

Evaluación de diferentes sustratos con la acción de distintos tratamientos pregerminativos en la germinación del guayacán amarillo (*Handroanthus chrysanthus*) que se desarrolló en San Andrés

Santander

Angela Johana Orduz Manrique y John Fredy Caicedo Ortiz

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Forestal

Director

Julián Mauricio Botero Londoño

PhD. en Ciencias Agrarias

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia

Programa de Ingeniería Forestal

Bucaramanga

2021

Dedicatoria

A Dios, cual fue el creador de todas las cosas, quien nos dio la fortaleza, sabiduría y paciencia para trabajar cada día con más fuerza y nos permitió con éxito culminar nuestro proyecto. A nuestros padres por darnos la vida. a cada una de nuestros hermanos por sus consejos y apoyo incondicional en este capítulo de nuestras vidas. A cada uno de nuestros compañeros de estudio, maestros, amigos y familiares, quienes sin su compañía todo hubiese sido más difícil.

De igual manera a mi hogar, quienes fueron un apoyo incondicional, fueron muy comprensivos, cariñosos y de la mano de ellos hemos salido adelante.

Agradecimientos

Primeramente, agradecemos a la Universidad Industrial de Santander Sede Málaga, por brindarnos la oportunidad de crecer académicamente y a cada uno de sus profesionales por enriquecer nuestros conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día. A su personal directivo y administrativo, quienes acompañaron nuestra formación.

Al Dr. Julián Mauricio Botero por su dirección en la ejecución del proyecto, por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimientos científicos, de igual manera haber sido paciente para guiarnos y corregirnos durante el desarrollo de la tesis.

Agradecer a todos los que fueron mis compañeros de clase durante todos los niveles de universidad, por su apoyo y compañerismo que nos motivó cada día a culminar nuestros estudios superiores.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	11
1 Objetivos	12
1.1 Objetivo General	12
1.2 Objetivos Específicos.....	12
2 Marco Referencial.....	13
2.1 Marco Teórico.....	13
2.2 Marco Histórico	15
2.3 Marco Conceptual.....	16
2.4 Marco Jurídico	17
3 Metodología.....	19
3.1 Ubicación	19
3.2 Diseño experimental	19
3.3 Diseño de germinadores.....	19
3.4 División de germinadores	20
3.5 Diseño de tratamientos pregerminativos (T).....	20
3.5.1 Primer tratamiento pregerminativo (T1).....	20
3.5.2 Segundo tratamiento pregerminativo (T2).....	20
3.5.3 Tercer tratamiento pregerminativo (T3).	21
3.5.4 Cuarto tratamiento pregerminativo (T4).....	21
3.5.5 Quinto tratamiento pregerminativo (T5).....	21
3.6 Diseño de sustratos (S).....	21
3.6.1 Primer sustrato (S1).	21
3.6.2 Segundo sustrato (S2).	22
3.6.3 Tercer sustrato (S3).....	22
3.7 Diseño de tratamientos globales	22
3.8 Desinfección de los sustratos sólidos en los germinadores	23
3.9 Siembra de las semillas bajo la acción de los tratamientos pregerminativos	23

3.10 Riego de los germinadores.....	23
3.11 Medición de variables.....	23
3.11.1 Tiempo de eclosión.....	24
3.11.2 Porcentaje de germinación.....	24
3.11.3 Costo de producción.....	24
3.12 Recolección y tabulación de datos.....	24
3.13 Análisis estadístico.....	25
4 Resultados.....	26
4.1 Tiempo de eclosión.....	26
4.1.1 Tiempo de eclosión de los tratamientos pregerminativos en el primer sustrato.....	26
4.1.2 Tiempo de eclosión de los tratamientos pregerminativos en el segundo sustrato.....	27
4.1.3 Tiempo de eclosión de los tratamientos pregerminativos en el tercer sustrato.....	28
4.2 Porcentaje de germinación.....	29
4.2.1 Porcentaje de germinación de los tratamientos pregerminativos en el primer sustrato.....	30
4.2.2 Porcentaje de germinación de los tratamientos pregerminativos en el segundo sustrato. ...	31
4.2.3 Porcentaje de germinación de los tratamientos pregerminativos en el tercer sustrato.....	32
4.3 Costo de producción.....	33
5 Discusión.....	36
6 Conclusiones.....	37
7 Recomendaciones.....	38
Referencias bibliográficas.....	39
Apéndices.....	41

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Porcentaje de germinación de los tratamientos pregerminativos en el primer sustrato..	31
Tabla 2. Porcentaje de germinación de los tratamientos pregerminativos en el segundo sustrato.	32
Tabla 3. Porcentaje de germinación de los tratamientos pregerminativos en el tercer sustrato. ..	33
Tabla 4. Materiales.....	33
Tabla 5. Tratamientos pregerminativos.	34
Tabla 6. Sustratos.....	34
Tabla 7. Costo de las combinaciones entre tratamientos pregerminativos y sustratos por semilla.	34
Tabla 8. Insumos y Mano de obra.....	35
Tabla 9. Costo general para germinar una semilla en cada combinación de sustratos y tratamientos.....	35

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 2. Primer sustrato vs todos los tratamientos pregerminativos.	27
Figura 3. Segundo sustrato vs todos los tratamientos pregerminativos.	28
Figura 4. Tercer sustrato vs todos los tratamientos pregerminativos.....	29
Figura 5. Porcentaje de germinación de los sustratos con cada tratamiento pregerminativo.	30

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Preparación de sustratos.	41
Apéndice B. Conteo de germinaciones.	41
Apéndice C. Riego de plántulas.	42
Apéndice D. Semillas para germinación.	42

RESUMEN

Título: Evaluación de diferentes sustratos con la acción de distintos tratamientos pregerminativos en la germinación del guayacán amarillo (*Handroanthus chrysanthus*) que se desarrolló en San Andrés Santander*.

Autores: Angela Johana Orduz Manrique
John Fredy Caicedo Ortiz**.

Palabras clave: Viabilidad en germinación, Sustratos, Tratamientos, Condiciones.

DESCRIPCIÓN:

El medio ambiente su conservación, protección y uso sostenible va ligado de la producción de plántulas de cualquier especie constantemente, en la mayoría de las especies se realiza por la germinación de semillas y es en donde investigaciones como esta se posicionan en gran medida, ya que la dificultad de algunas especies por regenerarse naturalmente, permite que su investigación sea apreciada por múltiples entidades públicas y privadas, además de que las mismas buscan incansablemente nuevos métodos que les permitan disminuir los costos aumentando el porcentaje de germinación. Con la presente investigación se determinó la mejor combinación de tratamiento pregerminativo y sustrato para la germinación de semillas de guayacán amarillo (*Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose), al colocar a prueba cinco tratamientos pregerminativos y tres sustratos, en donde se utilizaron controles para el análisis de resultados, realizando revisiones diarias de semillas germinadas por medio del conteo de las mismas, logrando afirmar así que el segundo tratamiento pregerminativo y el segundo sustrato presentaron los mejores resultados en el porcentaje de germinación de las semillas, con un costo que si bien no fue el más económico tampoco supero el costo de las demás combinaciones, llegando a ser un gran candidato para pruebas a nivel empresarial.

*Trabajo de Grado

**Instituto de proyección Regional y Educación a Distancia. Programa de Ingeniería Forestal. Director: BOTERO LONDOÑO, Julián Mauricio. PhD. en Ciencias Agrarias.

ABSTRACT

Title: Evaluation of different substrates with the action of different pregerminative treatments in the germination of yellow guayacán (*Handroanthus chrysanthus*) took place in San Andrés Santander*.

Authors: Angela Johana Orduz Manrique
John Fredy Caicedo Ortiz**.

Keywords: Viability in germination, Substrates, Treatments, Conditions.

Description:

The environment, its conservation, protection and sustainable use is linked to the production of seedlings of any species constantly, in most species it is carried out by the germination of seeds and it is where research like this is positioned to a great extent, since The difficulty of some species to regenerate naturally, allows their research to be appreciated by multiple public and private entities, in addition to the fact that they tirelessly seek new methods that will allow them to reduce costs and increase the percentage of germination. With the present investigation, the best combination of pregerminative treatment and substrate for the germination of yellow guayacán seeds (*Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) SOGrose) was determined, by testing five pregerminative treatments and three substrates, where controls were used for the analysis of results, performing daily checks of germinated seeds by means of their content, thus managing to affirm that the second pregerminative treatment and the second substrate presented the best results in the percentage of germination of the seeds, at a cost that although not it was the cheapest nor did it exceed the cost of the other combinations, making it a great candidate for enterprise-level testing.

*Bachelor Thesis.

**Instituto de proyección Regional y Educación a Distancia. Programa de Ingeniería Forestal. Director: BOTERO LONDOÑO, Julián Mauricio. PhD. en Ciencias Agrarias.

Introducción

Según Pérez y Domínguez (2004) la extinción de especies a nivel mundial por su aprovechamiento excesivo, ha conllevado a la humanidad a determinar y aplicar estados de amenaza, con la finalidad de proteger y conservar todas las especies vegetales, pero a pesar de estar en un estado de conservación de preocupación menor (LC) como el guayacán amarillo (*Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose) han llegado a estar en la actualidad en peligro de extinción local.

En la zona cafetera desde hace varios años se han venido trabajando varias especies forestales, para evitar su extinción, entre ellas se encuentra incluido el guayacán amarillo, debido a la utilidad comercial de esta especie y su baja germinación natural cercana al 30%, esta especie comenzó a estar amenazada, hasta el punto de encontrarse en peligro de extinción (Aguilar, 1991; Farfan, 2016).

La conservación de especies a nivel mundial es de gran importancia, pues gracias a investigaciones realizadas en múltiples zonas, se ha determinado que una especie puede tener factores fenotípicos e incluso genotípicos diferentes, con individuos de la misma especie, todo esto producto de su desarrollo en cada zona, por ende, proteger las especies de la extinción zonal, son el camino para salvaguardar las alteraciones y derivaciones genéticas de la misma (Salazar, 2017). Por medio de la realización del presente trabajo de grado, se planteó la hipótesis de encontrar una metodología para la germinación del guayacán amarillo, por medio de la implementación de tratamientos pregerminativos en conjunto con sustratos, para obtener el mayor porcentaje de germinación de la especie y por ende su conservación local.

1 Objetivos

1.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de sustratos y diferentes tratamientos en la germinación de guayacán amarillo (*Handroanthus chrysanthus*)

1.2 Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de los tratamientos pregerminativos, en la germinación del guayacán amarillo (*Handroanthus chrysanthus*).
- Analizar el efecto de los sustratos, en la germinación del guayacán amarillo (*Handroanthus chrysanthus*).
- Identificar la mejor combinación entre tratamientos pregerminativos y sustratos, como ambiente de germinación ideal del guayacán amarillo (*Handroanthus chrysanthus*).
- Establecer el costo de producción de plántulas de guayacán amarillo (*Handroanthus chrysanthus*), con base en los mejores resultados de la interacción de tratamientos pregerminativos y sustratos.

2 Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

Para Arboleda (2016) la protección de los bosques naturales y las especies que los comprenden, son de gran importancia en la conservación de la vida humana, adicionalmente su formación tomó más de 100 millones de años, debido a procesos climáticos que hasta el día de hoy le han permitido albergar múltiples especies de fauna y flora, debido a esto todas las especies cumplen funciones ecosistémicas, complejas e irremplazables para la conservación ecológica del planeta.

Colombia se comprometió con la FAO al igual que otros 86 países a nivel mundial, para el estudio de la diversidad genética forestal presente en sus territorios, con la finalidad de analizar el estado de las especies forestales, con el resultado que la mayoría de la especies se encuentran en diferentes niveles de peligro o amenaza, puesto que la variabilidad genética de algunas especies se ha perdido, por la disminución de zonas en las que se logran encontrar sus individuos de forma natural (FAO, 2011).

Para Rengifo y Quijano (2012) el guayacán amarillo es una especie forestal originaria de América Latina, en un territorio que va desde México en Centro América hasta Ecuador en Sur América, principalmente se encuentra de forma natural, en los valles y los bosques húmedos (bh) de los pies de montaña, con temperaturas elevadas desde el nivel del mar hasta los 1200 m s. n. m.; sin embargo, en el territorio colombiano se ha presenciado en otras zonas con altitudes como los 2000 m s. n. m. ya que la especie se logra adaptar en diferentes ecosistemas, por medio de sus expresiones fenotípicas, como floraciones pequeñas y tardías, hojas con bordes más pronunciados debido a que la especie llega a presentar diferentes expresiones fenotípicas según la zona.

El guayacán amarillo llega a tener alturas de hasta 35 m, con diámetros de 60 cm, siendo una especie imponente y vistosa por sus flores amarillas y terminadas en panículas, que le permiten sobresalir en cualquier zona, adicionalmente es una especie caducifolia, con ramas escasas pero gruesas de manera ascendente, en donde las hojas se forman opuestas y digitadas, adicionalmente los frutos tienen forma de cápsula cilíndrica, con semillas aladas y aplanadas, con características principales para el comercio de madera, siendo una de las más resistentes y duraderas de América Latina, por la densidad y el peso es apetecida para fabricación de muebles (Arbeláez, Acevedo, Jaramillo y Yepes, 2011).

La conservación de las semillas se puede extender por periodos de más de un año siempre y cuando se mantengan refrigeradas a temperaturas inferiores a los 8 °C, su germinación es cercana al 55%, un kg puede estar conformado por 25000 semillas, adicionalmente se estima que se deben de utilizar 80 g de semillas por m² para realizar reproducciones en vivero, debido a su germinación de forma natural, sin tratamientos pregerminativos y en arena de río. (Vergara y Eduardo, 2018; García y Luis, 2019).

Para Escobar & Suarez (2013) los tratamientos pregerminativos pueden afectar positiva o negativamente la germinación de las semillas, en el guayacán amarillo se logró determinar que la inmersión en agua por 24 horas da como resultado un potencial de germinación cercano al 29%, en un sustrato inerte como la arena de río.

En investigaciones de germinación se identificó que la semilla requiere ayuda por medio de tratamientos pregerminativos y sustratos, entre ellos se indica que el mejor tratamiento es aquel que debilita la parte exterior de la semilla, como los tratamientos con agua a diferentes

temperaturas, además de sustratos con aireación o porosos, que eviten la acumulación de humedad y por ende la descomposición de la semilla (Trujillo, 2007).

2.2 Marco Histórico

Una de las primeras investigaciones realizadas en el territorio colombiano en las cuales se registró el guayacán amarillo, fue realizada por la comisaria especial de Urabá intendencia nacional del Choco, en el año de 1915, con la finalidad de inventariar la riqueza ecológica presente en la zona, para facilitar la explotación de los bosques por el aserrío de maderas, realizada por extranjeros y locales, con registros de árboles nativos con diámetros de hasta dos metros y medio de diámetro (Ortiz, 1915).

El parque nacional natural serranía de los Yariguies, en la actualidad realiza germinaciones de guayacán amarillo, indicando que el tratamiento pregerminativo que mejores resultados ha producido en el vivero para esta especie, consiste en sumergir las semillas por 24 horas en agua, mencionando que su siembra se debe realizar en sustratos ideales para germinación, que permitan mantener humedad, aireación y sostén las semillas, en las primeras etapas de germinación y crecimiento (Sandoval, 2019).

Por medio de una exhaustiva revisión bibliográfica, no se lograron encontrar publicaciones de investigaciones realizadas en la región de García Rovira, sobre la germinación del guayacán amarillo, teniendo en cuenta la aplicación de diferentes tratamientos pregerminativos y sustratos, por ende, realizar este tipo de investigaciones por parte de la Universidad Industrial de Santander, representan la posibilidad de recopilar y publicar información como manuales de germinación, además de complementar la investigación realizada por el ingeniero David Alberto Díaz Rojas

sobre el guayacán rosado, investigaciones de gran importancia para la región y por qué no para todo el territorio colombiano.

2.3 Marco Conceptual

Cotiledón: Se denomina cotiledón a la primera hoja que surge en el embrión de una planta fanerógama.

Embrión: Es un término que deriva del vocablo latino émbryon. Germen o rudimento de un ser vivo, originado tras las primeras divisiones de la ovocélula fecundada, a partir del cual se originará una plántula. Es una planta en miniatura en estado de vida latente o letargo.

Especie: El concepto biológico define una especie como los miembros de poblaciones que se reproducen o pueden reproducirse entre sí en la naturaleza y no de acuerdo con una apariencia similar. Aunque la apariencia es útil para la identificación de especies, no define una especie.

Esterilización: Se refiere a la acción de destruir los gérmenes patógenos o de hacer estéril e infecundo algo que antes no lo era.

Fanerógama: Son las especies que disponen de órganos reproductivos visibles en la flor, donde se lleva a cabo la fecundación y tiene lugar el desarrollo de las semillas que albergan los embriones de los nuevos ejemplares.

Germinación: Es el proceso mediante el cual un embrión se desarrolla hasta convertirse en una planta. Es un proceso que se lleva a cabo cuando el embrión se inflama y la cubierta de la semilla se rompe.

Hábitat: Es el ambiente en el que habita una población o especie. Es el espacio que reúne las condiciones adecuadas para que la especie pueda residir y reproducirse, perpetuando su presencia,

un hábitat queda así descrito por los rasgos que lo definen ecológicamente, distinguiéndolo de otros hábitats en los que las mismas especies no podrían encontrar acomodo.

Imbibición: Es el proceso de absorción de agua por la semilla.

Letargo: Es 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.

Testa: Corresponde a la capa secundaria del óvulo, encargada de su protección evitando la entrada de parásito y lesiones que puedan afectar la semilla internamente, permeable al agua en muchas especies.

2.4 Marco Jurídico

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Decreto 870 (25, mayo, 2017). Por el cual se establece el Pago por Servicios Ambientales y otros incentivos a la conservación. (Congreso de Colombia, 2017).

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Decreto 1449 (27, junio, 1977). Por el cual se reglamentan parcialmente el [Inciso 1 del Numeral 5 del Artículo 56 de la Ley 135 de 1961] y el [Decreto Ley No. 2811 de 1974] Áreas Forestales Protectoras. (Congreso de Colombia, 1977).

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 1973 (19, diciembre, 1973). Por la cual se conceden facultades extraordinarias al presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y protección al medio ambiente y se dictan otras disposiciones. (Congreso de Colombia, 1973).

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Decreto 900 (01, abril, 1997). Por el cual se reglamenta el Certificado de Incentivo Forestal para Conservación. (Congreso de Colombia, 1997).

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Decreto 1996 (15, octubre, 1999). Por el cual se reglamentan los artículos 109 y 110 de la Ley 99 de 1993 sobre Reservas Naturales de la Sociedad Civil. (Congreso de Colombia, 1999).

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Decreto 2372 (01, julio, 2010). Por el cual se reglamenta el Decreto Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto Ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones. (Congreso de Colombia, 2010).

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 29 (27, febrero, 1990). Por la cual se dictan disposiciones para el fomento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico y se otorgan facultades extraordinarias (Congreso de Colombia, 1990).

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 99 (22, diciembre, 1993). “Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones” (Congreso de Colombia, 1993).

3 Metodología

3.1 Ubicación

La germinación se realizó en el municipio de San Andrés en el departamento de Santander, con coordenadas geográficas de 6° 48' 46'' N y 72° 50' 53'' O; condiciones climáticas de humedad del 80%, además de una temperatura media de 18 °C, precipitaciones medias anuales de 1432,6 mm y una altitud que va desde los 850 m. s. n. m. hasta los 4200 m. s. n. m. (EOT, 2003).

3.2 Diseño experimental

Consistió en un diseño de bloques completamente al azar con cinco tratamientos pregerminativos y tres sustratos sólidos, conformando quince tratamientos globales combinados con ciento sesenta semillas para cada uno, para un total de 2400 semillas, obteniendo cuatro repeticiones por tratamiento global, ya que cuarenta semillas forman cada repetición o unidad experimental. Las semillas fueron adquiridas en la comercializadora de semillas EL SEMILLERO con la finalidad de aplicar semillas certificadas en la investigación.

3.3 Diseño de germinadores

La construcción de los seis germinadores necesarios, consistieron en canastillas de 40 centímetros de ancha, por 60 centímetros de larga y 18 centímetros de profundidad; con un

recubrimiento de plástico previamente agujereado por perforaciones de cinco milímetros de diámetro.

3.4 División de germinadores

Los germinadores por el largo se dividieron en cinco subdivisiones laterales cada doce centímetros y por el ancho cada diez centímetros, para tener un total de veinte parcelas internas para la siembra.

3.5 Diseño de tratamientos pregerminativos (T)

Se implementaron cinco tratamientos pregerminativos en el transcurso del experimento con las siguientes características:

3.5.1 Primer tratamiento pregerminativo (T1)

Se realizó una inmersión de las semillas en agua a temperatura ambiente por 24 horas.

3.5.2 Segundo tratamiento pregerminativo (T2)

Se realizó una inmersión de las semillas en agua hirviendo por 1 minuto y retirándolas posteriormente hasta que se ha climaticen a temperatura ambiente.

3.5.3 Tercer tratamiento pregerminativo (T3)

Se realizó una inmersión de las semillas en agua hirviendo hasta que se aclimatase el agua a temperatura ambiente sin retirar las semillas.

3.5.4 Cuarto tratamiento pregerminativo (T4)

Se realizó una inmersión de las semillas en una solución de agua con ácido cítrico al 50 % de concentración por 12 horas.

3.5.5 Quinto tratamiento pregerminativo (T5)

No se realizó ningún proceso previo a la siembra; este tratamiento funcionó como tratamiento pregerminativo de control.

3.6 Diseño de sustratos (S)

Se implementaron tres sustratos en el transcurso del experimento, para llenar los germinadores con las siguientes características:

3.6.1 Primer sustrato (S1)

Estuvo conformado en su totalidad por grava de río u arena de río, de grano fino no mayor a 2 mm de grosor.

3.6.2 Segundo sustrato (S2)

Estuvo conformado por una combinación de tres elementos como lo son tierra negra, arena de río y turba, con la siguiente proporción 50%, 30% y 20% respectivamente.

3.6.3 Tercer sustrato (S3)

Estuvo conformado en su totalidad por tierra negra, este sustrato funciono como sustrato de control.

3.7 Diseño de tratamientos globales

Cada tratamiento pregerminativo fue sembrado en cada sustrato sólido preparado en los germinadores, la siembra se realizó completamente al azar, cada germinador se enumeró con su respectivo sustrato sólido y tuvo veinte casillas a las cuales se les asignó un tratamiento pregerminativo, por medio de papeles enumerados con las iniciales del tratamiento pregerminativo y su respectiva repetición, para conformar de esta manera la combinación de todos los tratamiento pregerminativos y los sustratos sólidos.

3.8 Desinfección de los sustratos sólidos en los germinadores

La desinfección de los sustratos se realizó con formol al 40% de concentración, diluyendo 400 centímetros cúbicos en 40 litros de agua, la solución de desinfección se aplicó en todos los germinadores con los sustratos sólidos por cuatro días y cubiertas por plástico la parte superficial del germinador, al finalizar los cuatro días se realizó un riego con agua y mezclado adicional del sustrato en cada germinador.

3.9 Siembra de las semillas bajo la acción de los tratamientos pregerminativos

Las semillas de todos los tratamientos pregerminativos se sembraron a una profundidad de cinco mm, el mismo día a la misma hora en los germinadores, separándolas cinco centímetros del borde adyacente al largo del germinador y dos centímetros del borde adyacente al ancho del germinador, cada semilla fue separada entre si dentro de las parcelas internas.

3.10 Riego de los germinadores

El riego se realizó constantemente todos los días a las 9 am observando los semilleros, con la finalidad de mantener siempre la humedad en los germinadores; para el riego de las 2400 semillas se necesitó de 20 litros al día, distribuidos en 4 regaderas con capacidad de 5 litros.

3.11 Medición de variables

3.11.1 Tiempo de eclosión

Se contaron los días a partir de la hora de la siembra, para tenerla como referencia en el registro diario durante 30 días y poder contabilizar la variable, se analizó cada semilla por aparte con la finalidad de realizar un conteo en cada repetición y por ende en cada tratamiento global.

3.11.2 Porcentaje de germinación

Se tuvo en cuenta las semillas sembradas y las semillas germinadas para el cálculo del porcentaje de germinación por repetición y tratamiento global.

3.11.3 Costo de producción

Se tuvo en cuenta el costo de los tratamientos pregerminativos, los sustratos sólidos, los insumos, las semillas, los materiales y la mano de obra en todos los tratamientos globales.

3.12 Recolección y tabulación de datos

Los datos fueron organizados en tablas de campo para cada día de la investigación, teniendo en cuenta el día y la cantidad de semillas germinadas, los datos de cada repetición fueron recolectados por aparte, puesto que cada semilla de cada tratamiento se analizó por aparte.

Los datos al finalizar el día fueron registrados en el programa Microsoft Excel (2016), con la finalidad de tener una base de datos desde el inicio de la investigación.

3.13 Análisis estadístico

Se realizó con la ayuda del software R-Project (3.5.2), aplicando la prueba de rasgos múltiples de Duncan, con un el valor de significancia menor o igual al 0.05.

4 Resultados

4.1 Tiempo de eclosión.

Los datos para el tiempo de eclosión se registraron durante 35 días, iniciando el registro en el primer evento de eclosión y finalizando luego de 10 días sin presencia de eclosiones.

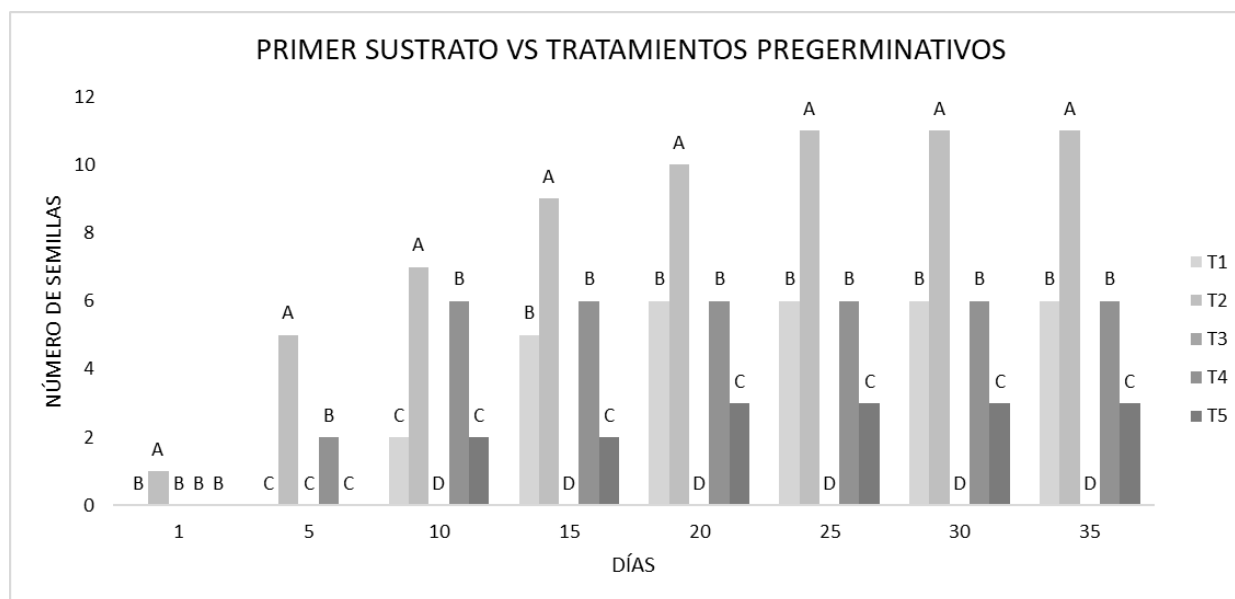
4.1.1 Tiempo de eclosión de los tratamientos pregerminativos en el primer sustrato.

El tratamiento pregerminativo dos presento un promedio de 11 germinaciones por repetición siendo el de mejores resultados en el primer sustrato, ya que el efecto de la temperatura por 1 minuto en las semillas resulto beneficioso para la germinación. Por otra parte, el tratamiento tres elimino la posibilidad de germinación de las semillas, debido a la duración de las semillas en el agua con temperaturas elevadas.

Los tratamientos pregerminativos dos y cuatro fueron los que presentaron eclosiones más rápidas en comparación con los demás tratamientos, cabe destacar que el tratamiento pregerminativo tres no presentó ninguna eclosión, por lo tanto, presentó diferencias significativas ($P < 0,05$) con todos los tratamientos pregerminativos. Adicionalmente, cabe resaltar que el tratamiento pregerminativo dos no solo fue el más rápido en presentar eclosiones, sino que también fue el más rápido en eclosionar la mayoría de las semillas tratadas presentando diferencias significativas ($P < 0,05$) con todos los tratamientos; todo esto en presencia del primer sustrato (Figura 1).

Figura 1.

Primer sustrato vs todos los tratamientos pregerminativos.



4.1.2 Tiempo de eclosión de los tratamientos pregerminativos en el segundo sustrato.

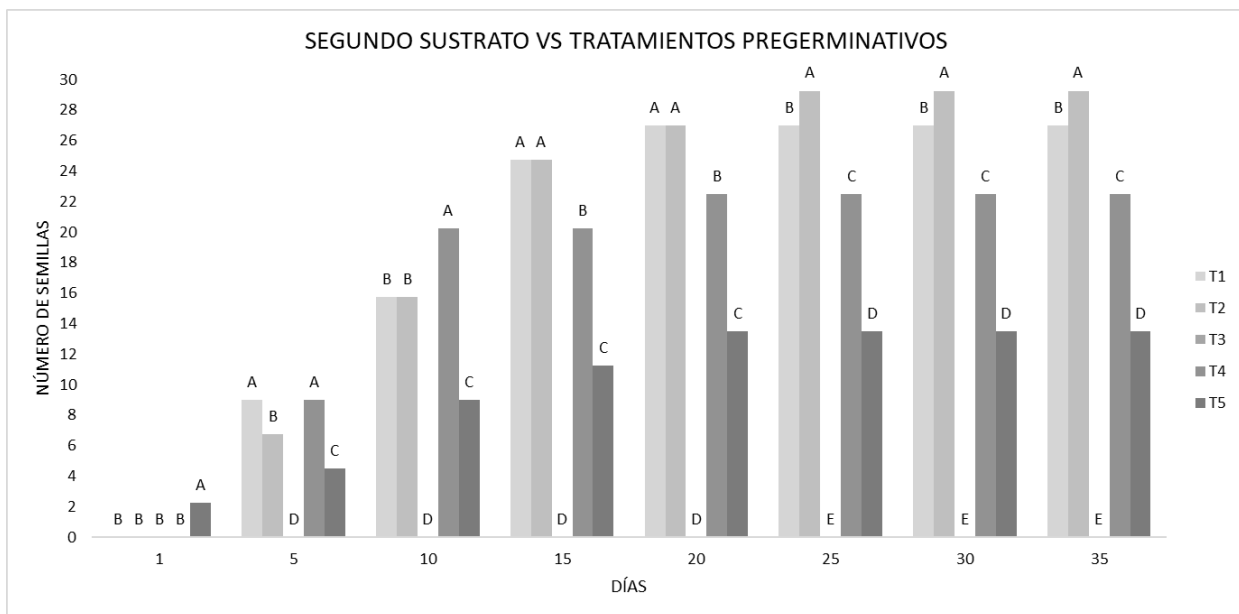
El efecto del segundo sustrato mejoro significativamente la germinación de las semillas en todos los tratamientos pregerminativos, ya que la composición del segundo sustrato en teoría permitió la circulación del aire, agua y nutrientes, además de la conservación de la humedad, presentando un promedio de germinaciones de 29,25 semillas en el tratamiento dos.

Los tratamientos pregerminativos uno, dos, cuatro y cinco presentaron las primeras germinaciones, resaltando que los tratamientos uno y dos fueron los que germinaron la mayor cantidad de semillas, pero el tratamiento pregerminativo dos por dos germinaciones fue superior, entre ellos no se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$), cabe destacar que el tratamiento pregerminativo tres no presentó ninguna eclosión, por lo tanto, presentó diferencias significativas

($P < 0,05$) con todos los tratamientos pregerminativos, adicionalmente los tratamientos pregerminativos cuatro y cinco presentaron gran velocidad de germinación pero el número de semillas germinadas fue inferior a los tratamientos pregerminativos uno y dos; todo esto en presencia del segundo sustrato (Figura 2).

Figura 2.

Segundo sustrato vs todos los tratamientos pregerminativos.



4.1.3 Tiempo de eclosión de los tratamientos pregerminativos en el tercer sustrato.

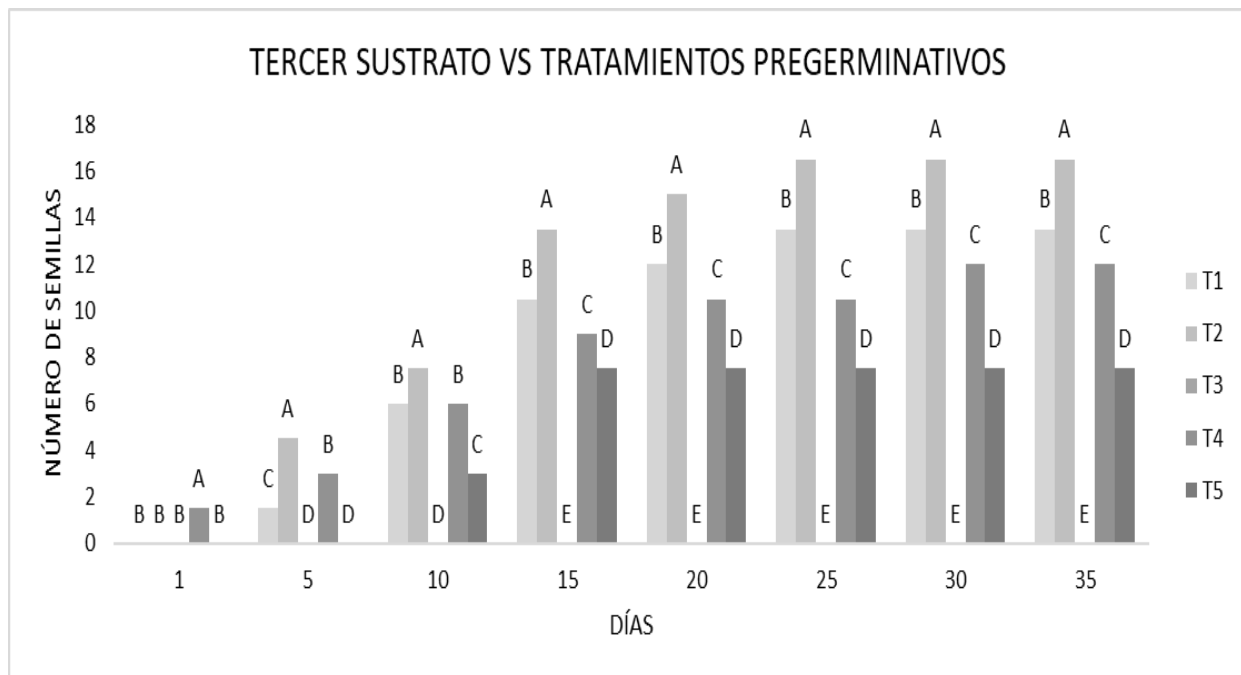
La mayor germinación promedio que se dio fue de 16,5 semillas por parte del tratamiento dos, pero su germinación disminuyó debido al sustrato.

Los tratamientos pregerminativos uno y cuatro fueron los que presentaron germinaciones en el primer día, pero a pesar de que el tratamiento dos presentó sus primeras germinaciones al tercer día de iniciadas las germinaciones, fue el de mayor número de semillas germinadas presentando

así diferencias significativas ($P < 0,05$) con los demás tratamientos, además los tratamientos pregerminativos uno, cuatro y cinco no presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre sí, pero si con los demás tratamientos pregerminativos, cabe destacar que el tratamiento pregerminativo tres no presentó ninguna eclosión, por lo tanto, presentó diferencias significativas ($P < 0,05$) con todos los tratamientos pregerminativos; todo esto en presencia del tercer sustrato (Figura 3).

Figura 3.

Tercer sustrato vs todos los tratamientos pregerminativos.



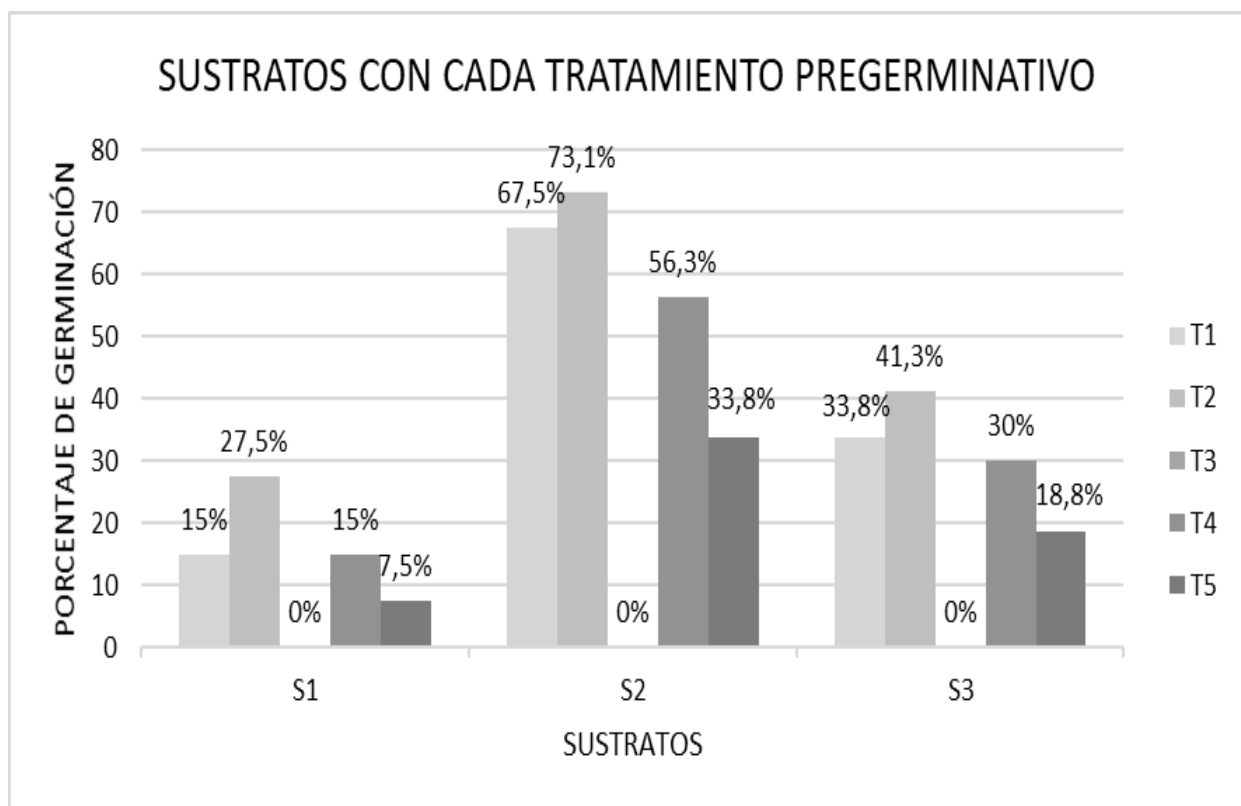
4.2 Porcentaje de germinación

En todos los tratamientos pregerminativos se utilizaron 160 semillas para ser evaluadas en cada sustrato sólido, adicionalmente se registraron todos los datos durante los últimos 35 días a partir

de la primera eclosión, hasta observar que los datos no reportaban ningún cambio en la eclosión con el pasar de los días, cabe aclarar que para todos tratamientos pregerminativos y sustratos sólidos se tuvo en cuenta el mismo número de días, ya que el mejor porcentaje de germinación se dio gracias a la acción del segundo sustrato con el segundo tratamiento pregerminativo (Figura 4).

Figura 4.

Porcentaje de germinación de los sustratos con cada tratamiento pregerminativo.



4.2.1 Porcentaje de germinación de los tratamientos pregerminativos en el primer sustrato.

En este sustrato las germinaciones fueron las más bajas puesto que se contó con una disponibilidad de 160 semillas y el tratamiento pregerminativo dos fue el que presentó un mayor

número de semillas germinadas con 44 germinaciones representando un 27,5% de porcentaje de germinación (Tabla 1), presentando diferencias significativas menores al 5% con los tratamientos uno, tres, cuatro y cinco; adicionalmente el tratamiento uno y el cuatro presentando el mismo porcentaje de germinación igual al 15%, el tratamiento pregerminativo tres no presentó germinación alguna.

Tabla 1.

Porcentaje de germinación de los tratamientos pregerminativos en el primer sustrato.

Tratamientos	Semillas germinadas	Porcentaje de germinación	Diferencias significativas
T1	24	15%	B
T2	44	27,5%	A
T3	0	0%	D
T4	24	15%	B
T5	12	7,5%	C

Nota: Las diferencias significativas ($P < 0,05$) se dan cuando al comparar las calificaciones cualitativas (A, B, C y D) son diferentes y cuando son iguales no se presentan diferencias significativas ($P < 0,05$).

4.2.2 Porcentaje de germinación de los tratamientos pregerminativos en el segundo sustrato.

En este sustrato los tratamientos pregerminativos lograron presentar los mayores números de germinaciones, el tratamiento pregerminativo dos fue el que presentó un mayor número de semillas germinadas con 117 individuos y un 73,13% de porcentaje de germinación (Tabla 2), presentando diferencias significativas menores al 5% con los tratamientos uno, tres, cuatro y cinco, el tratamiento pregerminativo tres no presentó germinación alguna.

Tabla 2.

Porcentaje de germinación de los tratamientos pregerminativos en el segundo sustrato.

Tratamientos	Semillas germinadas	Porcentaje de germinación	Diferencias significativas
T1	108	67,5%	B
T2	117	73,125%	A
T3	0	0%	E
T4	90	56,25%	C
T5	54	33,75%	D

Nota: Las diferencias significativas ($P < 0,05$) se dan cuando al comparar las calificaciones cualitativas (A, B, C y D) son diferentes y cuando son iguales no se presentan diferencias significativas ($P < 0,05$).

4.2.3 Porcentaje de germinación de los tratamientos pregerminativos en el tercer sustrato.

En este sustrato se presentaron porcentajes de germinación de hasta el 41,25%, el tratamiento pregerminativo dos fue el que presentó un mayor número de semillas germinadas con 66 germinaciones y un 41,25% de porcentaje de germinación (Tabla 3), presentando diferencias significativas menores al 5% con los demás tratamientos pregerminativos, adicionalmente los tratamientos pregerminativos uno y cuatro no presentaron diferencias significativas menores al 5% entre sí, por otra parte, el tratamiento pregerminativo cinco presentó diferencias significativas menores al 5% con todos los tratamientos y el tratamiento pregerminativo tres no presentó germinación alguna.

Tabla 3.

Porcentaje de germinación de los tratamientos pregerminativos en el tercer sustrato.

Tratamientos	Semillas germinadas	Porcentaje de germinación	Diferencias significativas
T1	54	33,75%	B
T2	66	41,25%	A
T3	0	0%	D
T4	48	30%	B
T5	30	18,75%	C

Nota: Las diferencias significativas ($P < 0,05$) se dan cuando al comparar las calificaciones cualitativas (A, B, C y D) son diferentes y cuando son iguales no se presentan diferencias significativas ($P < 0,05$).

4.3 Costo de producción.

Para el análisis de costos se evaluaron todos los factores que podían tener una alteración respecto al costo de la producción, por consiguiente, el valor de las semillas, los materiales, los insumos y la mano de obra necesarios para la fabricación de los germinadores y la siembra, se tuvieron en cuenta para las 2400 semillas.

Tabla 4.

Materiales.

Ítem	Cantidad	Unidad	Costo/Unidad	Costo/Ítem
Ácido cítrico	1	Sobre	\$6.200	\$6.200
Arena de río	1	Bulto	\$20.000	\$20.000
Turba	1	Bulto	\$60.000	\$60.000
Tierra negra	1	Bulto	\$30.000	\$30.000

El costo de los tratamientos pregerminativos (Tabla 5) y de los sustratos (Tabla 6) se calculó por aparte con la finalidad de realizar la relación de costos para todas las combinaciones utilizadas (Tabla 7), las semillas utilizadas en el tratamiento pregerminativo cuatro representaron un mayor costo por germinación, ya que en ellas se utilizó ácido cítrico generando así una diferencia en cada sustrato; por otra parte la combinación de tratamiento pregerminativo y sustrato más económica fue el primer tratamiento pregerminativo con el primer sustrato, adicionalmente las semillas del segundo sustrato y el segundo tratamiento pregerminativo presentaron las mejores germinaciones sin llegar a ser la combinación más costosa para la germinación de las semillas.

Tabla 5.*Tratamientos pregerminativos.*

Tratamientos pregerminativos	T1	T2	T3	T4	T5
Costo	\$2.500	\$3.200	\$3.200	\$8.200	\$0
Costo por semilla	\$3	\$4	\$4	\$10	\$0

Tabla 6.*Sustratos.*

Sustrato sólido	S1	S2	S3
Costo	\$20.000	\$54.000	\$30.000
Costo por semilla	\$25	\$67,5	\$37,5

Tabla 7.*Costo de las combinaciones entre tratamientos pregerminativos y sustratos por semilla.*

Sustrato sólido/Tratamiento pregerminativo	T1	T2	T3	T4	T5
S1	\$28	\$29	\$29	\$35	\$25
S2	\$70,5	\$71,5	\$71,5	\$77,5	\$67,5
S3	\$40,5	\$41,5	\$41,5	\$47,5	\$37,5

Teniendo en cuenta los costos presentados en la Tabla 7, se adiciona el precio de los insumos necesarios para la realización del trabajo de grado además de la mano de obra en la Tabla 8 y el valor final de cada combinación entre los sustratos y los tratamientos pregerminativos en la Tabla 9.

Tabla 8.

Insumos y Mano de obra.

Ítem	Cantidad	Unidad	Costo/Unidad	Costo/Ítem
Germinador	6	Canastilla	\$10.000	\$60.000
Semillas	1	Bolsa	\$65.000	\$65.000
Plástico	4	metros	\$5.000	\$20.000
Papelería	2	Resma	\$12.000	\$24.000
Mano de obra	2	Días	\$30.000	\$60.000
Costo total de insumos y mano de obra				\$229.800
Costo por cada una de las 2400 semillas				\$95,8

Tabla 9.

Costo general para germinar una semilla en cada combinación de sustratos y tratamientos.

Sustrato sólido/Tratamiento pregerminativo	T1	T2	T3	T4	T5
S1	\$123,8	\$124,8	\$124,8	\$130,8	\$120,8
S2	\$166,3	\$167,3	\$167,3	\$173,3	\$163,3
S3	\$136,3	\$137,3	\$137,3	\$143,3	\$133,3

5 Discusión

Para Sandoval (2019) en el parque nacional natural serranía de los Yariguies se realizan germinaciones de guayacán amarillo, con el tratamiento pregerminativo de sumergir las semillas por 24 horas en agua a temperatura ambiente antes de la siembra, algo que la presente investigación podría mejorar puesto que los resultados obtenidos es que el tratamiento pregerminativo que mejor comportamiento presenta en la germinación del guayacán amarillo es el de realizar una inmersión de las semillas en agua hirviendo por 1 minuto y retirándolas posteriormente hasta que se aclimate a temperatura ambiente, resaltando que el tratamiento realizado por parque nacional natural serranía de los Yariguies también se evaluó en la presente investigación.

García y Luis (2019) postulan que los tratamientos pregerminativos y los sustratos representan mejoras en las germinaciones de las semillas siempre y cuando beneficien los procesos germinativos, ya que no todos los tratamientos pregerminativos o sustratos son beneficiosos para todas las especies, con la presente investigación se logra reiterar esta postulación, ya que se logró determinar que los diferentes tratamientos pregerminativos y sustratos presentaron comportamientos en algunos casos contraproducentes para la germinación de las semillas.

Según Escobar y Suarez (2013) en las semillas de guayacán amarillo se determinó que la inmersión de las mismas por 24 horas a temperatura ambiente y su posterior siembra para germinación en arena de río, arrojó un 29% de potencial germinativo para las mismas, un resultado bajo en esta combinación, algo que la presente investigación corroboró por medio de la implementación de esta combinación, afirmando que sí es económica pero dado que el resultado en el número de germinaciones es bajo, su aplicación a gran escala sería contraproducente económicamente.

6 Conclusiones

Se logró determinar en el tercer sustrato por ser el de control el efecto que los tratamientos pregerminativos ocasionan en la germinación de las semillas del guayacán amarillo (*Handroanthus chrysanthus*), logrando así afirmar que el segundo tratamiento pregerminativo fue el que presentó los mejores resultados al número de semillas germinadas, si bien es cierto que se demoró dos días más en presentar germinaciones, estas germinaciones fueron superiores a las de los demás tratamientos pregerminativos después del día cuatro, cabe resaltar que en todos los sustratos fue el de mejores resultados en el número de semillas germinadas.

El análisis del efecto de los sustratos se logró realizar con la comparación de los resultados de los tratamientos pregerminativos en todos los sustratos, evidenciando que el segundo sustrato fue el que presentó el mejor resultado en el número de germinaciones de las semillas del guayacán amarillo (*Handroanthus chrysanthus*).

La mejor combinación entre sustratos pregerminativos y sustratos, fue la del segundo sustrato y tratamiento pregerminativo, puesto que el rendimiento bajo estas condiciones aumentó considerablemente en comparación con los demás tratamientos pregerminativos y sustratos sólidos, además de que individualmente también presentaron el mejor efecto en la germinación de las semillas del guayacán amarillo (*Handroanthus chrysanthus*).

Para la producción de plántulas de guayacán amarillo (*Handroanthus chrysanthus*) se logró establecer que el costo de producción individual es de \$167,3 teniendo en cuenta el valor del sustrato y del tratamiento pregerminativo utilizado.

7 Recomendaciones

Para los estudiantes de la Universidad Industrial de Santander y demás universidades con carreras afines, se recomienda la investigación de diferentes métodos germinativos, puesto que con el pasar del tiempo la generación de nuevos productos podría beneficiar los porcentajes germinativos de las especies, además de minimizar su producción que a gran escala generaría ahorros económicos considerables para cualquier proyecto público o privado.

Las investigaciones en germinación de especies son buscadas por grandes compañías dedicadas a la reforestación o producción de plántulas, ya que es uno de los pilares fundamentales para el medio ambiente y para la producción económica, por ende, se recomienda que se investigan sobre tecnologías germinativas de laboratorio como las in vitro, puesto que podría ser el futuro para la producción de plántulas

Referencias bibliográficas

- AGUILAR, O. Título: Identificación de micorrizas (mva) en cinco especies forestales en extinción de la zona cafetera del norte del Departamento del Tolima.. Editado en: Ibagué (Colombia), Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Forestal, 1991.. 141 p.. Notas: Esp.(Tesis: Ingeniero Forestal).
- Arbeláez, J. S. M., Acevedo, J. I. S., Jaramillo, R. C. A., & Yepes, P. N. M. (2011). Metabolitos secundarios en el guayacán amarillo y en el guayacán rosado. *Scientia et Technica*, 1(47), 297-301.
- Arboleda, S. (2016). ¿ Por qué son importantes los bosques. *Vida+ Verde*. Consultado el 29 de agosto de 2017. Disponible en: <http://vidamasverde.com/2013/por-que-sonimportantes-los-bosques>.
- Bogotá, D.C, Congreso de Colombia Ley 29 27 de Febrero de 1990, Diario Oficial No. 39.205 (1990).
- Bogotá, D.C, Congreso de Colombia Ley 99 22 de Diciembre de 1993, Diario Oficial No. 41.146 (1993).
- Bogota, D.C, Congreso de Colombia Decreto 870 25 de mayo de 2017, Diario Oficial No. 50.244 (2017).
- Bogota, D.C, Congreso de Colombia Decreto 1449 27 de junio de 1977, Diario Oficial No. 34.791 (1977).
- Bogota, D.C, Congreso de Colombia Ley 1973 19 de diciembre de 1973, Diario Oficial No. 33.994 (1973).
- Bogota, D.C, Congreso de Colombia Decreto 900 01 de abril de 1997, Diario Oficial No. 34.757 (1997).
- Bogota, D.C, Congreso de Colombia Decreto 1996 15 de octubre de 1999, Diario Oficial No. 43.744 (1999).
- Bogota, D.C, Congreso de Colombia Decreto 2372 01 de julio de 2010, Diario Oficial No. 47.729 (2010).
- Escobar, D., & Suarez, K. (2013). *Evaluación morfológica de las plántulas de cinco especies forestales mediante la aplicación de tres tratamientos pregerminativos en el Cantón Echeandía*, Provincia Bolívar. Universidad estatal de bolívar facultad ciencias agropecuarias recursos naturales y del ambiente escuela de ingeniería forestal.
- EOT. (2003). Municipio San Andrés, Santander. Archivo de planeación municipal, Alcaldía

FARFAN, F. (2016). Sistemas agroforestales para establecer en la finca cafetera.

FAO. (2011). Semillas en emergencias (Manual técnico).

García, O., & Luis, R. (2019). *Comportamiento histórico del aprovechamiento forestal en la provincia de Manabí en el periodo 2014-2018* (Bachelor's thesis, Jipijapa-UNESUM).

Ortiz, D. (1915). Comisaría Especial de Urabá, Intendencia Nacional del Chocó: cartas y riquezas de esta importante región de Colombia.

Pérez-García, M., & Domínguez, S. R. (2004). Reservas extractivas¿ Alternativa para la conservación de especies forestales?. *Madera y Bosques*, 10(2), 55-69.

Rengifo Añasco, M. C., & Quijano Solarte, K. J. (2012). Identificación y evaluación de fuentes semilleras de especies forestales en la meseta de Popayán–departamento del Cauca.

Salazar Fernández, A. A. (2017). *La Normativa Ambiental sobre planes y programas de bioprospección de especies vegetales endémicas en la Amazonía Ecuatoriana* (Bachelor's thesis, Quito: UCE).

Sandoval Escuderos, E (2019). Caracterización del vivero Yariguies del Parque Nacional Natural Serranía de los Yariguies ubicado en la vereda Agua Blanca del Municipio de San Vicente de Chucurí.

Trujillo Navarrete, E. (2007). *Guía de reforestación* (No. 634.956 T866). El Semillero.

VERGARA, M., & EDUARDO, V. (2018). *DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE TRES ESPECIES FORESTALES DEL BOSQUE SECO TROPICAL DE MANABI* (Bachelor's thesis, JIPIJAPA-UNESUM).

Apéndices

Apéndice A. Preparación de sustratos.



Apéndice B. Conteo de germinaciones.



Apéndice C. Riego de plántulas.



Apéndice D. Semillas para germinación.

