos.

De manera general durante las observaciones en la evaluación de efectos de los cinco tratamientos pre-germinativos en la calidad de plantas forestales del guapinol (*Hymenaea courbaril*), se pudo observar en las cualidades óptimas que ha demostrado el tratamiento cuatro (escarificación) es más eficaz para una pronta germinación y emergencia (P-valor: 0.004 y un error de 0.1) presentando efectos negativos, como una elevada tasa de mortalidad

partiendo de la pudrición de las semillas, que pueden deber a varios factores como; cantidad excesiva de agua en el riego específicamente en dicho tratamiento.

Como está señalado anteriormente en el resultado, no hubo una medición exacta de la cantidad de agua ocupada para riego, parámetros que dejan opciones de otras investigaciones de evaluación tomando en cuenta la cantidad determinada en el riego.

Para una taza menor de mortalidad, el riego y cantidad de agua se pudo tomar en cuenta desde el punto de partida; individualidad de tratamiento, siendo el tratamiento cuatro (escarificación), un corte transversal en ambos lados de la semilla, este se encuentra expuestas en su medio natural de una forma vulnerable, teniendo riesgos altos de pudrirse con cantidad excesiva de agua. Se debe de considerar que los distintos tratamientos se pueden establecer la cantidad de agua, siendo el caso de la escarificación debería ser puesto por separado de los demás utilizando como riego diario con la mitad del volumen de agua utilizada en los demás dependiendo de su cantidad establecida por los investigadores.

De manera general, los mejores resultados se obtuvieron cuando las plantas crecieron luego de aplicarse el tratamiento

cuatro (escarificación). Además, no se detectó que el tratamiento tres (hidratación) generara plantas de calidad inadecuada.

Estos resultados confirman los datos de Reyes-Reyes et al, (2005), quien asegura que la hidratación puede ser utilizada como estimulador de la germinación afectando positivamente el crecimiento hasta en 66% para la producción de plantas de calidad. Ismaili et al. (2010), en trabajos realizados en la producción de melón (*Cucumis melo*), utilizando como tratamiento pre-germinativo la hidratación encontraron mejores resultados cuando combinaron hidratación con una escarificación previa, un 60% más efectivo.

Los valores del índice de calidad de Dickson (ICD) resultaron similares a los de otras especies, como los encontrados por Román et al (2001) en *Pinus greggi* Engelm. var. *Australis*, con valores altos para los índices de calidad, ICD entre 0.4 y 0.6, debido a la presencia de un gran crecimiento aéreo, con respecto al radical, favorecido por un exceso de nutrimentos (Ferraris et al, 2008), si se agrega cierta cantidad de fertilizante.

VII. CONCLUSIONES

Los resultados de este experimento muestran diferencia significativa con un 95% de confiabilidad ($P\text{-valor} > 0.05$) entre los tratamientos de la manera que sigue. Entre los tratamientos uno tres (hidratación) y cuatro (escarificación) no existe diferencia significativa, al igual que los tratamientos uno (agua oxigenada) y dos (hidratación + escarificación), pero si entre ellos por separados.

En tanto el tratamiento cinco (testigo) presenta diferencia estadística con todos los demás evaluados. Dicho comportamiento se evidencia en los índices de germinación, emergencia, parámetros de calidad y análisis de costos ejecutado en cada tratamiento al ser analizados tanto por separado como a lo interno por medio de la prueba de medidas repetidas. Estos mismos datos permiten determinar un efecto positivo entre la aplicación de tratamientos pre-germinativos, esto se traduce a mayores posibilidades de sobrevivencia de la planta al ser trasplantada en campo.

Este análisis conjunto permite concluir con elevada seguridad técnica y científica que los tratamientos tres (hidratación) y cuatro (escarificación mecánica) son los mejores y más adecuados para mejora de la calidad de las plantas en vivero

maximizando la inversión económica y generando mayores ingresos al vivero.

VIII. RECOMENDACIONES

Para el caso del tratamiento cuatro (escarificación) se recomienda un control del riego a fin de reducir la mortalidad por pudrición de la semilla, de igual manera se deben evaluar distintos tipos de escarificación a fin de medir el efecto de aquellos que únicamente debiliten la testa de la semilla evitando el riesgo del daño al embrión por el uso de cierras dentadas.

También debe evaluarse la posibilidad del uso de tratamientos de hidratación por periodos distintos y con el uso de distintas temperaturas en el caso de semillas dentro de frutos indehiscentes y/o vainas de difícil apertura.

Se hace necesario que se establezca un vivero experimental con equipamiento en el campus Bluefields a fin de realizar este tipo de monografías con mayor control y seguridad aumentando la cantidad de tratamientos y repeticiones, al tiempo se dote de implementos que permitan la medición de un mayor número de variables que brinden mayor confiabilidad de los datos y resultados obtenidos.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Abrams, M.D. (1994). Genotypic and phenotypic variation as stress adaptation in temperate tree species: a review of several case studies. *Tree Physiology* 833-842.

Álvarez, R., Quintero, I., Manzano, J., & González, D. (2009). Diferentes tratamientos pregerminativos y posición de siembra de la semilla, 9(2), 333–342.

Andrés, P., Salgado, C., & Espelta, J. M. (2011.) Optimizing nursery and plantation methods to grow *Cedrela odorata* seedlings in tropical dry agroecosystems. *Agroforestry Systems*, 83(2), 225–234. <http://doi.org/10.1007/s10457-011-9404-5>

Arnold, F. E. (1996.) Manual de vivero forestal: Elaborado para algunas especies forestales nativas de la zona templada del Sur de Chile. Documento Técnico CONAF-DED. 123 pp.

Arriaga, V.; Cervantes, V.; Vargas-Mena, A. (1994.) Manual de reforestación con especies nativas. Secretaria de Desarrollo Social, Instituto Nacional de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. 186 pp.

- Basil, G.; Leanza, M.; Honorato, M. (2001.) Ensayo de germinación de semillas de pino con diferentes estratificaciones en frío. Patagonia Forestal. CIEFAP, Vol. 7(4):13-15.
- Bigras, F. J., Gonzalez, A.L. D'Aoust. y C.Hébert. (2007.) Frost hardiness, bud phenology and growth of containerized Piceamariana see dlings grown at three nitrogen levels and three temperature regimes. New Forests 12:243-259.
- Birchler, T., Rose, R. W., Royo, a, & Pardos, M. (1998.) La Planta Ideal: Revision Del Concepto, Parametros Definitorios E Implementacion Práctica. Invest. Agr. Sist. Recur. For., 7(1), 1–10.
- Bradford, K. J. (1986.) Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. HortScience (USA).
- Burr, K.E. (1990.) The target see dling concept: Bud dormancy and coldhardiness. En: R. Rose, S, J.
- Cabello, A. y Camelio, M. E. (1996.) Germinación de semillas de Maitén (*Maytenus boaria*) y producción de plantas en

vivero. Universidad de Chile. Revista Ciencias Forestales 11 (1-2): 3-17.

Cerco, E., & Macizo, E. (2009.) Propagación y establecimiento de especies forestales. Guía Técnica, II, 38–58.

Domínguez L., Carrasco, N., Herrero, L. Ocaña, J.L. Nicolás y J.L. Peñuelas. (2000). Las características de los contenedores influyen en la supervivencia y crecimiento en campo de las plantas de *Pinus pinea* en campo. En 1er Simposio del pino piñonero (*Pinus pinea*), Vol .I. Páginas203-209, Valladolid.

Domínguez Lerena, S. N. Herrero Sierra, I. Carrasco Manzano, L. Ocaña Bueno y J. L. Peñuelas Rubira. (1997.) Ensayo de diferentes tipos de contenedores para *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *P.pinaster* y *P.pinea*: resultados de vivero. En II Congreso Forestal Español, Vol. 3, Páginas.

Domínguez Lerena, S. P. Villar Salvador, L. Fuertes y J.L. Peñuelas. (2001.) ¿Puede la profundidad de plantación afectar la calidad fisiológica y el desarrollo en campo de los brinzales de *Pinus halepensis*? Actas del III Congreso Forestal Español, Mesa 3: 49-54.

Dunsworth G. B. (1997.) Plant quality assessment: an industrial perspective. *New Forests* 439.

Duryea, M.L. (1985.) Evaluating seedling quality: importance to reforestation. En: M.L. Duryea, editor. *Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests*. Páginas 1-4. Oregon State University, Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis.

Fernández, M., L. GilyJ.A. Pardos. (1999.) Response of *Pinus pinaster* Ait. Provenances at early age to water supply. I. Water relation parameters. *Annals of Forest Science* 179-187.

Ferraris, G. N., Couretot, L. A., Prats, F., & Targhetta, H. (2008). Efecto de la fertilización con nitrógeno, azufre y boro sobre la producción de materia seca y el rendimiento de grano con destino a semilla en Raigrás anual. Resultados de experiencias. *Trigo. Campaña* (2008.)

Figuroa, J. y Jaksic, F. (2004.) Latencia y banco de semillas en plantas de la región mediterránea de Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural* 77:201-215.

Flores-Pacheco, J.A., Godoy, S., Rostrán, J., Bárcenas, M. (2015). Efecto de la poda de guías y dos tipos de fertilización en la producción de Melón (*Cucumis melo*). Revista Universitas, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, Nicaragua. ISSN 2311 -6072. Volumen 6 Num. 1 (2015). 186-198 pp.

García del Barrio, J.M., S. Iglesias Sauce, R. Alía Miranda. (2001.) Regiones de identificación y utilización de material forestal de reproducción. Edita Organismo autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente.

García, J. (1991.) Manual de Repoblaciones Forestales. Tomo I. Esc. Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Fund. Conde del Valle de Salazar. Madrid-España. 794 pp.

Garrido, F. (1981.) Los sistemas silviculturales aplicables a los bosques nativos chilenos. Doc. de Trabajo N° 39. CONAF/PNUD/FAO. FO: DP/ CHI/76/003. Santiago-Chile. 113 pp.

Gobierno de la Republica de Nicaragua. (2005.) – Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censo/INEC. III Censo

Nacional Agropecuario – CENAGRO Región Autónoma del Atlántico Sur. Pp. 256.

Gravetter, F.J., & Wallnau, L.J. (2009). Statistics for the Behavioral Sciences, (8th Ed.). Belmont, CA: Wadsworth Cengage Learning.

Greene, S. (1978.)Root deformations reduce root growth and stability. En: Van Eerden, E. y J.M. Kinghorn. Proceedings of the Root form of Planted Trees Symposium. pp: 150-155. British Columbia Ministry of Forests, Can. For. Serv.

Hartmann, H. y Kester, D. (1977.) Propagación de plantas. Principios y Prácticas. Continental. México. 810 pp.

Hartmann, H. y Kester, D. (1988.) Propagación de Plantas. México D.F. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. 760 pp.

Harvey, A. E. D. S. Page-Dumrose, M. F. Jurgensen, R. T. Graham y J.R. Tonn. (1996.) Site preparation alters biomass, root and ectomy corrhizal development of out planted western white pine and Douglas-fir. New Forests 270.

Instituto Nacional Forestal (INAFOR). (2004.) Definiciones generales para el manejo de un bosque de trópico Húmedo. Mangua, 62 p.

Instituto Nacional Forestal (INAFOR). Centro de Mejoramiento genético y Banco de Semillas Forestales. (2012.) Manual de la cadena productiva de semillas en el CMG y BSF. Managua, 32 p.

Instituto Nacional Forestal (INAFOR). Resultados del Inventario Nacional Forestal: Nicaragua 2007-2008/INAFOR, Managua, 232 p.

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). Dirección de Política Administrativa. Consultado el 15/05/2014 a las 7:28 pm. <http://www.ineter.gob.ni>

Ismail, H. I., Chan, K. W., Mariod, A. A., & Ismail, M. (2010.) Phenolic content and antioxidant activity of cantaloupe (*Cucumis melo*) methanolic extracts. *Food Chemistry*, 119(2), 643-647.

Lindström, A.y G. Rune. (1999.) Root deformation in plantations of container-grown Scots pine trees: effects on root growth, tree stability and stem straightness. *Plant and Soil* 217: 31-39.

Miranda, R. S y Martin. (2006.) Las regiones de procedencia de *Pinus pinaster* Aiton, Organismo Autónomo.

Monje Delgado, P. A. (2015). Eliminación de latencia en semilla de zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) Variedad común.

Montejo, L., Sánchez, J. A., & Muñoz, B. (2005). Tratamientos pregerminativos de escarificación ácida y de hidratación parcial en la germinación y el vigor de *Talipariti elatum*. Pastos y Forrajes, 28(2).

Navarro Cerrillo, R.M. y A. Martínez Suárez. (1997.) Las marras producidas por ausencia de cuidados culturales. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 4: 43-57.

Nicaragua. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2006.)Población y municipios. Vol. IV. Managua, Nicaragua.

Örlander, G., G. Egnell y A. Albrektson. (1996.) Long-term effects of site preparation on growth in Scots pine. Forest Ecology and Management 86: 27-37.

- Palacios, G. y Navarro, M. R. (2000.) Caracterización de la calidad de planta en vivero de siete procedencias de pino piñonero (*Pinus pinea* L).
- Patiño, F.; de la Garza, P.; Villagomez, Y.; Talavera, I. y Camacho, F. (1983.) Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. México D.F. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Subsecretaría Forestal. Boletín Divulgativo N° 63. 181 pp.
- Poulsen, K. M y Stubsgaard, F. (1995.) Tres métodos de escarificación mecánica de semillas de testa dura. En: Secado, procesamiento y almacenamiento de semillas forestales. Jara, L. F. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE. Costa Rica. 139 pp.
- Real, H. (2008.) Conferencia “La empresa de Agronegocios y la comercialización”. Curso de Agronegocios. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua – León (UNAN-León).
- Reyes-Reyes, J., Aldrete, A., Cetina-Alcalá, V. M., & López-Upton, J. (2005.) Producción de plántulas de *Pinus pseudostrobus* var. *Alpuncensis* en sustratos a base de aserrín. Revista Chapingo Serie ciencias forestales y del ambiente, 11 (2), 105-110.

Ritchie, G.A. (2007.) Root growth potential: principles, procedures and predictive ability. En: M.L., Duryea. Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests, Páginas 93-104. Oregon State University, Corvallis.

Rodríguez del Ángel, J.M.; Métodos de investigación pecuaria- México: Trillas, UAAAM, (1991.)

Roldán, A., I. Querejeta, J. Albadalejo y V. Castillo. (1996.)Survival and growth of *Pinus halepensis* Miller seedlings in a semi-arid environment after forest soil transfer, terracing and organic amendments. *Annales des Sciences Forestières* 53: 1099-1112.

Román, J., & A Y, A. B. MP (2001.) Crecimiento de plántulas de *Pinus greggii* Engelm. en respuesta a la fertilización. *Ciencia Forestal en México*, 26(89), 19-43.

Sánchez, D., Arends, E., Villareal, a, & Cegarra, a. (2005). Fenología y caracterización de semillas y plántulas de *Pourouma Cecropiifolia* Mart. *Ecotropicos*, 18(2), 96–102.

Sánchez, J. A., Reino, J., Muñoz, B., Montejo, L., González, Y., & Machado, R. (2005). Efecto de los tratamientos de hidratación-deshidratación en la germinación, la

emergencia y el vigor de plántulas de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. *Pastos y Forrajes*, 28(3).

Willan, R. L. (1991.) *Guía de Manipulación de Semillas Forestales con especial referencia a los Trópicos*. Centro de Semillas Forestales de DANIDA. Estudio FAO MONTES 20/2. 510 pp.

X. ANEXOS

10.1. Glosario

Abreviatura	Significado
%	Porcentaje
<	Símbolo " <i>Menor que</i> "
>	Símbolo " <i>Mayor que</i> "
°C	Grados Celsius
ARENA	Área de Recursos Naturales
Br.	Bachiller en ciencias y letras
cm	Centímetros
DCA	Diseño Completo al Azar
DDS	Días Después de la Siembra
et al	Procede de la expresión latina " <i>et alii</i> ", que significa 'y otros'
F	F tabular de Fisher
GA3	Ácido giberélico
gl	Grados Libertad
H ₀	Hipótesis Nula
H _A	Hipótesis Alternativa
ICD	Índice de calidad de Dickson
IFAPA	Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica
INAFOR	Instituto Nacional Forestal
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
m	Metros
M.A.S.	Muestreo Aleatorio Simple
MGF&BS	Centro de Mejoramiento Genético Forestal y Banco de Semillas
MSc.	Maestro en ciencias del latín " <i>Master of Science</i> "
PhD.	Doctor en Filosofía por sus siglas en inglés " <i>Philosophe Doctor</i> "
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
RACCS	Región Autónoma Costa Caribe Sur
Sig.	Significación Estadística
URACCAN	Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe de Nicaragua

10.2. Análisis estadístico para variables fenológicas.

Prueba de homogeneidad de varianzas

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Altura de la planta (cm)	4.582	4	1420	.001
Diámetro del tallo (mm)	2.272	4	1305	.060
Número de ramas por planta	1.158	4	1099	.328
Fuste de la planta	. ^a	3		
Índice de germinación (%)		4		
Porcentaje (%) de emergencia	66.245	4	1395	.000

a. Los grupos con un único caso se ignorarán al calcular la prueba de homogeneidad de la varianza para Fuste de la planta.

ANOVA de un factor

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Altura de la planta (cm)	Inter-grupos	6000.258	4	1500.065	18.744	.000
	Intra-grupos	113640.075	1420	80.028		
	Total	119640.334	1424			
Diámetro del tallo (mm)	Inter-grupos	4.943	4	1.236	.796	.528
	Intra-grupos	2025.811	1305	1.552		

	Total	2030.755	1309			
Número de ramas por planta	Inter-grupos	167.238	4	41.809	18.778	.000
	Intra-grupos	2446.935	1099	2.227		
	Total	2614.173	1103			
Fuste de la planta	Inter-grupos	0.000	4	0.000		
	Intra-grupos	0.000	39	0.000		
	Total	0.000	43			
Índice de germinación (%)	Inter-grupos	8560.000	4	2140.000		
	Intra-grupos	0.000	245	0.000		
	Total	8560.000	249			
Porcentaje (%) de emergencia	Inter-grupos	38098.095	4	9524.524	69.537	.000
	Intra-grupos	191073.333	1395	136.970		
	Total	229171.429	1399			

Pruebas robustas de igualdad de las medias ^{b,c}

		Estadistic			Sig.
		o ^a	gl1	gl2	
Altura de la planta (cm)	Welch	18.117	4	708.366	.000
	Brown-Forsythe	18.787	4	1385.95	.000
				3	
Diámetro del tallo (mm)	Welch	.815	4	650.344	.516
	Brown-Forsythe	.799	4	1293.50	.526
				1	
Número de ramas por planta	Welch	16.892	4	549.113	.000
	Brown-Forsythe	18.809	4	1094.13	.000
				4	
Fuste de la planta	Welch

		Brown-Forsythe			
Índice de germinación		Welch			
(%)		Brown-Forsythe			
Porcentaje (%) de	Welch	74.346	4	666.716	.000
emergencia	Brown-Forsythe	69.263	4	845.230	.000

a. Distribuidos en F asintóticamente.

b. No se pueden realizar las pruebas robustas de la igualdad de medias para Fuste de la planta porque al menos un grupo tiene una suma de ponderaciones de los casos menor o igual que 1.

c. No se pueden realizar las pruebas robustas de la igualdad de medias para Índice de germinación (%) porque al menos un grupo tiene varianza 0.

Comparaciones múltiples

Variable dependiente	HSD de Tukey	Agua Oxigenada	Escarificación n + Hidratación	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 5%			
							Límite inferior	Límite superior		
Altura de la planta (cm)				-1.38414 [*]	.75223	.351	-1.9319	-.8364		
				Hidratación	-3.48796 [*]	.75104	.000	-4.0348	-2.9411	
				Mecánico	-6.14192 [*]	.76370	.000	-6.6980	-5.5859	
				Testigo	-2.39019 [*]	.76303	.015	-2.9458	-1.8346	
	Escarificación n + Hidratación				1.38414 [*]	.75223	.351	.8364	1.9319	
					Hidratación	-2.10382 [*]	.73288	.034	-2.6374	-1.5702
					Mecánico	-4.75778 [*]	.74585	.000	-5.3008	-4.2147
					Testigo	-1.00604 [*]	.74516	.660	-1.5486	-.4635
	Hidratación				3.48796 [*]	.75104	.000	2.9411	4.0348	
					Escarificación n + Hidratación	2.10382 [*]	.73288	.034	1.5702	2.6374
					Mecánico	-2.65396 [*]	.74464	.003	-3.1961	-2.1118
					Testigo	1.09778 [*]	.74395	.579	.5561	1.6395

Mecánico	Agua Oxigenada	6.14192'	.76370	.000	5.5859	6.6980	
	Escarificación n + Hidratación	4.75778'	.74585	.000	4.2147	5.3008	
	Hidratación	2.65396'	.74464	.003	2.1118	3.1961	
	Testigo	3.75174'	.75674	.000	3.2007	4.3027	
Testigo	Agua Oxigenada	2.39019'	.76303	.015	1.8346	2.9458	
	Escarificación n + Hidratación	1.00604'	.74516	.660	.4635	1.5486	
	Hidratación	-1.09778'	.74395	.579	-1.6395	-.5561	
	Mecánico	-3.75174'	.75674	.000	-4.3027	-3.2007	
Scheffé	Agua Oxigenada	Escarificación n + Hidratación	-1.38414'	.75223	.496	-2.0182	-.7501
	Hidratación	-3.48796'	.75104	.000	-4.1210	-2.8549	
	Mecánico	-6.14192'	.76370	.000	-6.7856	-5.4982	
	Testigo	-2.39019'	.76303	.044	-3.0333	-1.7471	
Escarificación n + Hidratación	Agua Oxigenada	1.38414'	.75223	.496	.7501	2.0182	
	Hidratación	-2.10382'	.73288	.084	-2.7215	-1.4861	
	Mecánico	-4.75778'	.74585	.000	-5.3864	-4.1291	
	Testigo	-1.00604'	.74516	.768	-1.6341	-.3780	
Hidratación	Agua Oxigenada	3.48796'	.75104	.000	2.8549	4.1210	
	Escarificación n + Hidratación	2.10382'	.73288	.084	1.4861	2.7215	
	Mecánico	-2.65396'	.74464	.013	-3.2816	-2.0263	
	Testigo	1.09778'	.74395	.703	.4707	1.7248	
Mecánico	Agua Oxigenada	6.14192'	.76370	.000	5.4982	6.7856	
	Escarificación n + Hidratación	4.75778'	.74585	.000	4.1291	5.3864	
	Hidratación	2.65396'	.74464	.013	2.0263	3.2816	
	Testigo	3.75174'	.75674	.000	3.1139	4.3896	
Testigo	Agua Oxigenada	2.39019'	.76303	.044	1.7471	3.0333	

		Escarificaci n + Hidrataci3n	1.00604 ⁺	.74516	.768	.3780	1.6341
		Hidrataci3n	-1.09778 ⁺	.74395	.703	-1.7248	-4.707
		Mec3nico	-3.75174 ⁺	.75674	.000	-4.3896	-3.1139
DMS	Agua Oxigenada	Escarificaci3n + Hidrataci3n	-1.38414 ⁺	.75223	.066	-1.4313	-1.3370
		Hidrataci3n	-3.48796 ⁺	.75104	.000	-3.5351	-3.4409
		Mec3nico	-6.14192 ⁺	.76370	.000	-6.1898	-6.0940
		Testigo	-2.39019 ⁺	.76303	.002	-2.4380	-2.3423
	Escarificaci3n + Hidrataci3n	Agua Oxigenada	1.38414 ⁺	.75223	.066	1.3370	1.4313
		Hidrataci3n	-2.10382 ⁺	.73288	.004	-2.1498	-2.0579
		Mec3nico	-4.75778 ⁺	.74585	.000	-4.8046	-4.7110
		Testigo	-1.00604 ⁺	.74516	.177	-1.0528	-.9593
	Hidrataci3n	Agua Oxigenada	3.48796 ⁺	.75104	.000	3.4409	3.5351
		Escarificaci3n + Hidrataci3n	2.10382 ⁺	.73288	.004	2.0579	2.1498
		Mec3nico	-2.65396 ⁺	.74464	.000	-2.7007	-2.6073
		Testigo	1.09778 ⁺	.74395	.140	1.0511	1.1444
	Mec3nico	Agua Oxigenada	6.14192 ⁺	.76370	.000	6.0940	6.1898
		Escarificaci3n + Hidrataci3n	4.75778 ⁺	.74585	.000	4.7110	4.8046
		Hidrataci3n	2.65396 ⁺	.74464	.000	2.6073	2.7007
		Testigo	3.75174 ⁺	.75674	.000	3.7043	3.7992
	Testigo	Agua Oxigenada	2.39019 ⁺	.76303	.002	2.3423	2.4380
		Escarificaci3n + Hidrataci3n	1.00604 ⁺	.74516	.177	.9593	1.0528
		Hidrataci3n	-1.09778 ⁺	.74395	.140	-1.1444	-1.0511
		Mec3nico	-3.75174 ⁺	.75674	.000	-3.7992	-3.7043

Diámetro del tallo (mm)	HSD de Tukey	Agua Oxigenada	Escarificación n + Hidratación	.08446*	.11008	.940	.0043	.1646
			Hidratación	.14132*	.10828	.688	.0625	.2202
			Mecánico	.10495*	.10998	.875	.0249	.1850
			Testigo	.18853*	.11200	.445	.1070	.2701
		Escarificación n + Hidratación	Agua Oxigenada	-.08446*	.11008	.940	-.1646	-.0043
			Hidratación	.05685	.10641	.984	-.0206	.1343
			Mecánico	.02049	.10814	1.00	-.0582	.0992
			Testigo	.10406*	.11019	.879	.0238	.1843
	Hidratación	Agua Oxigenada	-.14132*	.10828	.688	-.2202	-.0625	
		Escarificación n + Hidratación	-.05685	.10641	.984	-.1343	.0206	
		Mecánico	-.03637	.10631	.997	-.1138	.0410	
		Testigo	.04721	.10840	.993	-.0317	.1261	
	Mecánico	Agua Oxigenada	-.10495*	.10998	.875	-.1850	-.0249	
		Escarificación n + Hidratación	-.02049	.10814	1.00	-.0992	.0582	
		Hidratación	.03637	.10631	.997	-.0410	.1138	
		Testigo	.08357*	.11009	.942	.0034	.1637	
Testigo	Agua Oxigenada	-.18853*	.11200	.445	-.2701	-.1070		
	Escarificación n + Hidratación	-.10406*	.11019	.879	-.1843	-.0238		
	Hidratación	-.04721	.10840	.993	-.1261	.0317		
	Mecánico	-.08357*	.11009	.942	-.1637	-.0034		
Scheffé	Agua Oxigenada	Escarificación n + Hidratación	.08446	.11008	.964	-.0083	.1772	
		Hidratación	.14132*	.10828	.790	.0501	.2326	
		Mecánico	.10495*	.10998	.923	.0123	.1976	
		Testigo	.18853*	.11200	.586	.0941	.2829	

	Escarificaci ^o n + Hidrataci ^o n	Agua Oxigenada	-0.08446	.11008	.964	-0.1772	.0083
		Hidrataci ^o n	.05685	.10641	.991	-0.0328	.1465
		Mec ^a nico	.02049	.10814	1.000	-0.0707	.1116
		Testigo	.10406*	.11019	.926	.0112	.1969
Hidrataci ^o n	Agua Oxigenada	Escarificaci ^o n + Hidrataci ^o n	-0.14132*	.10828	.790	-0.2326	-0.0501
		Mec ^a nico	-0.05685	.10641	.991	-0.1465	.0328
		Mec ^a nico	-0.03637	.10631	.998	-0.1260	.0532
		Testigo	.04721	.10840	.996	-0.0442	.1386
Mec ^a nico	Agua Oxigenada	Escarificaci ^o n + Hidrataci ^o n	-0.10495*	.10998	.923	-0.1976	-0.0123
		Escarificaci ^o n + Hidrataci ^o n	-0.02049	.10814	1.000	-0.1116	.0707
		Hidrataci ^o n	.03637	.10631	.998	-0.0532	.1260
		Testigo	.08357	.11009	.966	-0.0092	.1764
Testigo	Agua Oxigenada	Escarificaci ^o n + Hidrataci ^o n	-0.18853*	.11200	.586	-0.2829	-0.0941
		Escarificaci ^o n + Hidrataci ^o n	-0.10406*	.11019	.926	-0.1969	-0.0112
		Hidrataci ^o n	-0.04721	.10840	.996	-0.1386	.0442
		Mec ^a nico	-0.08357	.11009	.966	-0.1764	.0092
DMS	Agua Oxigenada	Escarificaci ^o n + Hidrataci ^o n	.08446*	.11008	.443	.0776	.0914
		Hidrataci ^o n	.14132*	.10828	.192	.1345	.1481
		Mec ^a nico	.10495*	.10998	.340	.0981	.1118
		Testigo	.18853*	.11200	.093	.1815	.1955
Escarificaci ^o n + Hidrataci ^o n	Agua Oxigenada	Escarificaci ^o n + Hidrataci ^o n	-0.08446*	.11008	.443	-0.0914	-0.0776
		Hidrataci ^o n	.05685*	.10641	.593	.0502	.0635
		Mec ^a nico	.02049*	.10814	.850	.0137	.0273
		Testigo	.10406*	.11019	.345	.0972	.1110
Hidrataci ^o n	Agua Oxigenada	-0.14132*	.10828	.192	-0.1481	-0.1345	

			Esscarificaci n + Hidrataci3n	-.05685*	.10641	.593	-.0635	-.0502
			Mec3nico	-.03637*	.10631	.732	-.0430	-.0297
			Testigo	.04721*	.10840	.663	.0404	.0540
		Mec3nico	Agua Oxigenada	-.10495*	.10998	.340	-.1118	-.0981
			Esscarificaci n + Hidrataci3n	-.02049*	.10814	.850	-.0273	-.0137
			Hidrataci3n	.03637*	.10631	.732	.0297	.0430
			Testigo	.08357*	.11009	.448	.0767	.0905
		Testigo	Agua Oxigenada	-.18853*	.11200	.093	-.1955	-.1815
			Esscarificaci n + Hidrataci3n	-.10406*	.11019	.345	-.1110	-.0972
			Hidrataci3n	-.04721*	.10840	.663	-.0540	-.0404
			Mec3nico	-.08357*	.11009	.448	-.0905	-.0767
N3mero de ramas por planta	HSD de Tukey	Agua Oxigenada	Esscarificaci n + Hidrataci3n	.11804*	.14136	.920	.0151	.2210
			Hidrataci3n	.06189	.14260	.993	-.0419	.1657
			Mec3nico	-.90509*	.14197	.000	-1.0085	-.8017
			Testigo	.04200	.14409	.998	-.0629	.1469
		Esscarificaci n + Hidrataci3n	Agua oxigenada	-.11804*	.14136	.920	-.2210	-.0151
			Hidrataci3n	-.05616	.14070	.995	-.1586	.0463
			Mec3nico	-1.02313*	.14007	.000	-1.1251	-.9212
			Testigo	-.07605	.14222	.984	-.1796	.0275
		Hidrataci3n	Agua Oxigenada	-.06189	.14260	.993	-.1657	.0419
			Esscarificaci n + Hidrataci3n	.05616	.14070	.995	-.0463	.1586
			Mec3nico	-.96698*	.14132	.000	-1.0699	-.8641
			Testigo	-.01989	.14345	1.00 0	-.1243	.0845
		Mec3nico	Agua Oxigenada	.90509*	.14197	.000	.8017	1.0085

		Escarificaci n + Hidrataci3n	1.02313 [*]	.14007	.000	.9212	1.1251
		Hidrataci3n	.96698 [*]	.14132	.000	.8641	1.0699
		Testigo	.94709 [*]	.14282	.000	.8431	1.0511
	Testigo	Agua Oxigenada	-.04200	.14409	.998	-.1469	.0629
		Escarificaci3n + Hidrataci3n	.07605	.14222	.984	-.0275	.1796
		Hidrataci3n	.01989	.14345	1.00 0	-.0845	.1243
		Mec3nico	-.94709 [*]	.14282	.000	-1.0511	-.8431
Scheff3	Agua Oxigenada	Escarificaci3n + Hidrataci3n	.11804	.14136	.952	-.0011	.2372
		Hidrataci3n	.06189	.14260	.996	-.0583	.1821
		Mec3nico	-.90509 [*]	.14197	.000	-1.0247	-.7854
		Testigo	.04200	.14409	.999	-.0794	.1634
	Escarificaci3n + Hidrataci3n	Agua Oxigenada	-.11804	.14136	.952	-.2372	.0011
		Hidrataci3n	-.05616	.14070	.997	-.1747	.0624
		Mec3nico	-1.02313 [*]	.14007	.000	-1.1412	-.9051
		Testigo	-.07605	.14222	.991	-.1959	.0438
	Hidrataci3n	Agua Oxigenada	-.06189	.14260	.996	-.1821	.0583
		Escarificaci3n + Hidrataci3n	.05616	.14070	.997	-.0624	.1747
		Mec3nico	-.96698 [*]	.14132	.000	-1.0861	-.8479
		Testigo	-.01989	.14345	1.00 0	-.1408	.1010
	Mec3nico	Agua Oxigenada	.90509 [*]	.14197	.000	.7854	1.0247
		Escarificaci3n + Hidrataci3n	1.02313 [*]	.14007	.000	.9051	1.1412
		Hidrataci3n	.96698 [*]	.14132	.000	.8479	1.0861
		Testigo	.94709 [*]	.14282	.000	.8267	1.0675
	Testigo	Agua Oxigenada	-.04200	.14409	.999	-.1634	.0794

		Escarificaci n + Hidrataci n	.07605	.14222	.991	-.0438	.1959
		Hidrataci n	.01989	.14345	1.00 0	-.1010	.1408
		Mecánico	-.94709*	.14282	.000	-1.0675	-.8267
DMS	Agua Oxigenada	Escarificaci n + Hidrataci n	.11804*	.14136	.404	.1092	.1269
		Hidrataci n	.06189*	.14260	.664	.0529	.0708
		Mecánico	-.90509*	.14197	.000	-.9140	-.8962
		Testigo	.04200*	.14409	.771	.0330	.0510
	Escarificaci n + Hidrataci n	Agua Oxigenada	-.11804*	.14136	.404	-.1269	-.1092
		Hidrataci n	-.05616*	.14070	.690	-.0650	-.0473
		Mecánico	-1.02313*	.14007	.000	-1.0319	-1.0143
		Testigo	-.07605*	.14222	.593	-.0850	-.0671
	Hidrataci n	Agua Oxigenada	-.06189*	.14260	.664	-.0708	-.0529
		Escarificaci n + Hidrataci n	.05616*	.14070	.690	.0473	.0650
		Mecánico	-.96698*	.14132	.000	-.9758	-.9581
		Testigo	-.01989*	.14345	.890	-.0289	-.0109
	Mecánico	Agua Oxigenada	.90509*	.14197	.000	.8962	.9140
		Escarificaci n + Hidrataci n	1.02313*	.14007	.000	1.0143	1.0319
		Hidrataci n	.96698*	.14132	.000	.9581	.9758
		Testigo	.94709*	.14282	.000	.9381	.9560
	Testigo	Agua Oxigenada	-.04200*	.14409	.771	-.0510	-.0330
		Escarificaci n + Hidrataci n	.07605*	.14222	.593	.0671	.0850
		Hidrataci n	.01989*	.14345	.890	.0109	.0289
		Mecánico	-.94709*	.14282	.000	-.9560	-.9381

Porcentaje (%) de emergencia	HSD de Tukey	Agua Oxigenada	Escarificación n + Hidratación	-7.66667 [*]	.95558	.000	-8.3624	-6.9709
			Hidratación	-7.00000 [*]	.95558	.000	-7.6958	-6.3042
			Mecánico	1.13333 [*]	1.0022 ₂	.790	.4036	1.8631
			Testigo	6.33333 [*]	1.0022 ₂	.000	5.6036	7.0631
		Escarificación n + Hidratación	Agua Oxigenada	7.66667 [*]	.95558	.000	6.9709	8.3624
			Hidratación	.66667	.95558	.957	-.0291	1.3624
			Mecánico	8.80000 [*]	1.0022 ₂	.000	8.0703	9.5297
			Testigo	14.00000 [*]	1.0022 ₂	.000	13.2703	14.7297
		Hidratación	Agua Oxigenada	7.00000 [*]	.95558	.000	6.3042	7.6958
			Escarificación n + Hidratación	-.66667	.95558	.957	-1.3624	.0291
			Mecánico	8.13333 [*]	1.0022 ₂	.000	7.4036	8.8631
			Testigo	13.33333 [*]	1.0022 ₂	.000	12.6036	14.0631
		Mecánico	Agua Oxigenada	-1.13333 [*]	1.0022 ₂	.790	-1.8631	-.4036
			Escarificación n + Hidratación	-8.80000 [*]	1.0022 ₂	.000	-9.5297	-8.0703
			Hidratación	-8.13333 [*]	1.0022 ₂	.000	-8.8631	-7.4036
			Testigo	5.20000 [*]	1.0467 ₉	.000	4.4378	5.9622
		Testigo	Agua Oxigenada	-6.33333 [*]	1.0022 ₂	.000	-7.0631	-5.6036
			Escarificación n + Hidratación	-	1.0022 ₂	.000	-	-
			Hidratación	-	1.0022 ₂	.000	-	-
			Mecánico	-5.20000 [*]	1.0467 ₉	.000	-5.9622	-4.4378
	Scheffé	Agua Oxigenada	Escarificación n + Hidratación	-7.66667 [*]	.95558	.000	-8.4721	-6.8613

		Hidratación	-7.00000 ⁰	.95558	.000	-7.8054	-6.1946		
		Mecánico	1.13333 ³	1.0022 2	.865	.2886	1.9781		
		Testigo	6.33333 ³	1.0022 2	.000	5.4886	7.1781		
Escarificació n + Hidratación		Agua Oxygenada	7.66667 ⁷	.95558	.000	6.8613	8.4721		
		Hidratación	.66667	.95558	.975	-.1387	1.4721		
		Mecánico	8.80000 ⁰	1.0022 2	.000	7.9553	9.6447		
		Testigo	14.00000 ⁰	1.0022 2	.000	13.1553	14.8447		
Hidratación		Agua oxigenada	7.00000 ⁰	.95558	.000	6.1946	7.8054		
		Escarificació n + Hidratación	-.66667	.95558	.975	-1.4721	.1387		
		Mecánico	8.13333 ³	1.0022 2	.000	7.2886	8.9781		
		Testigo	13.33333 ³	1.0022 2	.000	12.4886	14.1781		
Mecánico		Agua oxigenada	-1.13333 ³	1.0022 2	.865	-1.9781	-.2886		
		Escarificació n + Hidratación	-8.80000 ⁰	1.0022 2	.000	-9.6447	-7.9553		
		Hidratación	-8.13333 ³	1.0022 2	.000	-8.9781	-7.2886		
		Testigo	5.20000 ⁰	1.0467 9	.000	4.3177	6.0823		
Testigo		Agua oxigenada	-6.33333 ³	1.0022 2	.000	-7.1781	-5.4886		
		Escarificació n + Hidratación	-	14.00000 ⁰	1.0022 2	.000	-	14.8447	13.1553
		Hidratación	-	13.33333 ³	1.0022 2	.000	-	14.1781	12.4886
		Mecánico	-5.20000 ⁰	1.0467 9	.000	-6.0823	-4.3177		
DMS	Agua oxigenada	Escarificació n + Hidratación	-7.66667 ⁷	.95558	.000	-7.7266	-7.6067		
		Hidratación	-7.00000 ⁰	.95558	.000	-7.0599	-6.9401		
		Mecánico	1.13333 ³	1.0022 2	.258	1.0705	1.1962		

	Testigo	6.33333 [*]	1.0022 2	.000	6.2705	6.3962	
Escarificaci ^o n + Hidrataci ^o n	Agua oxigenada	7.66667 [*]	.95558	.000	7.6067	7.7266	
	Hidrataci ^o n	.66667 [*]	.95558	.486	.6067	.7266	
	Mec ^a nico	8.80000 [*]	1.0022 2	.000	8.7371	8.8629	
	Testigo	14.00000 [*]	1.0022 2	.000	13.9371	14.0629	
Hidrataci ^o n	Agua oxigenada	7.00000 [*]	.95558	.000	6.9401	7.0599	
	Escarificaci ^o n + Hidrataci ^o n	-.66667 [*]	.95558	.486	-.7266	-.6067	
	Mec ^a nico	8.13333 [*]	1.0022 2	.000	8.0705	8.1962	
	Testigo	13.33333 [*]	1.0022 2	.000	13.2705	13.3962	
Mec ^a nico	Agua oxigenada	-1.13333 [*]	1.0022 2	.258	-1.1962	-1.0705	
	Escarificaci ^o n + Hidrataci ^o n	-8.80000 [*]	1.0022 2	.000	-8.8629	-8.7371	
	Hidrataci ^o n	-8.13333 [*]	1.0022 2	.000	-8.1962	-8.0705	
	Testigo	5.20000 [*]	1.0467 9	.000	5.1343	5.2657	
Testigo	Agua oxigenada	-6.33333 [*]	1.0022 2	.000	-6.3962	-6.2705	
	Escarificaci ^o n + Hidrataci ^o n	-	14.00000 [*]	1.0022 2	.000	-	-
	Hidrataci ^o n	-	13.33333 [*]	1.0022 2	.000	-	-
	Mec ^a nico	-5.20000 [*]	1.0467 9	.000	-5.2657	-5.1343	

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.95.

10.3. An^alisis estadⁱstico para variables de biomasa.

Prueba de homogeneidad de varianzas

Indice de Calidad de las Plantas

Estad ⁱ stico de Levene	gl1	gl2	Sig.
------------------------------------	-----	-----	------

.104 4 20 .047

ANOVA de un factor

Índice de Calidad de las Plantas

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	.008	4	.002	.130	.000
Intra-grupos	.316	20	.016		
Total	.324	24			

Pruebas robustas de igualdad de las medias

Índice de Calidad de las Plantas

	Estadístico ^a	gl1	gl2	Sig.
Welch	.134	4	9.951	.006
Brown-Forsythe	.130	4	19.165	.000

a. Distribuidos en F asintóticamente.

Índice de Calidad de las Plantas

		Subconjunto para alfa = 0.95	
	Tratamiento Evaluado	N	1
HSD de Tukey ^a	Hidratación	5	.212000
	Escarificación + Hidratación	5	.231000
	Testigo	5	.249000
	Mecánico	5	.250600
	Agua Oxigenada	5	.264400
	Sig.		
Scheffé ^a	Hidratación	5	.212000
	Escarificación + Hidratación	5	.231000
	Testigo	5	.249000
	Mecánico	5	.250600

Testigo	Agua oxigenada		-.0154000	.0795040	1.000	-.072440	.041640
	Escarificación + Hidratación		.0180000	.0795040	.999	-.039040	.075040
	Hidratación		.0370000	.0795040	.990	-.020040	.094040
	Mecánico		-.0016000	.0795040	1.000	-.058640	.055440
Scheffé	Agua oxigenada	Escarificación + Hidratación	.0334000	.0795040	.996	-.032610	.099410
		Hidratación	.0524000	.0795040	.978	-.013610	.118410
		Mecánico	.0138000	.0795040	1.000	-.052210	.079810
		Testigo	.0154000	.0795040	1.000	-.050610	.081410
Escarificación + Hidratación	Agua oxigenada		-.0334000	.0795040	.996	-.099410	.032610
	Hidratación		.0190000	.0795040	1.000	-.047010	.085010
	Mecánico		-.0196000	.0795040	1.000	-.085610	.046410
	Testigo		-.0180000	.0795040	1.000	-.084010	.048010
Hidratación	Agua oxigenada		-.0524000	.0795040	.978	-.118410	.013610
	Escarificación + Hidratación		-.0190000	.0795040	1.000	-.085010	.047010
	Mecánico		-.0386000	.0795040	.993	-.104610	.027410
	Testigo		-.0370000	.0795040	.994	-.103010	.029010
Mecánico	Agua oxigenada		-.0138000	.0795040	1.000	-.079810	.052210
	Escarificación + Hidratación		.0196000	.0795040	1.000	-.046410	.085610
	Hidratación		.0386000	.0795040	.993	-.027410	.104610
	Testigo		.0016000	.0795040	1.000	-.064410	.067610
Testigo	Agua oxigenada		-.0154000	.0795040	1.000	-.081410	.050610
	Escarificación + Hidratación		.0180000	.0795040	1.000	-.048010	.084010
	Hidratación		.0370000	.0795040	.994	-.029010	.103010
	Mecánico		-.0016000	.0795040	1.000	-.067610	.064410

DMS	Agua oxigenada	Escarificación + Hidratación	.0334000*	.0795040	.679	.028352	.038448
		Hidratación	.0524000*	.0795040	.517	.047352	.057448
		Mecánico	.0138000*	.0795040	.864	.008752	.018848
		Testigo	.0154000*	.0795040	.848	.010352	.020448
	Escarificación + Hidratación	Agua oxigenada	-.0334000*	.0795040	.679	-.038448	-.028352
		Hidratación	.0190000*	.0795040	.814	.013952	.024048
		Mecánico	-.0196000*	.0795040	.808	-.024648	-.014552
		Testigo	-.0180000*	.0795040	.823	-.023048	-.012952
	Hidratación	Agua oxigenada	-.0524000*	.0795040	.517	-.057448	-.047352
		Escarificación + Hidratación	-.0190000*	.0795040	.814	-.024048	-.013952
		Mecánico	-.0386000*	.0795040	.633	-.043648	-.033552
		Testigo	-.0370000*	.0795040	.647	-.042048	-.031952
	Mecánico	Agua oxigenada	-.0138000*	.0795040	.864	-.018848	-.008752
		Escarificación + Hidratación	.0196000*	.0795040	.808	.014552	.024648
		Hidratación	.0386000*	.0795040	.633	.033552	.043648
		Testigo	.0016000	.0795040	.984	-.003448	.006648
Testigo	Agua oxigenada	-.0154000*	.0795040	.848	-.020448	-.010352	
	Escarificación + Hidratación	.0180000*	.0795040	.823	.012952	.023048	
	Hidratación	.0370000*	.0795040	.647	.031952	.042048	
	Mecánico	-.0016000	.0795040	.984	-.006648	.003448	

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.95.

Código	Tratamientos	Plántulas por tratamiento
T ₃	Hidratación (Sumersión en agua por 24 horas).	50



Código	Tratamientos	Plántulas por tratamiento
T ₃	Testigo (siembra directa).	50



