

EVALUACIÓN EXPLORATORIA DE LA GERMINACIÓN IN VITRO DE SEMILLAS
DE DOS ESPECIES DE IMPORTANCIA ECOSISTÉMICA MEDIANTE
DIFERENTES MÉTODOS DE ESCARIFICACIÓN EN TUNJA (BOYACÁ)

JUSTO RAFAEL TOVAR NEISA
1084586.

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y DISTANCIA – UNAD-
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
INGENIERÍA AGROFORESTAL

Tunja – Boyacá
2019

EVALUACIÓN EXPLORATORIA DE LA GERMINACIÓN IN VITRO DE SEMILLAS
DE DOS ESPECIES DE IMPORTANCIA ECOSISTÉMICA MEDIANTE
DIFERENTES MÉTODOS DE ESCARIFICACIÓN EN TUNJA (BOYACÁ)

JUSTO RAFAEL TOVAR NEISA
1084586.

JORGE ARMANDO FONSECA CARREÑO
Ing Agrónomo. Esp. Msc.
ASESOR

Requisito parcial para optar al título de Ingeniero agroforestal.

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y DISTANCIA – UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL

Tunja – Boyacá
2019

TABLA DE CONTENIDO

1	RESUMEN	5
1.	INTRODUCCIÓN	7
2.	JUSTIFICACIÓN	9
3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
4.	MARCO CONCEPTUAL	11
3.1	LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES	11
3.2	LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES EN EL TRÓPICO DE ALTURA	12
3.3	Tipos de Sistemas Silvopastoriles	14
3.3.1	Sistemas Silvopastoriles de Intensivos (SSPI)	14
3.4	TAXONOMÍA DEL TILO	15
3.4.1	DISTRIBUCIÓN Y USOS	15
3.5	Taxonomía de la Papayuela	17
3.5.1	Morfología de la Papayuela	17
3.5.2	Origen y distribución	18
3.6	Métodos de propagación de semillas	18
3.7	Escarificación de semillas	20
3.7.1	Escarificación física	20
3.7.2	Escarificación química	20
4	OBJETIVOS	21
4.1	5.1 Objetivo general	21
4.2	5.2 Objetivos específicos	21
5	METODOLOGÍA	22
6	RESULTADOS	25
6.1	Selección y obtención de semillas de Tilo y Papayuela en la provincia centro de Boyacá	25
6.2	Implementación del proceso de escarificación física y química en semilla de Papayuela	27
6.3	Implementación del proceso de escarificación física y química en semilla de Tilo	33
7	CONCLUSIONES	35
8	RECOMENDACIONES	35
9	REFERENCIAS	36
10	ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.

Tabla 1 Evaluación de escarificación física.....	27
Tabla 2 Tratamiento T4 Semilla de Papayuela sin escarificar.....	32
Tabla 3 Control de germinación de la semilla de Papayuela.....	32
Tabla 4 Control de Germinación de la semilla de Papayuela.....	32
Tabla 5 Prueba de escarificación con agitador para semillas de Tilo.....	33
Tabla 7 Resultados de Tratamiento 1 semillas de Tilo sin escarificación.....	33
Tabla 8 Resultados tratamiento 2 semillas de tilo con escarificación física	34
Tabla 9 Resultado de semillas de Tilo con escarificación química.....	34
Ilustración 1 Interacciones en los sistemas silvopastoriles.....	12
Ilustración 2 características del Tilo	25
Ilustración 3 Proceso de escarificación Física.....	28
Ilustración 4 Escarificación química	29
Ilustración 5 Lavado de semillas en fase experimental	29
Ilustración 6 Detalle de la siembra de semillas en las cajas Petri	30
Ilustración 7 Detalle de la siembra de semillas en las cajas Petri.	31

EVALUACIÓN EXPLORATORIA DE LA GERMINACIÓN IN VITRO DE SEMILLAS DE DOS ESPECIES DE IMPORTANCIA ECOSISTÉMICA MEDIANTE DIFERENTES MÉTODOS DE ESCARIFICACIÓN EN TUNJA (BOYACÁ)

1 RESUMEN

La germinación de semillas es un complejo proceso fisiológico que implica la presencia de un grupo de enzimas y hormonas que permiten activar diversos mecanismos internos de la semilla para que el endospermo inicie la diferenciación celular. Este proceso que en algunas plantas se desarrolla sin mayores contratiempos, en otras especies se convierte en limitante para la propagación de la especie.

En el presente estudio se evaluó el comportamiento germinativo de dos especies con potencial ecosistémico en la región de Boyacá. Las especies son: Tilo (*Sambucus peruviana*) y Papayuela (*Vasconcella cundinamarcensis*), las cuales presentan limitantes en el proceso de germinación. La primera de ellas se usa de forma intensiva en los sistemas silvopastoriles como especie forrajera que permite aumentar la producción de biomasa para la producción ganadera, favoreciendo así la conservación de la oferta ambiental y la preservación de los ecosistemas naturales entre otros aspectos. Igual situación ocurre con la Papayuela (*Vasconcella Cundinamarcensis*) frutal tropical de clima frío de la familia Caricaceae que a pesar de tener amplio potencial tanto para el consumo en fresco como en la agroindustria, su cultivo no ha tenido suficiente desarrollo en el país.

Entre las principales limitantes para la producción a nivel comercial del cultivo, los agricultores referencian el limitado poder de germinación de sus semillas. Lo anterior implica que es necesario explorar nuevas formas de propagación de esta especie, por lo tanto, el presente estudio evaluará de forma exploratoria el uso de distintas técnicas de escarificación en la capacidad de germinación in vitro de semilla sexual de Tilo y Papayuela, con miras a estructurar futuros proyectos de investigación sobre este tema.

ABSTRACT

Seed germination is a complex physiological process that involves the presence of a group of enzymes and hormones that allow activating various internal mechanisms of the seed for the endosperm to initiate cell differentiation. This process that in some plants is developed without major setbacks, in other species becomes limiting for the propagation of the species.

In the present study, the germinative behavior of two species with ecosystem potential in the Boyacá region was evaluated. The species are: Tilo (*Sambucus peruviana*) and Papayuela (*Vasconcella cundinamarcensis*), which present limitations in the germination process. The first of them is used intensively in silvopastoral systems as a forage species that allows increasing the production of biomass for livestock production, thus favoring the conservation of the environmental offer and the preservation of natural ecosystems, among other aspects. The same situation occurs with the Papayuela (*Vasconcella Cundinamarcensis*) tropical fruit of cold climate of the family Caricaceae that despite having ample potential for both fresh consumption and agro-industry, its cultivation has not had enough development in the country.

Among the main limitations for the commercial production of the crop, farmers refer to the limited germination power of their seeds. This implies that it is necessary to explore new forms of propagation of this species, therefore, the present study will evaluate in an exploratory way the use of different scarification techniques in the in vitro germination capacity of Tilo y Papayuela sexual seed, with a view to to structure future research projects on this topic.

1. INTRODUCCIÓN

El calentamiento global generado por el aumento de los gases de efecto invernadero producto de las actividades antrópicas, especialmente de origen industrial y agropecuario, que para el caso del sector agropecuario se estima en cerca del 34 % del total de dichas emisiones, la mitad emitidas por las actividades ganaderas y la restante por actividades agrícolas (Benavides Ballesteros, 2007).

La razón fundamental es la liberación de dióxido de carbono, producto de la descomposición y la combustión de la materia orgánica, la cual ocurre cuando se destruyen y consumen fuentes de celulosa, hemicelulosa y lignina, las cuales en su proceso de descomposición rompen las cadenas carbonadas dejando libre el CO₂ para que vaya a la atmósfera, sin que exista un balance entre el volumen liberado y el volumen capturado en el proceso fotosintético mediante el cual el CO₂ queda nuevamente atrapado formando parte de las cadenas carbonadas de los seres vivos (Lopez, 2015).

Este aumento de la concentración de los gases de efecto invernadero en la atmósfera tienen varios orígenes, que van desde las causas geológicas naturales, hasta aquellas presionadas por las actividades humanas, tales como el cambio en el uso del suelo, la tecnología empleadas en procesos de producción y el interés superior de rentabilidad económica sobre el ambiental; la disminución de las zonas de bosque que ha sido dedicado a producción ganadera o la alta emisión de metano producto de la fermentación entérica de los bovinos, es un claro reflejo del desbalance ambiental (Burbano, 2018).

Lo anterior ha impulsado el interés de diferentes sectores de la sociedad sobre la apremiante necesidad de desarrollar alternativas tecnológicas, económicas y ambientales que disminuyan el impacto de las actividades antrópicas sobre la estabilidad del planeta. En ese sentido la implementación de sistemas ganaderos que incorporan alta biodiversidad, se han convertido en la más importante alternativa para, por un lado, mantener los niveles productivos, y por otro disminuir su incidencia en el calentamiento global y el cambio climático.

En este sentido los sistemas silvopastoriles están constituidos por arreglos productivos que incorporan especies arbóreas y arbustivas que acompañan a las especies gramíneas, su característica principal es que todas las especies intervinientes aportan provisión de biomasa para la nutrición animal y/o la regulación del sistema (Navas, 2010).

Especies como el Tilo (*Sambucus peruviana*) constituye una especie de importancia ecosistémica para el establecimiento de sistemas silvopastoriles de trópico alto (agroecosistemas que están por encima de los 2500 msnm) ya que posee propiedades nutricionales de importancia, así como amplia capacidad de adaptación. Los beneficios de estos sistemas de producción incluyen el aumento de la producción de carne y leche, el aumento de biodiversidad, el ciclaje de nutrientes etc. Estos sistemas en el trópico alto están basados en el uso de árboles y arbustos que proveen sombra y alimento, entre los cuales se destaca el Tilo (*Sambucus peruviana*) que se propaga exclusivamente de forma asexual (estacas) delimitando su establecimiento pues esta técnica es limitada por no encontrarse suficiente material con condiciones óptimas para su propagación (Murgueitio R, 2015).

Sin embargo, esta especie presenta limitantes fisiológicas para su propagación, ya que la germinación de semillas es muy limitada, pues no se logra fácilmente en condiciones de campo, posiblemente por la larga dormancia y/o la dificultad del rompimiento de la sarcotesta. Lo cual causa dificultades para la provisión de material vegetativo en el establecimiento de los sistemas silvopastoriles, esto implica una necesidad determinante de investigación en materia de fisiología de semillas para identificar tratamientos que permitan el aprovechamiento óptimo del recurso biológico.

De otra parte, la producción de frutas tropicales, especialmente la especie papayuela (*Vasconcella Cundinamarcensis*) enfrenta una dificultad similar a la expuesta anteriormente para el Tilo, pues la propagación por semilla es limitante para la generación de plántulas que permita el fomento de dicho cultivo, el cual posee el potencial para convertirse en fuente de crecimiento agrícola para el país. La papayuela a pesar de ser un cultivo nativo casi olvidado, por sus características organolépticas, medicinales y gastronómicas posee alta distribución como especie de traspatio en agroecosistemas familiares campesinos, aunque su establecimiento como cultivos es reducido, existe presencia en mercados locales a pequeña escala.

Entre otras limitantes tecnológicas que inciden en el desarrollo de la papayuela como cultivo de importancia económica en la región, la propagación por semilla presenta amplias dificultades ya que no se conoce con suficiente profundidad su comportamiento fisiológico, por lo tanto, no se han desarrollado las metodologías que permitan romper de forma eficiente su dormancia. En consecuencia, es necesario indagar diferentes métodos que permitan aumentar la eficiencia en su propagación que contribuya a favorecer los procesos tecnológicos y de desarrollo del cultivo, mejorando su posicionamiento en el mercado nacional como fruta exótica.

2. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años los sistemas de producción ganadera han sido objeto de análisis por su importante aporte en la emisión de gases de efecto invernadero, que desde la visión antropogénica son causantes del calentamiento global, pues para el caso colombiano estos pueden representar más del 17% del total de emisiones. Como una de las posibles alternativas tecnológicas para hacer frente a esta situación diferentes experiencias han demostrado que los sistemas silvopastoriles son una alternativa viable para disminuir dichas emisiones y reducir otros impactos que sobre los recursos naturales hacen los sistemas de producción. Esta alternativa implica que un sistema de producción pecuaria se involucra la presencia de árboles o arbustos dentro o alrededor de las praderas, bajo diversos arreglos o sistemas de cultivos tales como barreras vivas, árboles dispersos en potrero, entre otros que interactúan con los recursos forrajeros y animales existentes. Entre los principales beneficios del sistema se destacan el incremento de la productividad y sostenibilidad, ciclaje de nutrientes, disminución de erosión de suelos y pérdida de fertilidad, el incremento de la biodiversidad, y mejores condiciones de nutrición para los animales (Carmona, 2005).

Entre las especies usadas para el establecimiento de los sistemas silvopastoriles en trópico alto se destaca el Tilo (*Sambucus peruviana*), planta arbustiva originaria de los Andes que posee amplias bondades nutricionales y de manejo, pues su presencia en predios bovinos permite no solamente ser fuente nutricional, sino que actúa también como cercas vivas que proveen protección contra factores climáticos y de agentes externos a la actividad ganadera. Esta especie a pesar de las ventajas anteriormente citadas solamente se propaga de forma asexual (estacas) limitando su multiplicación, lo cual implica un alto costo financiero y esfuerzo físico para generar una planta. Lo anterior se debe entre otras razones al bajo porcentaje de germinación que posee la semilla de Tilo, posiblemente al largo periodo de dormancia o la baja viabilidad de esta semilla (Grajales, Botero, & Ramírez, 2015).

En el mismo sentido radica la importancia de abordar el estudio exploratorio de la germinación de semillas de Papayuela (*Vasconcella Cundinamarcensis*) que permita el aumento de la oferta de frutas tropicales con potencial tanto en mercado interno como para exportación (Benítez, Lobo, Delgado, & Medina, 2013).

Dentro de la amplia variedad de especies frutícolas que poseen potencial para su implementación y desarrollo, tanto por sus características organolépticas, usos tanto en la gastronomía como en procesos industriales se destaca la Papayuela, que a pesar de sus características, es fruto tropical casi olvidado, tal que al menos para el departamento de Boyacá, son escasos los cultivos comerciales o de gran escala, pero por el contrario contrasta su amplia distribución en fincas de agricultura familiar donde comúnmente se encuentra como especie de traspatio, con mercados locales a pequeña escala, que aprovechan sus características en usos culinarios, medicinales y repostería entre otros (Hernandez, 2009).

Entre varias limitantes tecnológicas que posiblemente inciden en su escaso desarrollo como cultivos, la propagación por semilla presenta amplias dificultades ya que se desconoce su comportamiento fisiológico, y las metodologías para romper de forma eficiente su latencia y dormancia, por consiguiente, es necesario indagar diferentes métodos que permitan aumentar la eficiencia en su propagación mediante la evaluación de sustratos y métodos de escarificación que disminuya los tiempos y el porcentaje de germinación de la semilla de papayuela. Lo anterior implica que es necesario iniciar trabajos exploratorios a nivel de laboratorio que evalúen diferentes técnicas de escarificación para la germinación in vitro de semillas de Tilo y Papayuela.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Tanto el Tilo (*Sambucus peruviana*) como la Papayuela (*Vasconcella Cundinamarcensis*) son especies tropicales de alto interés tanto ecosistémico como comercial, dada la importancia que reviste para agroecosistemas silvopastoriles y frutícolas respectivamente. Estas dos especies poseen como característica común su limitada capacidad de multiplicación por semilla, ya que su germinación es limitada por factores aún no lo suficientemente claros. La propagación de estas dos especies se hace tradicionalmente de forma asexual (vegetativa), limitando el establecimiento de cultivos. Lo anterior debido a que las semillas de estas dos especies no germinan fácilmente en condiciones de campo, posiblemente por factores enzimáticos que inciden en su latencia y dormancia. Igualmente, no se han evaluado para las dos especies procesos de escarificación física y química que permita determinar su efecto sobre la germinación de las mismas.

4. MARCO CONCEPTUAL

4.1 LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES.

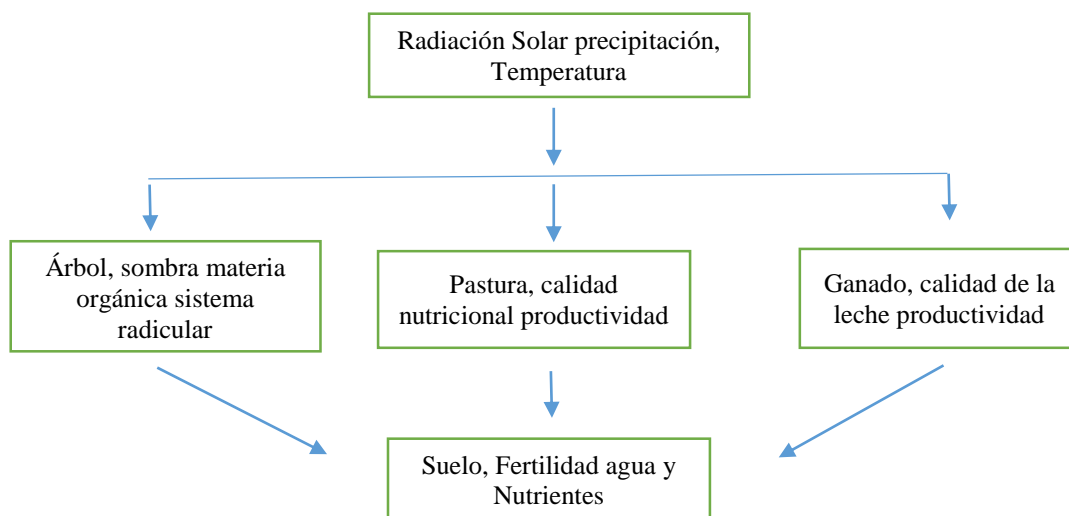
Los sistemas Silvopastoriles son alternativas de producción pecuaria que involucran la presencia de árboles o arbustos dentro o alrededor de las praderas y cultivos e interactúan con los recursos forrajeros y animales existentes. Tienen como objetivo básico el incremento de la productividad y sostenibilidad de sistemas, aprovechando los aportes de las leñosas perennes representados principalmente por incremento del ciclaje de nutrientes, la protección del suelo, los efectos del viento y lluvias, el incremento de la diversidad de especies y el aporte de forrajes y nutrientes para los animales, creando al mismo tiempo un sistema de producción sostenible con beneficios ambientales (Mahecha, 2002).

En los sistemas silvopastoriles existe una interacción dinámica entre el ganado y las especies vegetales allí establecidas, lo cual determina su estructura, composición y función. Dicha interacción además establece los mecanismos de cambio durante el pastoreo. La dinámica estructural está dada por la capacidad de consumo del ganado, la distribución y la frecuencia de las especies proveedoras de forraje y la preferencia que sobre ellas tenga los rumiantes, así como la respectiva capacidad de recuperación y regeneración de las especies (Riis, Skarpe, & Moe, 2009).

El Tilo (*Sambucus peruviana*) es una especie de tipo arbustivo que se desarrolla en condiciones óptimas entre los 2200 a los 3000 msnm, nutricionalmente posee altos niveles de proteína cercanas al 20% convirtiéndolo en una alternativa para la nutrición animal. Tal es así que para el establecimiento de sistemas silvopastoriles de trópico alto su uso es de importancia, ya que son pocas las especies que hagan aportes nutricionales y ecosistémicos similares (Grajales, Botero, & Ramírez, 2015).

Esta especie puede multiplicarse mediante semillas sexuales o de forma vegetativa, sin embargo su propagación por semillas sexuales es complicada por condiciones complejas de letargo de las cubiertas y del embrión, de esta manera las semillas deben someterse a un periodo de estratificación cálida de dos meses a temperatura de 21°C a 30°C. Seguido por periodo de estratificación fría de 3 a 5 meses temperatura de 4°C. Condiciones que se obtienen de forma natural en la transición verano-otoño, por tanto el método de propagación normalmente utilizado es el de estacas por su facilidad de enraizamiento. Lo anterior no ha sido posible demostrarlo

en condiciones tropicales ya que no se logran las transiciones de temperatura anteriormente mencionadas (Londoño & Patarroyo, 2017).



Fuente: Autor

Ilustración 1 Interacciones en los sistemas silvopastoriles.

4.2 LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES EN EL TRÓPICO DE ALTURA

Los sistemas silvopastoriles son modelos de producción ganadera que integra a su sistema diferentes especies de árboles y/o arbustos dentro o alrededor de las praderas y cultivos, los cuales conforman con la pradera un ecosistema complejo e interdependiente que proporciona mayor cantidad de recursos forrajeros, pues su obtiene biomasa desde los diferentes estratos que posee el sistema, es decir, la proveniente de las especies herbáceas, las arbustivas y las arbóreas. Tienen como objetivo básico el incremento de la productividad y la sostenibilidad del sistema, aprovechando los aportes de las leñosas perennes, representados principalmente por el incremento del ciclare de nutrientes, la producción de suelo de los efectos del invierno y lluvias, el incremento de la diversidad de especies y el aporte de forraje y nutrientes para los animales, cuándo al mismo tiempo un sistema de producción sostenible con muchos beneficios Ambientales (León, 2014).

En los sistemas silvopastoriles los diferentes componentes están íntimamente relacionados, por lo tanto es necesario identificar la función que cada uno de ellos cumple. Igualmente es necesario conocer los efectos del pastoreo sobre la composición y la función del sistema y los mecanismos por los cuales se producen cambios, durante el pastoreo, los rumiantes tienen la capacidad de seleccionar área

de pastoreo o de ramoneo dentro de estas áreas, también pueden seleccionar ciertas especies y partes específicas de esas especies, selección que está determinada por características asociadas con el animal y con las de la vegetación disponible durante el pastoreo, hace referencia a la cantidad de material forrajero eliminado por el animal durante el pastoreo, siendo la altura de la vegetación después del pastoreo, uno de los mejores indicadores de esta intensidad. En este sentido, la respuesta de las especies forrajeras al pastoreo o corte es variable mientras algunas tienen capacidad de recuperarse de manera más lenta, diferencias relacionadas con el mismo nivel de recursos disponibles para el crecimiento de la planta, especialmente agua, nutrientes y luz, recursos sobre los cuales interactúan árboles, animales y hombre de este modo se presentan diferentes niveles de consumo de pisoteo y otros daños físicos y de deposición de orina y heces en el área con o sin árboles (Alonso, 2011).

Los sistemas Silvopastoriles poseen una serie de características que le hacen atractivo desde el punto de vista del aumento de la producción, como desde la conservación y la sostenibilidad del medio ambiente. Por ello que estos sistemas han venido ganando aceptación entre los ganaderos ya que aportan ventajas económicas, ambientales, entre las cuales se pueden mencionar el abastecimiento de madera, alimentos y otros subproductos del bosque como forraje, leña, reducción de la presión sobre el bosque natural, postes y materia orgánica entre otros beneficios (USAID, 2015).

De la misma forma la presencia de diversas especies forrajeras en multiestrato aumenta la superficie de exposición para realizar procesos de fotosíntesis, lo cual aumenta la producción de biomasa, de igual forma el aumento de la masa radicular en el suelo optimiza la captura de nutrientes y disminuye la exposición al suelo a efectos de la erosión (Somarriba, 2015).

De la misma forma este sistema de producción de forrajes genera recursos alimenticios de alta calidad para los bovinos que no compiten con la alimentación humana e incremento de la disponibilidad de la materia seca relacionada directamente con el aumento de producción biomasa vegetal y aprovechamiento del forraje producido por los árboles mediante ramoneo o un sistema del corte acarreo. Este sistema genera un microclima favorable para la actividad biológica beneficiando la población de microorganismo (Grajales, Botero, & Ramírez, 2015).

Entre otros beneficios los sistemas silvopastoriles ejercen un efectivo control de los factores generadores de erosión tales como disminución del impacto de la lluvia o los efectos directos del sol, además favorece los procesos de infiltración, la permanencia de la materia orgánica sobre la superficie del suelo. Lo anterior se

complementa con la mayor temperatura promedio dentro del sistema silvopastoriles en comparación con los sistemas tradicionales de pastoreo, ya que bajo presencia de heladas (en el trópico alto) la diversidad de árboles permite reducir las bajas temperaturas hasta en un 50%; lo cual produce un efecto de termorregulación en el sistema (durante la mayor parte del día) que reduce el estrés en los animales por las temperaturas extremas, mejorando el consumo voluntario de forraje que junto con los altos niveles de proteínas de las especies establecidas ha logrado incrementos significativos en la ganancia de peso de los bovinos (Díaz, Naranjo, & Murgueito, 2015).

Diferentes fuentes bibliográficas reportan que los sistemas silvopastoriles posee mayor producción primaria neta por su mayor área de exposición a la radiación solar, lo cual favorece el mayor ciclaje de nutrientes y eficiencia hídrica, lo cual se traduce en mayor movilización del carbono en el sistema, fijación de nitrógeno y transformación mediante procesos simbióticos con diferentes microorganismos del suelo de diferentes elementos nutritivos. Finalmente, además de los beneficios biológicos y nutricionales de los sistemas silvopastoriles, es importante mencionar los beneficios financieros que traen consigo (Murgueitio R, 2015).

4.3 Tipos de Sistemas Silvopastoriles

La literatura reporta diversas formas o arreglos productivos que están dentro de los denominados sistemas silvopastoriles, estos arreglos se clasifican de acuerdo con la cantidad de condiciones que allí se incorporen tales como las cercas vivas, los arreglos de sombra y de ramoneo y los bancos forrajeros, que en trópico alto son establecidos con diversas especies, entre ellas Aliso, Acacia negra, Tilo etc. Dentro de las clasificaciones se destacan las siguientes:

4.3.1 Sistemas Silvopastoriles de Intensivos (SSPI)

Los Sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI) son una modalidad de los sistemas agroforestales ganaderos los cuales además de proveer carne y/o leche provee productos madereros y frutales. Se caracteriza porque en un mismo estrato se encuentran diversas especies con fines específicos diferentes. En el estrato inferior incorporan especies arvenses tipo gramíneas forrajeras. En el estrato medio se establece arbustos en alta densidad destinada al ramoneo de los animales, las especies más usadas son el Tilo (*Sambucus peruviana*) en trópico alto y Leucaena (*Leucaena leucocephala*) en trópico bajo. Una de las mayores ventajas del sistema silvopastoril de sombra consiste en que el forraje desarrollado bajo condiciones de sombra, poco viento y cercano a árboles tiende a madurar más lentamente y por lo

tanto posee menos fibra y presenta mayor digestibilidad en comparación con los forrajes que crecen en la pradera sin sombra (FEDERACION DE GANADEROS DE COLOMBIA (FEDEGAN), 2013).

4.4 TAXONOMÍA DEL TILO

Reino: Plantea
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Subclase: Asteridales
Orden: Dipsacales
Familia: Adoxaceae
Género: Sambucus
Especie: nigra

Este género *Sambucus nigra* posee en Colombia las siguientes dos Subespecies reportada las cuales son difícilmente identificables en condiciones de campo.

- a. *Sambucus Peruviana*
- b. *Sambucus mexicana*.

Entre otras denominaciones esta especie es conocido vulgarmente como Sauco, Tilo, Canillero, Layán o Rayán (Díaz, Naranjo, & Murgueito, 2015).

El sauco *Sambucus nigra* es un arbusto con características botánicas, composición química y sustancias activas, que ofrece las condiciones para ser aprovechado con fines medicinales, alimenticios, ornamentales, artesanales y para suplementación animal (Sanchez, 2010).

El sauco como especie multipropósito por sus propiedades permite ser implementado bajo diferentes herramientas de manejo del paisaje y proporciona forraje de buena calidad, mejora las condiciones de la leche, aporta en la protección de los recursos y en general ofrece diversidad de subproductos que pueden ser aprovechados (Sanchez, 2010).

4.4.1 Distribución y usos.

El Tilo es un arbusto nativo de Europa, noroeste de África y sudoeste de Asia, distribuido en América desde México y Costa Rica hasta Argentina. En Colombia está distribuido en los departamentos de Boyacá, Caldas, Putumayo, Quindío,

Antioquía, Cauca, Cundinamarca, Valle del Cauca, Nariño, Amazonas y Huila en altitudes que varían entre 1.400 y 2.600 msnm (Federación de ganaderos de Boyacá. (FABEGAN)., 2015).

Esta especie además de servicio como forraje para los semovientes ahorra costos en cuando se utiliza para la delimitación de linderos en las explotaciones bovinas. El Tilo sambucus, la planta arbustiva originaria de los Andes que puede medir entre 3 y 6 metros de altura y que cuenta con gran cantidad de hojas, día a día gana terreno en las explotaciones bovinas por sus bondades nutricionales y de manejo (Londoño & Patarroyo, 2017).

De acuerdo con Andrés Zuluaga, coordinador del proyecto de ganadería sostenible de la federación Colombiana de Ganaderos, Fedegán FNG, tener estas plantas en los predios bovinos es de gran utilidad puede servir no solo para brindarles alimento a las reses, ya que es un alimento de alta contenido de proteína (cerca al 22 %) sin además es de alta digestibilidad y lo consumen fácilmente los animales. Puede ser incluido en diferentes arreglos productivos, tal como arboles dispersos dentro del potrero, cercas vivas y en bancos forrajeros los cuales proveen alimento al ganado durante varios periodos en el año, disminuyendo la dependencia de insumos externos, especialmente de alimentos concentrados de alto costo (Federación de Ganaderos de Colombia (FEDEGAN), 2015).

Con respecto al uso del Tilo como cerca viva, la especie constituye un importante insumo ya que permite el diseño de potreros, lo cual mejora el manejo de los mismos, disminuye los costos de mantenimiento pues se evita la compra de madera para dichas cercas, y su duración es ampliamente superior, pues su reemplazo puede tardar más de cincuenta años (Muschler, 2001).

Un valor ecosistémico agregado de esta especie es su alta capacidad de soportar las bajas temperaturas, las cuales son frecuentes en los primeros meses del año en la zona central del país. De la misma forma posee alta capacidad de recuperación luego de periodos de heladas o largos periodos de sequías. Esta condición es ideal para las condiciones cambiantes del clima y de la estacionalidad de la producción agropecuaria (Grajales, Botero, & Ramírez, 2015).

La ganadería Tiene hoy una complejidad enorme que busca que el productor puede sostener su rentabilidad produciendo praderas de buena calidad y bajo costo, Entonces introducir estas plantas arbóreas ayuda a sustituir alimentos concentrados que se consiguen en el mercado a un precio mayor. Estas plantas, aunque requiere de buena humedad, se adaptan fácilmente al trópico de altura y ha demostrado su

eficiencia en sistemas ganaderos, que gracias a su uso constante han mejorado su flujo y rentabilidad (Federación de Ganaderos de Colombia (FEDEGAN), 2015).

4.5 Taxonomía de la Papayuela.

Familia: Caricaceae
Especie: Candamarcensis Hook.
Género: Carica

Nombre científico: Es llamada por distintos nombres según el país o la zona en la cual este cultivada, además de los nombres que en este momento ya no se utilizan algunos de estos nombres son: *Carica pubescens* Lenne et Koch, *Caricapube.scens* (A. DC.) Solms-Laub; *Vasconcttea costriflora* A. DC; *C candamarcensis* Hook C. chirinquensis Woodson. Nontire comiin: Papayucia (Colombia, Venezuela). Chichualcan. Siglalon. Chamburo (Ecuador), Chamburo, Huanarpu hembra. Papaya dc monte. Papaya arequipefia. Papaya de altura (Perii, Bolivia), Mountain papaw. Para el presente trabajo se usará el nombre científico (*vasconcellea Cundinamarcensis*), como sinonimia de carica pubescens (DAVIDSE, SOUSA SÁNCHEZ, KNAPP, & F., 2013).

4.5.1 Morfología de la Papayuela

Planta que alcanza hasta 3.5 m de altura, tallo grueso en la base y se adelgaza en la parte superior. Hojas pecioladas (17 a 34 cm), lámina dentalobulada de 20 a 26 cm de longitud y 30 de ancho, presenta flores masculinas, femeninas y hermafroditas. Inicia producción a los 18 meses con un rendimiento de 22Ton/ha/año (ASOHOFrucol, 2019).

Fruto: El fruto es muy aromático, de color amarillo claro, oblongo-elíptico, truncado en la base y agudo en el ápice, de 8 a 11cm de largo y 5 a 6 cm de diámetro, con cinco costillas muy pronunciada. La pulpa, ligeramente amarilla, constituye cerca del 60% del peso total de la fruta y contiene numerosas semillas en la cavidad central cubiertas por una membrana dulce, transparente y gelatinosa. Esta fruta es aprovechada para consumo, puede ser fresca o en jaleas e incluso conservas, así como también tiene Propiedades Medicinales ya que contiene fuente natural de fibras, enzimas y sales minerales, es poseedora de una enzima llamada papaína, usada para contrarrestar el crecimiento descontrolado de células cancerígenas (Osorio, 2008).

4.5.2 Origen y distribución

En nombre común de este fruto es Papayuela, pero varía de acuerdo a la zona o país en la cual se encuentra. En este caso se le llama Papayuela en Colombia y Venezuela; Chichualcan o Chamburo en Ecuador; Chamburo, Huanarpu hembra, Papaya de monte, Papaya arequipeña. Papaya de altura en Perú y Bolivia; Papaya chilena en Chile. Su origen y distribución se da a lo largo de los andes de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia (ECOGRAINS, 2019).

Se cultiva o está establecida en forma natural en sitios templados entre los 1500 y los 3000 msnm, es posible encontrarla en situaciones disímiles, bien sea a campo abierto o en lugares sombríos y húmedos dentro del bosque. Sin embargo, es habitual que se establezca en lugares con alturas superiores a los 3000 msnm, pero con escasa resistencia a las heladas. En Colombia se ha reportado en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Antioquia y Nariño entre otros Departamentos; pero en general se encuentra en casi todo el territorio nacional (Osorio, 2008).

En Boyacá es una especie tradicional, ya que hace parte de las especies consideradas como parte de la seguridad alimentaria de los campesinos, pues hace parte de la diversidad agroalimentaria y medicinal pues tiene amplios usos dentro de la tradición popular, ya que hace parte de las recetas medicinales y alimentarias. Igualmente, aunque su cultivo es poco extendido, se encuentran algunos cultivos comerciales en forma incipiente en la zona central del departamento de Boyacá, en los municipios de Sotaquirá y Ramiriquí entre otros (Lagos, 2007).

4.6 MÉTODOS DE PROPAGACIÓN DE SEMILLAS.

El Tilo puede multiplicarse mediante semillas sexuales o vegetativas, sin embargo, su propagación por semillas sexuales es complicada por condiciones complejas de letargo de las cubiertas y del embrión, de esta manera, las semillas deben someterse a un periodo de estratificación cálida de 2 meses a temperatura de 21° a 30° C, seguido de un periodo de estratificación fría de 3 a 5 meses, a temperatura de 4°C, condiciones que se obtienen de forma natural en la transición de periodos fríos y periodos calurosos, por tanto, el método de propagación normalmente utilizado en estacas o semilla vegetativa por su facilidad de enraizamiento (Sanchez, 2010)

La propagación vegetativa es la producción de plantas a partir de partes de otra planta similar, utilizando los tejidos vegetales que conserva la potencialidad de multiplicación y diferenciación celular para generar nuevos tallos y raíces a partir de

cúmulos celulares presentes en diversos órganos, en el reino vegetal, casi la totalidad de los órganos de una planta vascular presentan capacidad para su propagación vegetativa al sufrir modificaciones anatómicas y funcionales que le permitan desarrollarse en un órgano vegetal completo e independiente, con las mismas características genéticas de la planta progenitora, a partir de las yemas, que por lo general se encuentran en las axilas de las hojas o en diferentes porciones del tallo pueden obtenerse raíces adventicias (CAYSAHUANA, 2015).

Aunque las estacas pueden prepararse a partir de las raíces, hojas y ramas, se prefieren las del tercio medio de las ramas, por la facilidad de obtención y preparación, sin embargo, la selección de las mismas debe involucrar procesos importantes tales como el estado físico y sanitario de la planta madre y principalmente la presencia de las yemas en cada una de las estacas ya, que su ausencia afecta de manera negativa el proceso de enraizamiento por su contenido de cofactores específicos indispensables para ese proceso tales como terpeno, compuestos fenólicos y algunos ácidos (Gómez-Kosky, 2015).

Además de una adecuada selección, las estacas pueden recibir algunos tratamientos como utilización de hormonas y adición de nutrientes al suelo, especialmente cuando se produce el enraizado, ya que estos pueden acelerar los procesos de enraizamiento y, por tanto, la formación de la nueva planta. No hay que dejar de lado las condiciones básicas de producción vegetal, como un material inicial de buena calidad, sustrato y riego adecuado y manejo de la temperatura y la radiación solar, Para el sauco, la plantación de estacas en vivero y su posterior trasplante parece ser forma más adecuada de propagación (Sanchez, 2010).

El vivero es una instalación y/o conjunto de instalaciones que tiene como objetivo básico la producción de plantas, originadas de semillas sexuales o de semilla vegetativa, presentan periodos críticos de sobrevivencia durante los primeros días de vida, siendo necesaria la utilización de instalaciones especiales en las que se maneja y/o se atenúan las condiciones ambientales y se proporcionan las condiciones de crecimiento más favorable para las que las nuevas plantas continúen su desarrollo y adquieran la fortaleza necesaria para trasladarlas al lugar en el cual pasará el resto de su vida (Osuna, 2016).

Adicionalmente las producciones de plantas en viveros permiten prevenir y controlar los efectos de depredadores y de enfermedades que afectan a las plántulas en su etapa de mayor vulnerabilidad. Para la instalación o construcción de un vivero es necesario analizar la ubicación o acceso al lugar, la topografía del terreno y la disponibilidad de recursos hídricos también es importante la textura y otras

características del suelo para determinar las necesidades de nivelación, tipos de propagación a implementar y tipos de enmiendas a realizar (Jaramillo, 2013).

4.7 ESCARIFICACIÓN DE SEMILLAS.

Este tratamiento se utiliza para romper la latencia fisiológica, y radica en instalar las semillas entre capas que conservan la humedad, usualmente arena o bien turba o vermiculita, en frío o calor. La estratificación fría es aquella donde se custodian las semillas a temperaturas bajas (4 a 10 °C), asemejando a las circunstancias de invierno, por un período que oscila entre 20 y 60 días, llegando inclusive hasta 120 días (Varela, 2011).

4.7.1 Escarificación física

Consiste en frotar la cobertura de las semillas con lijas, limas o quebrarlas con un martillo o pinzas. Si es a gran escala se utilizan equipos 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, dotados de ruedos abrasivos giratorios. Se han obtenido resultados óptimos con este tratamiento en semillas de Maitén, a las que se les ha eliminado el arilo mediante frotación con arena logrando un 81% de germinación (Figueroa, 2004).

4.7.2 Escarificación química

Consiste en humedecer las semillas por períodos breves (15 minutos) a 2 horas, en compuestos químicos. Las semillas secas se ponen en recipientes no metálicos y se cubren con ácido sulfúrico concentrado en razón 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 filtra el ácido y las semillas se lavan con abundante agua para quitarles el restante. Las semillas son bañadas en agua corriente con el objetivo de remover los inhibidores químicos presentes en la cubierta. Este tratamiento también es empleado con el fin de ablandar la 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 (Flores, 2015).

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general.

Evaluar exploratoriamente la germinación in vitro de semilla de dos especies con potencial ecosistémico y comercial usando métodos de escarificación física y química en Tunja (Boyacá).

5.2 Objetivos específicos.

- Seleccionar y obtener semillas de Tilo (*Sambucus peruviana*) y Papayuela (*Vasconcella Cundinamarcensis*) en la provincia centro del Departamento de Boyacá.
- Implementar la escarificación física y química en semilla de Tilo (*Sambucus peruviana*) y Papayuela (*Vasconcella Cundinamarcensis*).
- Determinar los efectos de la escarificación física y química en la germinación de semillas de Tilo (*Sambucus peruviana*) y Papayuela (*Vasconcella Cundinamarcensis*).

6 METODOLOGÍA

El trabajo aplicado se realizó en el laboratorio de Agronomía de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD en el Cead Tunja, durante el periodo de agosto a diciembre de 2018. Como base del presente trabajo se tiene las experiencias en campo observando los sistemas silvopastoriles como parte de las salidas de investigación formativa del semillero de investigación en agricultura sustentable SIAS perteneciente al Grupo de Investigación GIGASS. El trabajo se realizó usando los postulados básicos de la investigación experimental, pero sin que ellos lleguen a tener la rigurosidad en el tratamiento de datos estadísticos, solamente está basada en la realización de procesos que con fundamento técnico y basados en la información existente buscan indagar sobre la forma más efectiva de inducir la germinación de la semilla de las dos especies evaluadas. Por lo anteriormente expuesto es posible afirmar que este trabajo es de tipo exploratorio ya que se controlan algunas variables para delimitar y comparar el comportamiento de diversas variables de interés. Los resultados obtenidos fueron analizados de forma descriptiva, pero sin el uso de técnicas estadísticas elaboradas, pues se busca de forma exploratoria identificar las estrategias de selección de semillas y métodos de escarificación que aumente tanto la velocidad como el porcentaje de germinación de las dos especies que se evaluaron.

Para el desarrollo metodológico del presente trabajo de grado se procedió de la siguiente forma: Para el desarrollo del primer objetivo específico **“Seleccionar y obtener semillas de Tilo (*Sambucus peruviana*) y Papayuela (*Vasconcella Cundinamarcensis*) en la provincia centro del Departamento de Boyacá”**, Se identificó la zona de producción de cada especie en la zona central del departamento de Boyacá, respectivamente en los Municipios de Belén y Duitama y Nuevo Colón para el caso de la Papayuela.

Inicialmente se identificó el patrón de fructificación de las especies estudiadas, posteriormente se colectaron frutos maduros, los cuales fueron sometidos a un proceso de sobre maduración, para luego ser extraídas las semillas mediante proceso de fermentación.

Para lo anterior las semillas fueron sometidas a proceso de fermentación por un periodo de 48 horas, luego de lo cual mediante fricción se separaron las semillas tanto de Tilo como de Papayuela del mucilago que les recubre. Posteriormente se

sometieron a secado por un periodo de 10 días a temperatura ambiente, luego de lo cual se procedió a hacer la respectiva descripción morfológica de las semillas.

Para el desarrollo del objetivo específico dos “**Implementar la escarificación física y química en semilla de Tilo (*Sambucus peruviana*) y Papayuela (*Vasconcella Cundinamarcensis*)**” se seleccionaron estos dos métodos de escarificación por ser los más usados en la germinación de semillas tanto de especies forestales como frutales. Para el diseño del experimento que permita evaluar los efectos de estos dos métodos sobre la germinación de las dos especies de semillas, se tuvieron en cuenta reportes que sobre este aspecto se han publicado en diferentes artículos de revistas científicas. Para la escarificación física se usó el método de fricción, el cual consiste en el sometimiento de la semilla a un proceso de desgaste de la sarcotesta mediante diferentes tiempos de exposición. Para lo anterior se diseñó un sencillo sistema de agitación magnética que con fricción entre la semilla y papel de lija número 100 durante periodos variables de tiempo de 1 minuto, 5 minutos, 10 minutos y 20 minutos.

Para realizar el proceso de la escarificación química de las semillas de Papayuela y Tilo se utilizó el método de inmersión de las semillas en una disolución de ácido sulfúrico con concentraciones del 10% durante tiempo de 5 minutos. Posterior a la inmersión de la semilla se realizó triple lavado de las mismas utilizando agua potable con el objetivo de retirar los posibles residuos del ácido.

Las Unidades experimentales están constituidas por una caja Petri con 30 semillas dispuestas en grupos de 10 semillas sobre papel absorbente. Cada grupo constituye las repeticiones de dicho tratamiento.

Se realizaron los siguientes tratamientos para la escarificación física y química:

- T1: Semilla de Tilo sin escarificar
- T2: Semillas de Tilo escarificada física.
- T3: Semilla de Tilo con escarificación química.
- T4: Semilla de Papayuela sin escarificar
- T5: Semilla de Papayuela escarificación física
- T6: Semilla de Papayuela escarificada química

Todos los tratamientos poseen tres repeticiones de tal forma que se logre adecuada valoración de los resultados obtenidos, de tal forma que cada caja constituye un tratamiento con sus respectivas repeticiones.

Para el cumplimiento del objetivo específico tres “**Determinar los efectos de la escarificación física y química en la germinación de semillas de Tilo (*Sambucus peruviana*) y Papayuela (*Vasconcella Cundinamarcensis*)**”. Se procedió de la siguiente manera: Para el caso de las semillas que fueron escarificadas de forma física, se desinfectaron mediante en hipoclorito de sodio al 5% durante 5 minutos, luego se lavaron con agua potable y fueron sometidas a secado durante 24 horas. Posteriormente y teniendo presente el diseño de tratamientos se sembraron en cajas de Petri a las cuales se le ha puesto un papel desechable húmedo. Cada tratamiento tendrá tres repeticiones para tener suficiente evidencia del efecto del tratamiento sobre la germinación. Las cajas con los tratamientos serán sometidas a condiciones de luz y temperatura ambiental cuya temperatura oscila entre 12°C y 18°C; se hará control de humedad al medio de cultivo y monitoreo constante para determinar tanto el tiempo como el porcentaje de germinación. Se realizaron lecturas cada tres días sobre el estado de desarrollo del proceso germinativo de las dos semillas. Con los datos obtenidos se procedió a realizar la respectiva evaluación de los resultados obtenidos.

7 RESULTADOS

7.1 Selección y obtención de semillas de Tilo y Papayuela en la provincia centro de Boyacá.

Se visitaron varios predios que poseen sistemas silvopastoriles en los municipios de Duitama y Belén en Boyacá. Seguidamente se identificaron arboles maduros de Tilo que estuvieren en proceso de fructificación, se identificaron racimos maduros de frutos que fueron cosechados. Ulteriormente dichos racimos de frutos fueron sometidos a un proceso de sobre maduración durante 8 días a temperatura ambiente y humedad relativa promedio del 75%. Consecutivamente los frutos se sometieron a un proceso de fermentación anaeróbica durante tres días, luego del cual se despulpó la semilla y se separó completamente del mucilago.



Ilustración 1. Características del Tilo

Posterior al proceso de despulpado la semilla, el material biológico se sometió a un periodo de secado por 72 horas a temperatura ambiente lo cual disminuyó la humedad de la semilla con lo que fue posible iniciar el proceso de germinación de las mismas. Luego de registrar menor humedad en las semillas, se procedió a separarlas de los residuos de mucilago y corteza mediante corrientes de aire continuo.



Ilustración 2. *Semillas de tilo sin seleccionar*

Tal como se muestra en estas ilustraciones, se procedió a hacer la respectiva selección de semilla mediante separación de residuos vegetales que se encuentra junto con las semillas.



Ilustración 3. *Proceso de selección de semilla de Tilo*

Posteriormente se separó la semilla mediante diversos tamices que permitieron obtener la semilla de Tilo completamente libre de otros residuos vegetales provenientes tanto de los frutos como de ramas y hojas.



Ilustración 4. *Semillas de tilo seleccionada*

7.2 Implementación del proceso de escarificación física y química en semilla de Papayuela.

El proceso de escarificación física se realizó mediante la construcción de un escarificador magnético, dicho instrumento consistió en la adaptación de un agitador magnético mediante el recubrimiento del magneto con papel de lija, y el recubrimiento del vaso de agitación también con papel de lija. Consecutivamente se realizaron diferentes pruebas tanto de velocidad como de tiempo de agitación para verificar el efectivo desgaste de la testa de la semilla, sin que llegase a destruirse.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos en las evaluaciones de agitación de semillas y su porcentaje de ruptura de la testa de la semilla. Es importante mencionar que se buscaba el desgaste de la testa, sin que se rompiera y quedara expuesto el embrión.

Prueba	Velocidad de agitación	Tiempo de agitación (minutos)	Desgaste de testa	Ruptura de testa (%)
1	Alta	1	Desgaste escaso	0
2	Alta	5	Desgaste escaso	0
3	Alta	10	Desgate medio	20
4	Alta	20	Desgate medio	60
5	Intermedia	1	Desgaste escaso	0
6	Intermedia	5	Desgaste escaso	0
7	Intermedia	10	Desgate medio	0
8	Intermedia	20	Desgaste alto	5
9	Baja	1	Desgaste escaso	0
10	Baja	5	Desgaste escaso	0
11	Baja	10	Desgaste escaso	0
12	Baja	20	Desgaste escaso	0

Tabla 1. Evaluación de escarificación física.

En la tabla 1 se evidencia que el proceso de escarificación mediante agitación presenta notorias diferencias tanto por la velocidad del agitador magnético como por el tiempo de exposición de las semillas a dicho movimiento sobre superficies abrasivas.



Ilustración 5. Proceso de escarificación Física

Para el caso de la escarificación usando velocidad alta en el agitador, esta logra alto nivel de desgaste de la testa con un alto porcentaje de ruptura en exposición a 10 minutos, lo anterior se explica por la alta rotación y la fuerza con la cual se mueve el magneto. Por su parte la baja velocidad tiene un efecto inverso, ya que este movimiento es tan lento que no logra que las testas de las semillas tengan suficiente desgaste, ni tampoco ruptura de la misma. De otra parte, la velocidad intermedia del agitador logró a los 20 minutos un alto efecto de desgaste en la testa sin tener un porcentaje alto de ruptura de semillas. En consecuencia, este método es el indicado para hacer el proceso de escarificación física de las semillas de Tilo y Papayuela.

En cuanto a la exposición de las semillas al ácido sulfúrico, esta se realizó teniendo en cuenta resultados de escarificación química de otras semillas donde se demostró que un método adecuado es la exposición de semillas al ácido en concentración del 10% durante 5 minutos. Por lo tanto, siguiendo esta recomendación se procedió a sumergir tanto las semillas de Tilo como las de Papayuela en el ácido con la concentración ya mencionada durante 5 minutos. Posteriormente se realiza un lavado de las mismas en forma exhaustiva con agua pura durante tres veces para eliminar los residuos del ácido (Orozco, 2010).



Ilustración 5. Escarificación química

En la foto se observa el proceso de escarificación química, dejando las semillas sumergidas en el ácido sulfúrico al 10% durante 5 minutos, y su posterior lavado.



Ilustración 7. Lavado de semillas en fase experimental

Para la realización del proceso de escarificación tanto físico como químico se trabaja en las instalaciones del laboratorio de Agronomía del Cead Tunja de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD. Se inicia la siembra de semillas el 05 de septiembre del 2018. Tanto el Tilo como la Papayuela se establecen en

cajas de vidrio tipo Petri en la cual se coloca en su fondo papel absorbente con el fin de tener un medio húmedo (saturado) durante el proceso de evaluación.

Como estrategia para hacer las réplicas de cada tratamiento (repeticiones) en el papel absorbente se marcan (con bolígrafo) tres secciones lo cual permite el establecimiento de tres grupos, cada una con 10 semillas, para un total de 30 semillas de cada una de las especies.

Para hacer el seguimiento del proceso de germinación de las semillas se dejaron bajo luz difusa a temperatura con rango entre 12°C y 18°C aunados a humedad relativa ambiental de 75% propias de la ciudad de Tunja, Boyacá teniendo precaución de hacer aplicación de agua hasta capacidad de medio de germinación. Las lecturas sobre el estado de desarrollo de las semillas se realizaron de forma periódica (cada tercer día) reportando la cantidad de semillas germinadas.



Ilustración 8. Detalle de la siembra de semillas en las cajas Petri

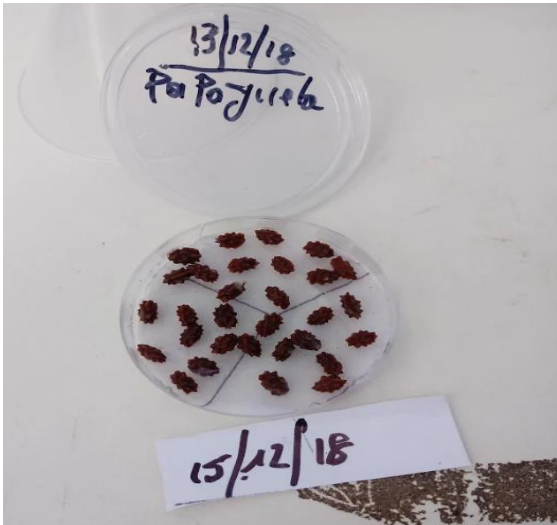


Ilustración 9 Detalle de la siembra de semillas en las cajas Petri.

Posterior a la siembra de los diferentes tratamientos se realizó el seguimiento respectivo, de tal forma que se registró la información tal como se muestra en la siguiente tabla.

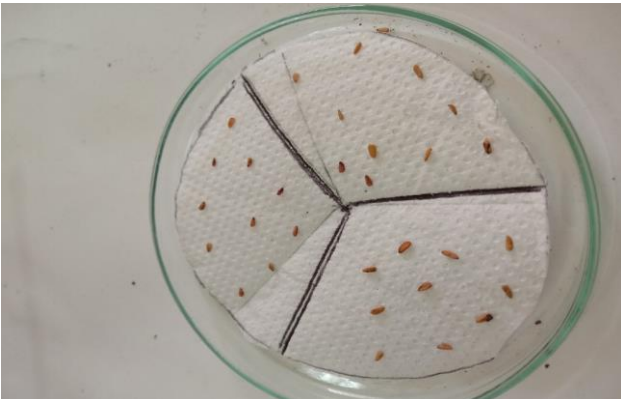


Ilustración 10. Siembra de semillas de tilo en laboratorio

En la ilustración 10 se muestra la forma como se estructuró la caja de Petri, donde la base es papel absorbente donde se marca tres zonas para la disposición de las semillas, lo cual facilita su posterior lectura.

Fecha	Tratamiento	Caja	Germinación de semillas		
			R-1	R -2	R -3
31/10/18	Sin escarificar	1	1	0	0
2/11/18	Sin escarificar	1	1	2	1
9/11/18	Sin escarificar	1	3	3	2
13/11/18	Sin escarificar	1	3	3	2
21/11/18	Sin escarificar	1	3	3	2
26/11/18	Sin escarificar	1	3	3	2
29/11/18	Sin escarificar	1	3	3	2

Tabla 2. Tratamiento T4 Semilla de Papayuela sin escarificar.

La Tabla 2. Muestra los resultados del proceso de germinación de las semillas de Papayuela durante el periodo de octubre a noviembre, se evidencia la unidad experimental 1 (la caja) con sus tres repeticiones.

Fecha	Tratamiento	No. De Cajas	R-1	R -2	R -3
31/10/18	Escarificación química	2	1	0	0
2/11/18	Escarificación química	2	3	0	0
13/11/18	Escarificación química	2	3	3	2
21/11/18	Escarificación química	2	4	3	4
21/11/18	Escarificación química	2	4	3	4
26/11/18	Escarificación química	2	4	3	4
29/11/18	Escarificación química	2	4	3	4

Tabla 3. Control de germinación de la semilla de Papayuela.

La Tabla 3. Muestra los resultados del proceso de germinación de las semillas de Papayuela durante el periodo de octubre a noviembre, se evidencia la unidad experimental 1 (la caja) con sus tres repeticiones.

Fecha	Tratamiento	No. de cajas	R -1	R- 2	R-3
31/10/18	Escarificada física	1	1	0	0
2/11/18	Escarificada física	1	3	0	0
9/11/18	Escarificada física	1	3	2	3
13/11/18	Escarificada física	1	3	2	3
21/11/18	Escarificada física	1	3	2	3
26/11/18	Escarificada física	1	3	2	3
29/11/18	Escarificadas física	1	3	2	3

Tabla 4. Control de Germinación de la semilla de Papayuela.

En la tabla 4 la semilla tuvo una germinación muy similar a la no escarificada, se evidencia ataque de hongos confirmando resultados no óptimos en la germinación de semillas de las especies estudiadas

7.3 Implementación del proceso de escarificación física y química en semilla de Tilo.

El proceso experimental con semillas de Tilo (*Sambucus peruviana*) consistió en realizar pruebas de escarificación física mediante sometimiento del material a agitación con diferentes velocidades y tiempos descritos en la siguiente tabla:

Prueba	Velocidad de agitación	Tiempo de agitación (minutos)
1	Alta	10
2	Alta	30
3	Alta	60
5	Intermedia	10
6	Intermedia	30
7	Intermedia	60
9	Baja	10
10	Baja	30
11	Baja	60

Tabla 5. Prueba de escarificación con agitador para semillas de Tilo

Fecha	Tratamiento	Caja	Germinación de semillas		
			R-1	R -2	R -3
31/10/18	Sin escarificar	1	0	0	0
2/11/18	Sin escarificar	1	0	0	0
9/11/18	Sin escarificar	1	0	0	0
13/11/18	Sin escarificar	1	0	0	0
21/11/18	Sin escarificar	1	0	0	0
26/11/18	Sin escarificar	1	0	0	0
29/11/18	Sin escarificar	1	0	0	0

Tabla 6. Resultados de Tratamiento 1 semillas de Tilo sin escarificación

La Tabla 2 refleja la ausencia total de germinación en semillas de tilo sin escarificar durante el experimento.

Fecha	Tratamiento	Caja	Germinación de semillas		
			R-1	R -2	R -3
31/10/18	Escarificación Física	1	0	0	0
2/11/18	Escarificación Física	1	0	0	0
9/11/18	Escarificación Física	1	0	0	0
13/11/18	Escarificación Física	1	0	0	0
21/11/18	Escarificación Física	1	0	0	0
26/11/18	Escarificación Física	1	0	0	0
29/11/18	Escarificación Física	1	0	0	0

Tabla 7. Resultados tratamiento 2 semillas de tilo con escarificación física

La tabla 3 registra deficiencia en el proceso germinativo de semillas de tilo a lo largo del experimento

Fecha	Tratamiento	Caja	Germinación de semillas		
			R-1	R -2	R -3
31/10/18	Escarificación química	1	0	0	0
2/11/18	Escarificación química	1	0	0	0
9/11/18	Escarificación química	1	0	0	0
13/11/18	Escarificación química	1	0	0	0
21/11/18	Escarificación química	1	0	0	0
26/11/18	Escarificación química	1	0	0	0
29/11/18	Escarificación química	1	0	0	0

Tabla 8. Resultado de semillas de Tilo con escarificación química

La tabla 4 consolida la inexistencia de germinación en semillas de tilo con diferentes tratamientos en la experimentación del estudio.

8 CONCLUSIONES

- En las semillas de Tilo (*Sambucus Peruviana*) no se encontró respuesta a estímulos de escarificación química y física de las semillas.
- En las semillas de Papayuela (*Vasconcellea Cundinamarcensis*) se presentan diferencias en la germinación derivadas del proceso de intervención tanto físico como químico, lo cual permite determinar el éxito de la escarificación en el estudio.
- Es importante variar los tratamientos de escarificación para observar posibles efectos en el comportamiento de la germinación de semillas de tilo (*Sambucus Peruviana*).

9 RECOMENDACIONES

Como recomendaciones del trabajo de grado modalidad proyecto aplicado denominando: Evaluación exploratoria de la germinación in vitro de semillas de dos especies de importancia ecosistémica mediante diferentes métodos de escarificación en Tunja (Boyacá), es posible dar las siguientes recomendaciones:

- Se deben seguir realizando trabajos encaminados a evaluar el comportamiento germinativo de semillas de especies tropicales de difícil propagación con el fin de determinar posibles protocolos que permitan su rápida multiplicación
- Evaluar el uso de sustancias químicas y hormonas para determinar el efecto sobre la tasa de germinación de las semillas de tilo y Papayuela.
- Evaluar condiciones ambientales como humedad y temperatura para determinar el posible efecto sobre la tasa de germinación de las semillas.
- Considerar la posibilidad que la semilla de Tilo el embrión sea inviable, lo cual descartaría la posibilidad de la germinación por semilla sexual.

10 REFERENCIAS

- Alonso, J. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 107 - 115.
- ASOHOFRUCOL. (2019). *Ficha Técnica de la Papayuela Vasconcellea cundinamarcensis*. Bogotá.
- Benavides Ballesteros, H. O. (2007). *INFORMACIÓN TECNICA SOBRE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO*. Bogotá: IDEAM.
- Benítez, P., Lobo, M., Delgado, A., & Medina, I. (2013). Estudios de germinación y remoción de latencia en semillas de papayuelas *Vasconcellea cundinamarcensis* y *Vasconcellea goudotiana*. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 187 - 197.
- Burbano, H. (2018). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. *REVISTA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS*, 82 - 96.
- Carmona, J. (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 49 - 63.
- CAYSAHUANA, C. (2015). *PROPAGACIÓN DE Erythrina edulis Triana ex Micheli POR ESTACAS EN TRES ZONAS DE VIDA, PAMPA HERMOSA - SATIPO*. Satipo: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ.
- DAVIDSE, G., SOUSA SÁNCHEZ, M., KNAPP, S., & F., C. (2013). *Saururaceae a Zygophyllaceae*. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Díaz, Naranjo, & Murgueito. (2015). *El Tilo puerta de entrada a los silvopastoriles en el trópico alto*. Bogotá: FEDEGAN.
- ECOGRAINS. (2 de Febrero de 2019). *Características de la Papaya de Altura*. Obtenido de PAPAYA DE ALTURA O CHAMBURU: <https://ecograins.wordpress.com/2014/05/02/caracteristicas-de-la-papaya-de-altura/>
- Federación de ganaderos de Boyacá. (FABEGAN). (2015). *Evaluación arbórea y efecto de la utilización del tilo (sambucus peruviana) como sustituto parcial de alimento balanceado comercial en vacas lecheras*. Tunja: Ganadería Colombiana Sostenible.
- FEDERACION DE GANADEROS DE COLOMBIA (FEDEGAN). (12 de Agosto de 2013). ¿Qué es un sistema silvopastoril intensivo? *Contexto Ganadero*.
- Federación de Ganaderos de Colombia (FEDEGAN). (13 de Marzo de 2015). Tilo, aliado multifuncional en las ganaderías de Colombia. *Contexto Ganadero*.
- Figueroa, J. (2004). Latencia y banco de semillas en plantas de la región mediterránea de Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural*.
- Flores, J. (2015). *Efecto de tratamientos pre-germinativos en la calidad de plántulas forestales de guanipol Himenea Curbaril*. Recinto: BICU.

- Gómez-Kosky, R. (2015). Obtención de plantas madre de *Vasconcellea x helbornii* (Badillo) Badillo a partir de estacas en condiciones semicontroladas. *Biotecnología Vegetal*.
- Grajales, B., Botero, M., & Ramírez, F. (2015). Características, manejo, usos y beneficios del saúco (*Sambucus nigra* L.) con énfasis en su implementación en sistemas silvopastoriles del Trópico Alto. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 155 - 168.
- Hernandez, R. (2009). *IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA DEL SECTOR FRUTÍCOLA EN COLOMBIA*. Bogotá: Unversidad de la salle.
- Jaramillo, J. (2013). *Modelo tecnológico para el cultivo del tomate bajo condiciones protegidas en el oriente antioqueño*. Mosquera: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Lagos, I. (2007). ESTUDIO ETNOBOTÁNICO DE ESPECIES VEGETALES CON PROPIEDADES MEDICINALES EN SEIS MUNICIPIOS DE BOYACÁ, COLOMBIA. *ARTÍCULOS IV CONGRESO COLOMBIANO DE BOTÁNICA*. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- León, T. (2014). *Perspectiva ambiental de la agroecología*. Bogotá: Universidad Nacional De Colombia.
- Londoño, G., & Patarroyo, L. (2017). *Determinación de la calidad del Tilo (Sambucus peruviana) en dos asociaciones al primer corte*. Sogamoso: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Lopez, A. (2015). *Cambio climático y actividades agropecuarias en América Latina*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Mahecha, L. (2002). Importancia de los sistemas silvopastoriles y principales limitantes para su implementación en la ganadería colombiana. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 11 - 17.
- Murgueitio R, E. &. (2015). *PRODUCTIVIDAD EN SISTEMAS SILVOPASTORILES INTENSIVOS EN AMÉRICA LATINA*. Turrialba: CIPAV.
- Muschler, R. (2001). *Introducción a la agroforestería. Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales*. Turrialba: Módulos de Enseñanza Agroforestal CATIE/GTZ.
- Navas, A. (2010). Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. *Revista de Medicina Veterinaria*, 113 - 122.
- Orozco, A. (2010). EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS DE ESCARIFICACIÓN EN SEMILLAS DE ALGARROBO (*Hymenaea courbaril* L.). *Revista de investigación Universidad de Quindío*.
- Osorio, C. (2008). *El aroma de la papayuela Carica Pubescens, aroma libre y generación de Hidroxiésteres a partir de precursores glicosídicos*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

- Osuna, H. (2016). *Manual de propagación de plantas superiores*. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Riis, A., Skarpe, C., & Moe, S. (2009). La conducta del ganado con respecto a la distancia a los árboles en Muy Muy, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 61 - 67.
- Sanchez, L. (2010). *El sauco (Sambucus Nigra) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico alto colombiano*. Mosquera: CORPOICA.
- Somarriba, E. (2015). *Sistemas Agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. San Jose de Costa Rica: CIPAV.
- USAID. (2015). *Sistemas silvopastoriles y buenas prácticas para la ganadería sostenible en Oaxaca*. Oaxaca: Alianza Mexico Redd.
- Varela, S. (2011). *Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos*. Bariloche: Serie técnica: "Sistemas Forestales Integrados" .