

EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE UNA COLECCIÓN DE *Tephrosia* spp. CON  
PRETRATAMIENTO QUÍMICO



MARTA LUCÍA NOGUERA BURBANO

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA  
POPAYÁN  
2022

EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE UNA COLECCIÓN DE *Tephrosia* spp. CON  
PRETRATAMIENTO QUÍMICO

MARTA LUCÍA NOGUERA BURBANO

Trabajo de grado en la modalidad de Investigación para optar al título de Ingeniera  
Agropecuaria

Directores  
cD. Sc. SANDRA MORALES VELASCO  
D. Sc. NELSON VIVAS QUILA

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA  
POPAYÁN  
2022

Nota de aceptación

Los directores y los jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por su autora y lo encuentran satisfactorio.



---

cD. Sc. SANDRA MORALES VELASCO  
Directora



---

D. Sc. NELSON VIVAS QUILA  
Director



---

Mg. LISBETH ROCÍO RUIZ  
Presidente del Jurado



---

Mg. MIKE HOLMES BASTIDAS CHITAN  
Jurado

Popayán, 18 de abril de 2022

## DEDICATORIA

*El esfuerzo y la dedicación a este trabajo de investigación, está dedicado a varias personas que han sido fundamentales en mi vida:*

*A mi amado padre, Sofonías Noguera A., (QEPD), quien me brindó su amor, paciencia y guía para convertirme en quien soy ahora.*

*A mi eterno compañero, Arlez Darío Hernández G, (QEPD), quien se convirtió en mi fuerza e impulso para salir adelante.*

*A mis muy estimados profesores (QEPD): Román Stechauner, Danilo Reyes y Oscar Patiño, quienes partieron inesperadamente de este mundo y se llevaron consigo mi eterno cariño y admiración.*

*A Osita, quien fue mi compañía y modelo para prácticas.*

*A mis amigos, los que están y a los que se fueron, y a aquellos que permanecen siempre presentes en mi camino.*

*A mi madre, quien junto a mi padre fue desde siempre mi guía, mi fortaleza y ejemplo de vida.*

*A mi hijo, para quien deseo ser su modelo de perseverancia y fortaleza.*

*A mi familia, quienes me brindan todo su cariño y apoyo constantes, sin quienes no habríapodido lograr este triunfo.*

*“Lo mejor está por venir”*

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a Dios; como siempre de su mano.

Gracias a la Universidad del Cauca y a la Facultad de Ciencias Agrarias por haberme aceptado y formado, por ser una familia en donde descansó mi esperanza de superación personal y en donde recibí la excelencia en conocimientos impartida por los docentes con quienes tuve la oportunidad de compartir.

Mi agradecimiento especial a mis muy queridos docentes por impartir sus sabios conocimientos, por su paciencia y sus palabras de fortaleza en momentos difíciles; y a todos los estimados funcionarios, por la confianza, cariño y respeto ya que también fueron partícipes de mi proceso de formación profesional.

Gracias a mi hermosa madre Rosa Matilde, a mi hijo Esteban, a mis sobrinas y sobrinos por su apoyo incondicional, a mis hermanos Luz Enit, Yolanda, Gildardo y Tulio, y en especial a mi hermana, Ingeniera Agroindustrial, Amanda Noguera Burbano, por ser mi soporte y la gestora de varios de mis logros, . Mi familia fue uno de los motores de formación y su compañía y apoyo fueron fundamentales para poder culminar esta etapa tan anhelada.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. MARCO REFERENCIAL	15
1.1 MARCO TEÓRICO	15
1.1.1 Las leguminosas	15
1.1.2 <i>Tephrosia</i> spp	15
1.1.3 La germinación	18
1.1.3.1 Etapas de la germinación.	19
1.1.3.2 Condiciones para germinación	20
1.1.4 Producción y cosecha de semilla	20
1.1.5 La latencia	20
1.1.6 Determinación de parámetros de germinación	21
1.2 ESTADO DEL ARTE	22
1.3 USOS Y APLICACIONES DE LA <i>Tephrosia</i> spp.	24
2. METODOLOGÍA	26
2.1 LOCALIZACIÓN	26
2.2 ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN	26
2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL	34
2.3.1 Evaluación de la germinación	35
2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS	36
2.4.1 Determinación del porcentaje de germinación	36
2.4.2 Altura de tallo y número de hojas	36

	pág
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
3.1 ESCARIFICACIÓN QUÍMICA DE LAS ACCESIONES DE <i>Tephrosia</i> spp. MEDIANTE TRES TRATAMIENTOS	37
3.2 VIABILIDAD DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE <i>Tephrosia</i> spp. ESCARIFICADAS POR PROCESOS QUÍMICOS	38
3.2.1 Prueba de viabilidad	39
3.2.2 Porcentaje de germinación..	39
3.3 DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DEL TALLO Y APARICIÓN DE HOJAS	42
3.3.1 Longitud de tallo	42
3.3.2 Determinación del número de hojas	45
3.4 RESULTADOS PROMEDIO OBTENIDOS	49
3.4.1 Germinación	49
3.4.2 Tallos y hojas	50
4. CONCLUSIONES	52
5. RECOMENDACIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXOS	59

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Taxonomía de <i>Tephrosia</i> spp.	16
Cuadro 2. Variedades de <i>Tephrosia</i> spp. incluidas en la investigación	16
Cuadro 3. Tratamientos químicos pregerminativos aplicados a las accesiones de <i>Tephrosia</i>	27
Cuadro 4. Códigos de las accesiones	35
Cuadro 5. Resultados Análisis Univariado de Varianza	39
Cuadro 6. Prueba de Duncan	40
Cuadro 7. Accesiones que componen el subconjunto SC8	41
Cuadro 8. Resumen Altura de tallos en agrupación por variedades	42
Cuadro 9. Resumen Altura de tallos en agrupación por variedades	46

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Características fenotípicas de distintas variedades de <i>Tephrosia</i> spp	17
Figura 2. Estructura de una plántula	19
Figura 3. Tipos y causas de la latencia	21
Figura 4. Etapas de la investigación	26
Figura 5. Cloruro de Tetrazolio	28
Figura 7. Construcción del invernadero	29
Figura 8 Siembra en cajas de Petri	29
Figura 9 Marcación de semilleros	30
Figura 10. Llenado de alveolos	31
Figura 11 Paso de cajas de Petri a semillero	31
Figura 12 Siembra	31
Figura 13. Rotulación	32
Figura 14. Mediciones	33
Figura 15 Trasplante a bolsas de invernadero	33
Figura 16. Bloques	34
Figura 17. Distribución de las accesiones en el invernadero en tratamientos pre germinativos y siembra	35
Figura 18. Tratamientos de escarificación aplicados	37
Figura 19. Prueba de tetrazolio	38
Figura 20. Agrupamiento por SPSS de las 48 accesiones de <i>Tephrosia</i> spp.	40
Figura 21. Porcentajes de germinación del grupo SC8	41
Figura 22. Desarrollo de los tallos	42

	pág.
Figura 23. Longitud de tallo para <i>T.vogelii</i> , <i>T. villosa</i> , <i>T. sinapou</i>	43
Figura 24. .Longitud de tallo para <i>T.sp</i>	44
Figura 25. Longitud de tallo para <i>T.sessiliflora</i>	45
Figura 26. Número de hojas a los 35 días de evolución	47
Figura 27. Número de hojas para <i>T.vogelii</i> , <i>T. villosa</i> , <i>T. sinapou</i>	47
Figura 28. Número de hojas para <i>T.sessiliflora</i> .	48
Figura 29. Número de hojas para <i>T.sp</i>	48
Figura 30. Comparativo de los porcentajes de germinación del subconjunto SC8	49
Figura 31. Comparativo de promedios de crecimiento de tallo y aparición de hojas al interior del subconjunto SC8	50

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Listado CIAT de las accesiones utilizadas para la investigación	59
Anexo B. Registro fotográfico Aparición de raíces	61
Anexo C. Registro fotográfico Crecimiento de tallos	62
Anexo D. Registro fotográfico Aparición de hojas	63
Anexo E. Proceso de trasplante	65
Anexo F. Comparación entre plántulas trasplantadas y siembra directa	66
Anexo G. Tablas de resultados de la práctica	67
Anexo H. Análisis Univariado de Varianza	70

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la capacidad de germinación de una colección de 10 variedades de semillas de *Tephrosia* spp. químicamente escarificadas, a la que se les aplicó tres tratamientos de inmersión en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y NaOH de alta concentración y lavado entre ellos de 2 minutos. Para el Tratamiento 1 se sumergieron las semillas por 9 y 5 minutos respectivamente; para el tratamiento 2, por 14 y 7 minutos, y, para el T3 la inmersión fue por 19 y 9 minutos, respectivamente; el proceso tuvo tres repeticiones en cada tratamiento con 10 semillas cada uno, para un total de 5670 unidades. El tratamiento T2 arrojó los mejores resultados en cuanto a germinación por la rotura de la latencia, dado que se trabajó con semillas pertenecientes a la gama de testas duras. Se determinó el crecimiento de tallo y aparición de hojas durante cinco semanas, datos importantes dado el uso que se le da a la planta en campo. Se logró determinar que no es favorable para esta especie la propagación en invernadero, ya que, bajo las condiciones de los ensayos, el trasplante o las cualidades del sustrato no fueron suficientes para continuar su desarrollo en campo.

**PALABRAS CLAVE:** *Tephrosia* spp., Escarificación, Germinación, Inmersión.

## ABSTRACT

The objective of this research was to determine the germination capacity of a collection of chemically scarified *Tephrosia* spp. seeds, composed by ten varieties, with three different treatments of immersion in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and NaOH and a wash out of 2 minutes between them. For T1 the seeds were submerged for 9 and 5 minutes respectively, T2 had 14 and 7 minutes and for T3 the immersion was for 19 and 9 minutes; the process had three repetitions for treatment, each one with ten seeds, for a total of 5670 units. The T2 treatment gave better results in germination, by breaking of dormancy, because of the hard shells variety. The stem growth and the apparition of leaves were determined during five weeks were determined, important data given the use of the plant in the field. It was possible to determine that greenhouse propagation is not favorable for this species, since, under the conditions of the trials, the transplantation or the qualities of the substrate were not sufficient to continue its natural development in the ground.

**KEY WORDS:** *Tephrosia* spp., scarification, Germination, Immersion.

## INTRODUCCIÓN

Una forma natural de sostenibilidad o permanencia en el tiempo de las semillas es la latencia, propia de cada especie, lo cual puede asegurar su preservación por un lapso que corresponde a su propia naturaleza. Existen métodos por los que se puede romper esa latencia y lograr el desarrollo de las semillas, lo que hace que estudios en esta área, contribuyan al desarrollo de tecnologías para la aceptación en el campo. Entre los métodos de escarificación más utilizados se encuentran el físico, químico y mecánico, de los cuales existen evidencias de su utilidad para muchos productos.

La escasez de alimento a nivel mundial ha llevado a los investigadores a implementar acciones tendientes al mejoramiento de las condiciones de manejo del ganado, especialmente el bovino, para lo cual se estiman alternativas alimenticias directas o indirectas; es decir, se pueden implementar dietas con sistemas silvopastoriles, o bien, se puede alimentar el suelo con especies multipropósito capaces de sintetizar nutrientes, captar nitrógeno o tener su mayor utilidad como abono verde, cobertura o sombrío, como es el caso de la *Tephrosia* spp. Siendo esta una especie de testa dura, se hace necesario para su investigación tener en cuenta los tratamientos pre germinativos, que permitirán evaluar la pertinencia del cultivo y su objetivo en el hato.

Este informe presenta los resultados de la germinación de una colección de *Tephrosia* spp. proveniente del Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT y entregada al grupo de investigación Nutrición Agropecuaria NUTRIFACA; la *Tephrosia* spp. es una planta que posee cualidades larvicidas y antimicrobianas (Pechené y Ortega, 2020), aunque también es utilizada como mejorador de tierras y sombrío transitorio para los cultivos (Farfán, 2016). La investigación se dirigió a evaluar la escarificación química como método pregerminativo de semillas de *Tephrosia* spp., con el objetivo de conocer sus índices de germinación en tres tratamientos con NaOH y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, diferenciados entre sí por los tiempos de inmersión.

En vista de lo anterior, el objetivo principal de esta investigación fue determinar la capacidad de germinación de semillas de *Tephrosia* spp., para lo cual se planteó realizar la escarificación química, determinar la viabilidad de germinación de estas semillas al ser sometidas a ese proceso, y, finalmente, como datos de observación de la continuidad del desarrollo, evaluar la aparición de raíces, tallos y hojas primarias y secundarias y medir la altura de las plantas.

## 1. MARCO REFERENCIAL

### 1.1 MARCO TEÓRICO

**1.1.1 Las leguminosas.** A nivel mundial se han descrito 770 géneros y 19.500 especies de leguminosas de la familia Fabaceae, lo que la ubica como la tercera más diversa en el planeta (Aguilar, 2019). El cultivo de las leguminosas ha demostrado ser necesario cuando se requiere del mejoramiento de los suelos, pues su crecimiento tiene efectos positivos como minimizar el impacto de las gotas de lluvia, las cuales son, en parte, causantes de la destrucción de la estructura del suelo, aunque favorecen la infiltración de agua y controlan la escorrentía de minerales y sólidos.

Lo anterior evidencia que los cultivos de leguminosas traen consigo beneficios para las fincas al ser útiles para la alimentación de los animales y la subsistencia propia, además del beneficio obtenido en el mejoramiento y protección de los suelos.

**1.1.2 Tephrosia spp.** Las cualidades de estas plantas son de gran importancia para los pequeños ganaderos, quienes pueden aumentar sus producciones con el uso de tecnologías simples que impacten positivamente en sus actividades productivas.

La *Tephrosia* spp. es una especie que requiere de estudios sobre sus valores nutricionales para la producción ganadera; investigaciones realizadas por Agrosavia aportes análisis bromatológicos de conglomerados de plantas forrajeras, entre ellas *Tephrosia purpurea*, que informan además de un 55,9% en PCA y “equilibrio nutricional” de esta variedad (Mora, 2019). Producir las leguminosas como cobertura vegetal, logra efectos positivos al mejoramiento de los suelos y el control biológico de plagas y malezas (Ruiz y Molina, 2014).

El empleo de la *Tephrosia* spp. es útil en los hatos ganaderos, dado que se incentiva a los productores al mejoramiento de la calidad de las tierras y, por tanto, de sus pasturas; de acuerdo con Farfán (2016), esta especie permite su transformación para tratamientos médicos de tipo artesanal en bovinos, ovinos y caprinos; es contribuyente en el mejoramiento de la calidad de algunos cultivos como el café, al ser utilizada como sombrío transitorio, y, en los cultivares orgánicos, se utiliza como abono verde; soporta varias podas, de las cuales rebrota con facilidad.

Cherry (2000) afirma que el uso potencial de la *Tephrosia vogelii* es, principalmente, como abono verde y que otros beneficios contemplan el uso de sus hojas en la medicina tradicional, transformadas en veneno para pesca, como protección de los cultivos contra los áfidos y en producción avícola para tratar la diarrea de los pollos; además, su parte leñosa se emplea como combustible en fogatas para cocción y alimento para cabras. De esta manera, la *Tephrosia* spp. puede ser un elemento de variados usos dentro de una finca agropecuaria (Farfán, 2016).

La *Tephrosia* spp. es una leguminosa arbustiva que tiene su origen en la India y se introdujo a América por el océano Atlántico; puede alcanzar hasta los 3 m de altura y tiene hojas de numerosos folíolos y flores de colores vistosos, produciendo vainas grandes y pubescentes, es decir con pelos finos y cortos. Entre los meses 3 y 5, cuando ocurre la primera floración, produce legumbres de entre 7 y 10 cm de longitud (Farfán, 2016).

De acuerdo con el International Plant Names Index – IPNI, la taxonomía de la *Tephrosia* spp. es como se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1. Taxonomía de *Tephrosia* spp.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	<i>Tephrosia</i> sp.

Fuente: IPNI, 2015.

De la *Tephrosia* spp. se han descrito y aceptado 362 variedades (IPNI, 2015). Para el caso presente, las accesiones que componen la colección pertenecen a las variedades que se presentan en el cuadro 2, en el cual se describen varios de los aspectos más importantes y determinantes para su identificación, crecimiento y utilización; de igual manera, en la figura 1 se pueden apreciar sus características fenotípicas.

Cuadro 2. Variedades de *Tephrosia* spp. incluidas en la investigación

Variedad	Descripción
<i>T. sessiliflora</i>	Origen: América del Sur Hábito: Hierba, subarbusto, arbusto Distribución: Nativa en Colombia; Alt. 150-1000 m.; Andes, Guayana y Serranía de La Macarena, Orinoquia
<i>T. rhodesica</i>	Origen: África Hábito: Subarbusto erecto brevemente perenne, 0.5–1.5 m. alto; tallos tomentosos grises o fulviosos Distribución: África: paisajes antrópicos de Zambesie, Zona de transición regional del lago Victoria; pastizales de Zambesie Hojas: 7 cm pinnadas Flores: Rosa o carmesí a púrpura Frutos: Vainas 28 -55 x 3,5–6, marcadamente curvadas hacia arriba
<i>T. maxima</i>	Origen: Tanzania, India, Sri Lanka Hábito: Planta arbustiva de hasta 1,3 m. alto, de color rojizo Distribución: África: zona de transición regional de Zanzíbar-Inhambane; pradera Hojas: 13-18 folioladas; estípulas ampliamente lanceoladas, hasta 6 mm. delargo y 2 mm ancho, la red de venas claramente marcada, rojiza, ráquides de las hojas y superficies inferiores de los folíolos escasos

Cuadro 2. (Continuación)

Variedad	Descripción
<i>T. maxima</i>	Flores: Moradas y blancas Frutos: Vaina de 5 a 6 cm. de largo, 5 mm de ancho
<i>T. cinerea</i>	Origen: México Hábito: Perenne, arbusto, no trepadora Distribución: Andes, llanura del caribe, Orinoquia, pacífico, valle del Magdalena
<i>T. noctiflora</i>	Origen: África Tropical y Londres Hábito: Anual, perenne, no trepador, hierba, arbusto, 2 a 3 pies de altura Distribución: Pastizales y matorrales Flores: Amarillo verdoso o blanco con centro violeta
<i>T. linearis</i>	Origen: África Hábito: Hasta 1 m de altura Distribución: En pastizales secos Hojas: Folletos muy estrechos Flores: Rosas o anaranjadas
<i>T. villosa</i>	Origen: África, Península Arábig, subcontinente indio a Indochina Hábito: Hierba arbustiva anual o perenne 0,3–1,3 m. alto; tallos tomentosos Distribución: África, Egipto, Etiopía Hojas: De hasta 10 cm de largo, nervios principales alrededor de 9 a cada lado Flores: Púrpura
<i>T. sinapou</i>	Origen: México y América Tropical Hábito: Perenne, No trepadora, Hierba / Arbusto Distribución: Nativa y cultivada en Colombia; Alt. 5 - 1800 m.; Andes, Orinoquia, Valles del Cauca y del Magdalena
<i>T. vogelii</i> - <i>T. sp</i>	Características muy variadas

Fuente: IPNI, 2015

Figura 1. Características fenotípicas de distintas variedades de *Tephrosia* spp



*T. sessiliflora*



*T. maxima* (L.) Pers



*T. cinerea* (L.) Pers.



*T. noctiflora*



*T. linearis* (Willd.) Pers.



*T. villosa*

Figura 1. (Continuación)



*T. sinapou*

Fuente: IPNI, 2015.



*T. vogelii*



Diferentes colores de flor

**1.1.3 La germinación.** El proceso de germinación de *Tephrosia* spp. varía entre los 6 y 8 días posteriores a la siembra. La semilla posee en su estructura, una testa muy resistente a las abrasiones que pudieran presentarse para romperla, pudiendo resultar de utilidad la aplicación de tratamientos pre germinativos para interrumpir su estado de latencia, los cuales pueden lograr, en las condiciones adecuadas, el desarrollo de la plántula.

Orozco *et al.* (2014), determinaron que existe una etapa final en el desarrollo, en la que se da la separación del fruto, la cual se ve afectada por las condiciones ambientales, lo que va a determinar más adelante las consecuencias en cuanto a la germinación, estado de plántula, establecimiento y crecimiento. Investigaciones informan que las semillas experimentan en el sustrato dos ciclos: hidratación y deshidratación, en donde se da la circulación de las proteínas y “se establecen mecanismos antioxidantes que previenen la pérdida de viabilidad en el suelo”, además, se desarrollan los factores de estrés hídrico. Se encuentran cuatro métodos de acondicionamiento “para uniformar la respuesta germinativa”, por lo que se logrará un aumento en la energía de las semillas y su consecuente respuesta final de rendimiento:

1. Osmótico, en donde las semillas se sumergen en solutos como el Cloruro de Sodio (NaCl), manitol, polietilenglicol (PEG), entre otros.
2. Hídrico: para la germinación, se regula el aporte de agua, el tiempo de hidratación o la temperatura.
3. Mátrico: Es la hidratación de las semillas en sustratos sólidos como la arena.
4. En un tambor de osmótico: se hidratan con delgadas partículas de agua que circulan en un tambor (Orozco *et al.*, 2014).

Por lo anterior, se debe tener en cuenta que, frente a los procesos investigativos sobre germinación, el control de los factores externos determina el éxito en el desarrollo de las plantas. Conociendo las condiciones que determinan el proceso germinativo, se puede entrar a establecer las características para la investigación de este sobre las semillas de *Tephrosia* spp. Una de ellas y la que más interés presenta para el presente trabajo, es la latencia y los factores que intervienen en su rompimiento.

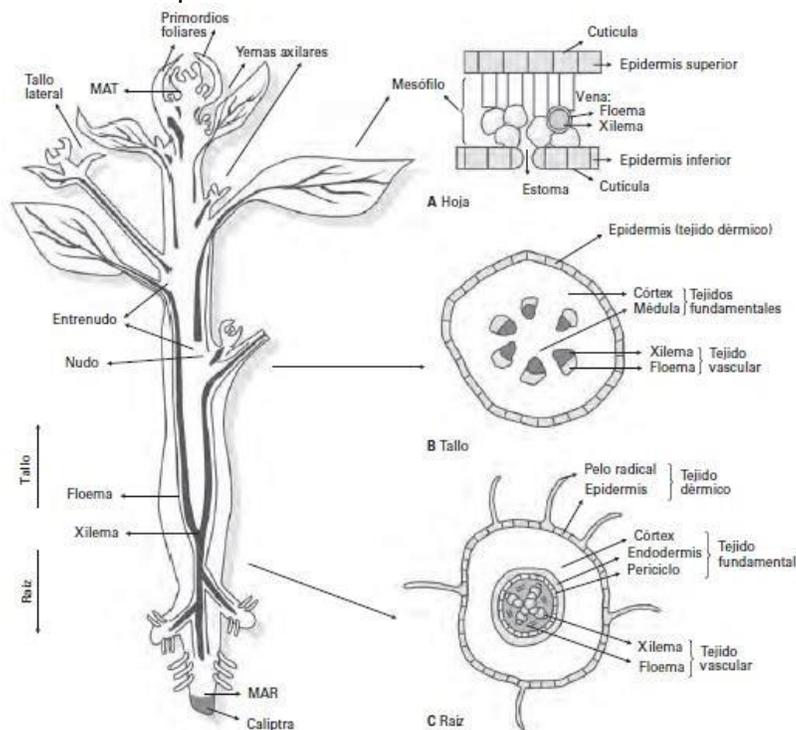
**1.1.3.1 Etapas de la germinación.** Etimológicamente, el término germinación proviene del latín *germinare* (RAE, 2020) y se refiere a un proceso de tres etapas:

1. La absorción de agua por imbibición, lo que causa el hinchamiento del embrión y posterior ruptura de la testa.
2. Inicio de la actividad alimentaria.
3. Crecimiento y división celular, causa de la emergencia de la raíz y la planta.

Las semillas absorben el agua por el micrópilo, siendo su primera expresión la aparición de la radícula. Existen dos formas de germinación: la epigea, en donde “el hipocótilo se alarga y aleja a los cotiledones del suelo, posteriormente surgen las hojas cotiledonarias que frecuentemente son de color verde y realizan funciones fotosintéticas durante el crecimiento temprano de la plántula”; y, la hipogea, donde el hipocótilo no tiene desarrollo, por lo tanto, los cotiledones no emergen (Del Amo *et al.*, 2012).

En climas tropicales, como ocurre para el crecimiento de la *Tephrosia* spp., se presentan tipos de germinación mixta, en donde esta es casi inmediata siempre que se tengan las condiciones adecuadas, dándose la emergencia de la radícula, la cual tiene estructuras esenciales para el crecimiento (Figura 2) y en pocos días la germinación completa en semillas viables (Del Amo *et al.*, 2012).

Figura 2. Estructura de una plántula



Fuente. Azcón y Talón (2013).

**1.1.3.2 Condiciones para germinación.** Las semillas pueden ser remojadas durante alrededor de 24 horas para mejorar la germinación. Según Hadas (2004), las semillas deben sembrarse con 60 a 90 cm entre plantas, preferiblemente intercaladas. Si van a ser utilizadas como cubierta verde en plantaciones, la distancia recomendada es 40 cm x 40 cm, con dos o tres semillas por hoyo. Cuando se planta para cobertura, la separación debe ser de 1,5 m entre las filas o más ancho si se utiliza con propósitos de cultivo de callejón y conservación de suelos, con una distancia mínima de 4 m entre setos de contorno.

**1.1.4 Producción y cosecha de semilla.** La primera producción de semilla ocurre alrededor de dos a tres meses a partir de la siembra. En el sur de África, el pico de producción de semilla y el mejor momento para recogerlas es entre julio y septiembre, aunque los árboles producen pequeñas cantidades a lo largo de todo el año (Hadas, 2004).

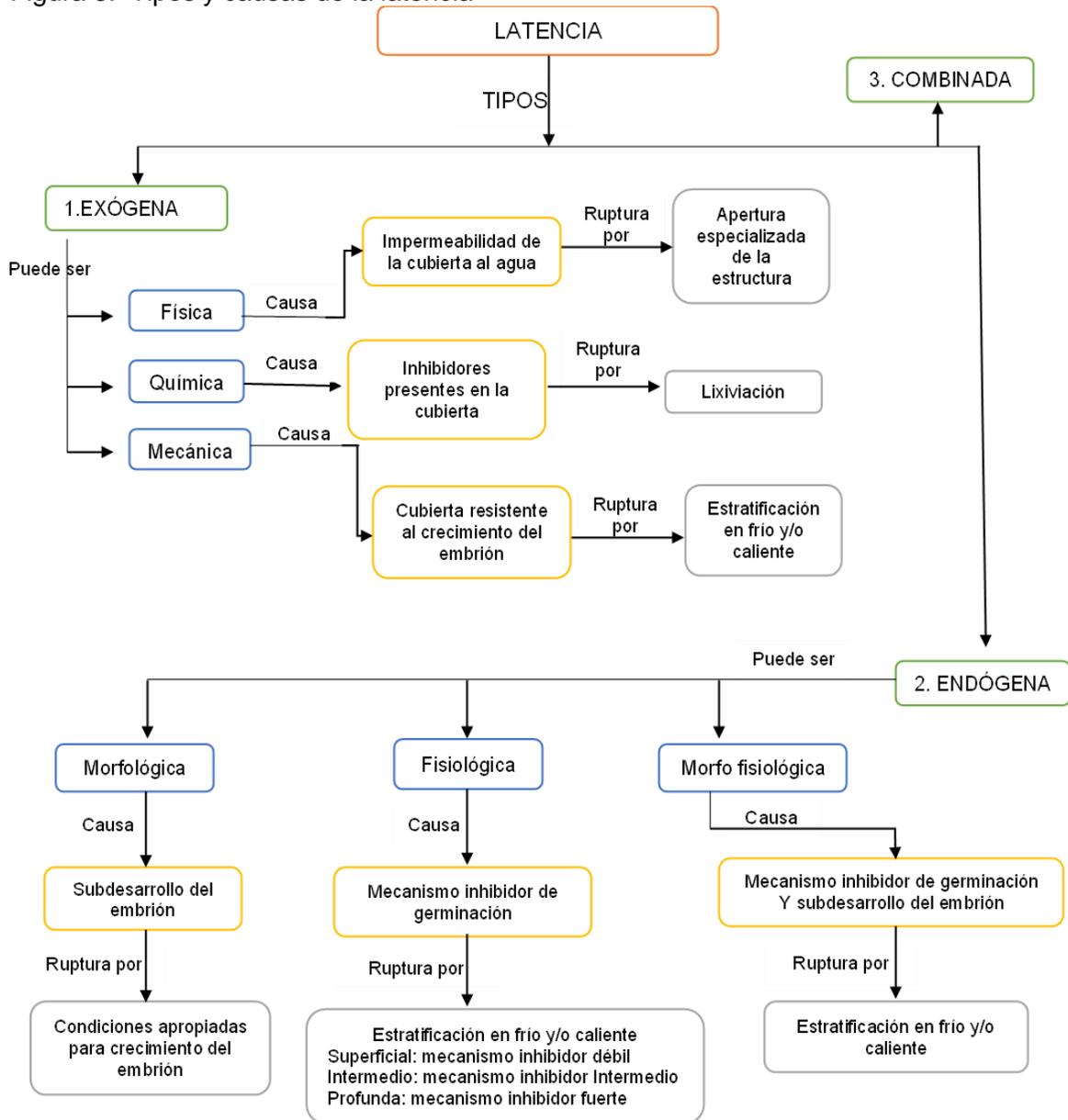
**1.1.5 La latencia.** Se refiere al periodo de la semilla en el cual no es capaz de germinar a pesar de encontrarse en las condiciones ambientales adecuadas para su desarrollo. Cuando la latencia se origina en el desarrollo y maduración de la semilla estando en la planta madre, se denomina primaria o innata; cuando se desarrolla en semillas maduras y que se desprenden de la planta madre, se denomina secundaria y se da porque las condiciones ambientales no son las más favorables. La latencia puede mantenerse y/o suspenderse dependiendo de la condición de la semilla, por métodos precisos, como se puede apreciar en la figura 3 (Portuguez, 2017).

Las semillas pueden ser afectadas de forma natural o artificial para favorecer su germinación. En la naturaleza se puede dar el rompimiento de la latencia por medio de hormonas o por la exposición a jugos gástricos de algunos animales, mientras que de manera artificial se da por medio de escarificación mecánica, física o química (DelAmo *et al.*, 2012).

La escarificación química consiste en sumergir las semillas en soluciones químicas por el tiempo que se haya determinado dependiendo de la especie a tratar, lo cual puede ser de 15 minutos en 12, 24 o hasta 48 horas; seguidamente se le debe realizar un enjuague con agua corriente para eliminar los restos de las sustancias. Todo el proceso se realiza con el objetivo de ablandar la testa y lograr un buen proceso de germinación (Tovar, 2019).

En cuanto a la escarificación mecánica, se encuentran diversas herramientas que pueden generar una gran presión o fuerte rozamiento para lograr el rompimiento de la testa, en semillas cuya dureza retrasa su natural desarrollo. Para ello, se utilizan métodos como la inmersión en agua caliente, la cual requiere un control muy específico de la temperatura, y, la pistola de semillas, que utiliza el golpe de la semilla contra un cilindro; también se pueden emplear instrumentos que generan calor y perforan una superficie, como el cautín, y la lija, cuyo uso sería bastante dispendioso pues el proceso se hace individual a cada semilla; todos estos métodos procuran el rompimiento de testas duras, sin la utilización de sustancias químicas que podrían llegar a ser de riesgo moderado para el manipulador (Flores *et al.*, 2020).

Figura 3. Tipos y causas de la latencia



Fuente: Portuguez, 2017.

**1.1.6 Determinación de parámetros de germinación.** Los parámetros utilizados para la evaluación de la germinación de la *Tephrosia* spp., fueron los siguientes, considerados indispensables para el correcto crecimiento de la planta:

**Aparición de raíces:** La raíz es la primera muestra de germinación de una planta; de ella dependen muchas de las condiciones para el crecimiento del vegetal, ya que es el inicio de la alimentación dada por la absorción de nutrientes y agua, además de servir como soporte principal.

**Longitud del tallo:** el tallo, como cada parte de la planta, cumple la función fundamental de soporte de las hojas y es donde se inicia el desarrollo de las yemas que darán origen a las ramas. Por el tallo se da la circulación de agua y sustancias vitales para el crecimiento de la planta. Se habla de la longitud como parámetro, debido a que puede determinar, en gran parte, la calidad nutricional de la planta, mediante la observación de su crecimiento y vigor.

**Número de hojas:** las plantas poseen su propia fábrica de alimentos, de la cual depende el desarrollo general. Esta se encuentra en las hojas, las cuales emergen a partir de los primordios foliares que se van alargando hasta formar la hoja; por medio de la división y el crecimiento celular, el primordio puede desarrollar un peciolo o un limbo, que será la parte plana de la hoja. La hoja tiene estructuras como la epidermis, que evitan la pérdida innecesaria de agua, y, los estomas, que regulan el intercambio de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y vapor de agua. El crecimiento horizontal de las hojas tiene un mesófilo esponjoso que contiene las células responsables de la fotosíntesis, las cuales están desorganizadas con unos espacios que permiten la difusión de los gases en el interior de la hoja (Murray, 2006).

Particularmente en la *Tephrosia* spp., las hojas tienen un lugar de gran importancia en cuanto a su empleo en el tratamiento de parasitosis en pequeños rumiantes y bovinos y como medicina tradicional en humanos, como lo afirman Paixao *et al.* (2014) en su estudio sobre el extracto de las hojas, en el que demuestran las cualidades antiparasitarias en animales y humanos en comunidades africanas, donde el empleo de la medicina tradicional es muy común y hace parte de su legado ancestral; este aspecto ha servido por generaciones como base para la realización de diversos estudios sobre la potencialidad de las plantas.

Lo anterior demuestra la importancia de las hojas, pues además de ser el centro del proceso de fotosíntesis para la fabricación del alimento de la planta, también tiene usos medicinales.

## 1.2 ESTADO DEL ARTE

La escarificación química en semillas de leguminosas se utiliza para debilitar la testa, de manera que el agua y el oxígeno ingresan y se inicia el proceso de germinación. Zambrano (2018) realizó la escarificación de semillas de Kudzo (*Pueraria phaseoloides*), leguminosa de gran importancia en los bosques del Perú, utilizada como cobertura vegetal y para alimentación animal. Respecto al proceso, afirma que las semillas tienden a perder viabilidad por lo corrosivo del ácido, además de generar altos costos para la producción.

Existen investigaciones y trabajos sobre procesos de escarificación y germinación, en los cuales se han aplicado tratamientos químicos, físicos, mecánicos y combinaciones de estos, dirigidos al aprovechamiento de especies. Phombeya (2004) hace una breve descripción de los beneficios de la *Tephrosia vogelii*, en la que resalta la cantidad de biomasa y su uso al ser incorporada al suelo para acumular materia orgánica; es una

leguminosa que fija nitrógeno, por lo tanto contribuye a la fertilidad del suelo, además de algunas propiedades insecticidas: “Si aplasta las hojas de *Tephrosia vogelii* y tiene el barrenador del tallo del maíz, lo coloca en el embudo del maíz, el barrenador del tallo del maíz desaparece” (CGIAR Space, 2004).

Peiwen Zhang ratifica las propiedades insecticidas de la *Tephrosia* spp., cuando informa que “es una planta rica en fitoquímicos activos, particularmente rotenoides, los cuales incluyen rotenona, deguelina, rotenolona y tefrosina”; aunque no se ha clasificado esta especie como insecticida botánico, se utiliza en gran variedad de plagas en los bovinos. El autor informa que la leguminosa tiene una clasificación de alrededor de 400 especies, ubicadas principalmente en las regiones tropicales de África Ecuatorial, Sudáfrica y Sur América. “Tiene un crecimiento, aproximado, entre 0.5m y 4m; son capaces de mejorar la fertilidad del suelo por ser fijadoras de nitrógeno” (Peiwen Zhang, 2020).

La cosecha de las vainas se realiza cuando se observa madurez, es decir, cuando están doradas y secas. De ser necesario, las vainas se pueden secar al sol durante 2 a 3 días, lo cual permite un ablandamiento de la estructura que permite liberar las semillas, que se pueden separar de los fragmentos de la vaina mediante tamizado. Las semillas de *Tephrosia* spp. se pueden almacenar sin pérdida de viabilidad por 2 a 3 años. Cuando la semilla es secada al aire, el almacenamiento durante 18 meses en recipientes sellados permite su conservación. Preferiblemente, la semilla fresca debe almacenarse durante dos meses antes de la siembra, para lo cual no será necesario el secado (ICRAFT, 2012).

En cuanto a la viabilidad de las semillas, Salazar y Botello (2018) demostraron en su investigación de Viabilidad de Semillas de *Glycine max* (L) utilizando prueba de tetrazolio, que las concentraciones de 0.5% y 1% en dos tiempos que fueron de 24 y 48 horas podían establecer una germinación de 90 y 95% en las semillas tratadas, empleando concentraciones de 0.5% y 1% en 48 y 24 horas respectivamente, con resultados homogéneos de 97 y 95% de semillas viables.

De igual manera Salazar, Maldonado y Quintero (2018) en su artículo “Evaluación de la calidad fisiológica de las semillas de *Linum usitatissimum* L. con la prueba de tetrazolio” a 0.5% y 1% en 24 y 48 horas, respectivamente, obtuvieron una viabilidad de 89% y de germinación de 86%.

Por otra parte, en el texto “La reproducción por esquejes”, Colombo (2018) afirma de manera muy sencilla, que la reproducción de una planta por el medio de esquejes, en especial del tallo, sostiene la permanencia de la especie por su rapidez de crecimiento, ventajas económicas y podría conservar las cualidades originales de la planta, situación que ratifica la importancia de la observación del crecimiento de los tallos.

Marín *et al.* (2020) afirma en su investigación que “La translocación de los nutrientes en la planta afecta la concentración de estos en los diferentes tejidos, y en el caso de las hojas

los requerimientos de nutrientes cambian en su ciclo de vida y están estrechamente definidos por la etapa anual de la planta”, lo cual ratifica la importancia de las hojas en el crecimiento de las plantas, independiente de la especie que se esté manejando. Por lo anterior se debe tener en cuenta tanto su calidad como cantidad en la producción, pues se consideran como factor básico para el resultado final.

Vargas, Rodríguez y Verdecia (2021), demostraron en su trabajo de investigación sobre el efecto del tamaño y el tiempo de conservación en la calidad de la semilla de papaya, que el tamaño de estas influyó significativamente en el desarrollo de la planta, encontrando diferencias poco significativas en tamaños menores a 3 mm y mejor vigor para los tamaños superiores a 3.5 mm.

### **1.3 USOS Y APLICACIONES DE LA *Tephrosia* spp.**

Diversas investigaciones muestran que las leguminosas presentan variantes en su utilización. Al respecto, Pechené y Ortega en su investigación “Control de nemátodos gastro-intestinales con el suministro de *Tephrosia vogelii* en la dieta de ovinos en concentraciones del 20% y 10% comparada con fenbendazol en la explotación del cordero praga del municipio del Tambo-Cauca”, afirman que, específicamente, la *Tephrosia vogelii* es fijadora de nitrógeno y se cultiva para abono verde en regiones africanas, y, además, es utilizada tradicionalmente como antiparasitario en humanos y animales; contiene taninos, los cuales tienen propiedades vasoconstrictoras, antimicrobianas y efectos antiparasitarios; esteroides que son diuréticos, expectorantes, cicatrizantes y antiinflamatorios (Pechené y Ortega, 2020).

Dadas algunas de sus cualidades, se puede aseverar que la ingestión controlada de la *Tephrosia* spp. por parte de los pequeños rumiantes, trae consigo beneficios en cuanto a su salud. Chávez y Ospina (2016), realizaron la prueba de una ingesta de *Tephrosia* spp. en pequeños rumiantes al 50% de concentración, la cual logró que la carga parasitaria se mantuviera controlada; sin embargo, en su estudio, una concentración del 25% no evidenció resultados positivos.

Paixao (2017) informa que el consumo de 1000 y 2000 mg/kg de extracto de *Tephrosia vogelii* en ratas hembra provocó una toxicidad alta, evidenciada en la muerte de dos animales en 45 minutos; hubo hallazgos de otros signos de toxicidad como disnea, jadeo y convulsiones en algunos animales y en las necropsias se evidenciaron restos de vómitos, rigidez muscular, esfínter anal relajado, ligera deshidratación y fuertes lesiones en el hígado. Cabe la posibilidad de que compuestos como los rotenoides (empleados antiguamente como insecticidas en animales) y glicósidos de flavenoides, podrían tener relación con la toxicidad provocada.

De acuerdo con la OMS, *Tephrosia vogelii* es clasificada como un compuesto moderadamente peligroso Clase II; con ingesta de 250 mg/kg en ratas hembra, no se

produjeron muertes en las primeras 24 horas ni en los siguientes 14 días, lo cual indica que el control en su administración es la clave principal para el buen manejo de la leguminosa en la alimentación animal. Por esto, se hace necesario que la administración de la *Tephrosia* spp. se realice de manera muy controlada para evitar muertes indeseadas y malestares en la salud de los animales (Paixao *et al.*, 2017).

Perdomo y Herrera (2019), llevaron a cabo un estudio de comparación de la *Tephrosia purpurea* frente a otras forrajeras, concluyendo que esta especie, la *Tephrosia*, tuvo un contenido total de Proteína Cruda de 19,75%, valor superior al de las otras especies evaluadas, entre ellas de la morera (*Morus alba*). Al tener los forrajes un alto contenido de fibra, se afecta la degradación del alimento en los rumiantes, por lo cual la actividad microbiana aumenta en el proceso digestivo, y, por lo tanto, la producción de CH<sub>4</sub> (metano), seguido de un incremento en el gasto de energía, lo cual limita la producción. Según la investigación, el porcentaje de FDN de la *Tephrosia purpurea* de 37,54% no es alto y constituye la parte suave del forraje (hemicelulosa, celulosa y lignina), mientras que la FDA, conocida como parte dura del forraje (celulosa, lignina, cutina y silica), se encuentra en un 24.41% de acuerdo con Cruz y Sánchez (2000), Bedoya *et al.* (2016) y Perdomo y Herrera (2019).

Según Pulido (2017), en su trabajo Fijación Biológica de Nitrógeno en el Parque Nacional del Teide: Simbiosis *Spartocytisus supranubius*, los nueve tratamientos realizados en estas semillas arrojaron buenos resultados con una escarificación combinada; se concluyó que la escarificación física y química combinadas, de calor por 3 minutos y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por 30 y 60 minutos, con porcentajes de 94,12% y 100% de germinación, respectivamente, fueron los mejores, mientras que los tratamientos con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> durante 15 y 30 minutos no arrojaron resultados aceptables, para los que concluyó que es necesaria la activación térmica, pues al día 7 fueron de 5,26% y 5,56%, que, al compararlos con los anteriormente descritos, no representan un buen resultado del proceso de escarificación química (Pulido, 2017).

De otra parte, Ossorio y otros, en su Ensayo de germinación en *Trifolium angustifolium* y *Hedysarum spinosissimum*, dos leguminosas anuales con interés en la restauración de cubiertas herbáceas en olivar, afirman que el rompimiento de la latencia en las semillas se logró por medio de la escarificación física con papel de lija en su superficie y química con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, tanto en la superficie como en la profundidad de la semilla y que la inmersión en agua no logró el objetivo esperado (Ossorio *et al.*, 2017).

A pesar del riesgo, las escarificaciones mecánicas también han tenido su cuota de investigación; sobre ello, Flores y otros realizaron este proceso con papel lija #125 por 5 minutos, comparándolo con el de inmersión en agua caliente por 24 horas, obteniendo un resultado positivo hacia lo mecánico con un porcentaje de germinación de 96% frente al 37,5% del agua caliente, para los días 14, 12 y 9 (Flores *et al.*, 2020).

## 2. METODOLOGÍA

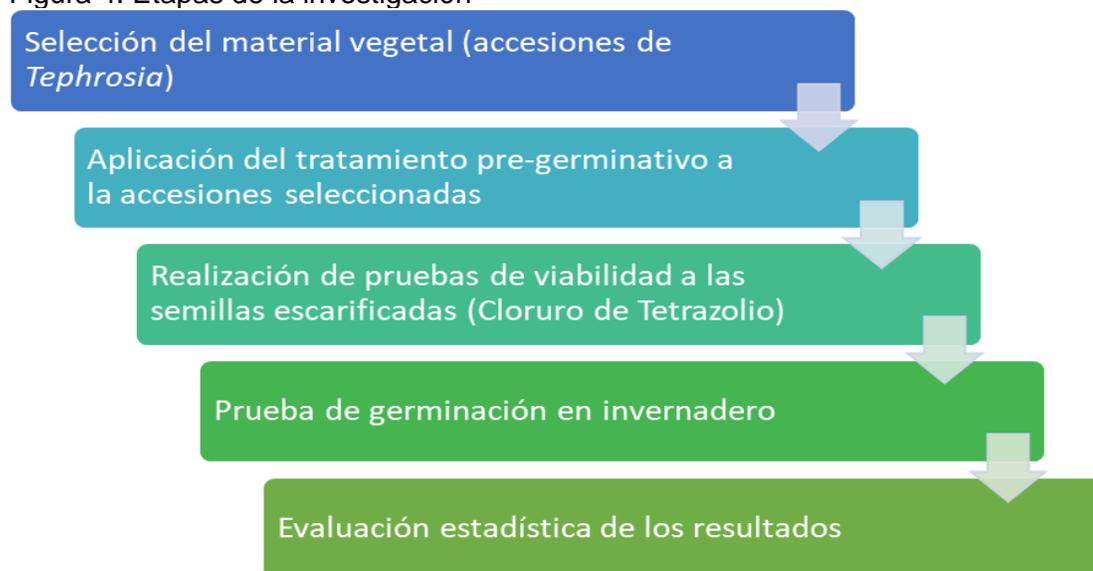
### 2.1 LOCALIZACIÓN

La investigación se desarrolló en la ciudad de Popayán, a una altitud de 1.738 msnm, con una temperatura media de 18,7°C, a 2°27'6.41" de latitud norte y 76°37'28.84" de longitud oeste, precipitación media anual: 2121 mm (Ideam, s.f.).

### 2.2 ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se llevó a cabo en cinco etapas, como se describe a continuación. Las tres primeras se realizaron en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, debido a la necesidad de utilizar equipos de alta protección para el uso de los químicos utilizados.

Figura 4. Etapas de la investigación



1. Selección del material vegetal. La colección de semillas de *Tephrosia* spp. proviene del banco de semillas del Centro Internacional de Agricultura Tropical, entregada al grupo de investigación NUTRIFACA, del cual se seleccionaron las 63 accesiones que contaban con la cantidad de material vegetal suficiente para desarrollar el diseño experimental de tres tratamientos de escarificación, cada uno con diez semillas.

Las accesiones seleccionadas pertenecen a las siguientes 10 especies: *Tephrosia sessiliflora*, *Tephrosia rhodesica*, *Tephrosia máxima*, *Tephrosia cinerea*, *Tephrosia noctiflora*, *Tephrosia linearis*, *Tephrosia villosa*, *Tephrosia sinapou*, *Tephrosia vogelii* y *Tephrosia* sp.

**1. Aplicación del tratamiento pre-germinativo a las accesiones seleccionadas (escarificación química).** Las accesiones seleccionadas para realizar el ensayo recibieron como método pre-germinativo, tres tratamientos diferenciados en tiempos de aplicación de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (97%) y NaOH (94%) (Cuadro 3).

Como base investigativa, se tomó el trabajo “Superación de la latencia en semillas de Kudzo (*Pueraria phaseoloides*)”, realizada por Zambrano (2018), donde se realizó la escarificación química de las semillas mencionadas con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> durante 15 minutos, obteniendo el mejor resultado en germinación (53,75%) entre los tratamientos utilizados. Con base en lo anterior, se tomaron, entonces, dos tiempos más, con diferencia de 5 minutos menos para el T1 y 5 minutos más para el T3. El empleo del NaOH se hace necesario, pues es una base fuerte que puede neutralizar los efectos de un ácido fuerte (como lo es el ácido sulfúrico) sobre el embrión si se prolonga la inmersión, para conseguir la evaluación del efecto de los químicos sin causar daño interno a la semilla.

Así, los tiempos de inmersión del NaOH fueron de 5 minutos para T1, 7 para T2 y 9 para T3, tiempos menores a los expuestos al ácido, de lo cual no se tienen estudios hasta el momento. Después de cada químico se realizaron enjuagues en agua potable por 2 minutos; según recomendación de la ISTA (International Safe Transit Association), la escarificación química con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> debe estar seguida del enjuague a fondo con agua corriente.

Cuadro 3. Tratamientos químicos pregerminativos aplicados a las accesiones de *Tephrosia* spp. seleccionadas

Tratamiento	Tiempo de inmersión (minutos)			
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Lavado	NaOH	Lavado
T1	9	2	5	2
T2	14	2	7	2
T3	19	2	9	2

Una vez desarrollado el proceso, se procedió a empacar las semillas secas en bolsas de papel individuales por accesión, estas en bolsas plásticas por tratamiento para evitar humedecimiento y, a su vez, nuevamente en bolsas de papel para bloquear efectos de luz. La totalidad de semillas escarificadas se llevó a refrigeración a 4°C hasta comenzar el proceso de siembra. Cada uno de los tratamientos se aplicó por triplicado a grupos de diez semillas de las accesiones de *Tephrosia* spp.

**2. Realización de pruebas de viabilidad a las semillas escarificadas.** Las semillas escarificadas fueron sometidas a prueba de viabilidad, con una solución al 0,15% de 2-3-5 Trifeniltetrazolio (Cloruro de Tetrazolio) (Ver figura 5). Para realizar la prueba, se sumergieron dos semillas de las accesiones seleccionadas en tubos de ensayo que contenían 5ml de solución de tetrazolio (Figura 6), se taparon y se dejaron reposar por 24 horas, al cabo de las cuales se evaluó la tinción de los embriones. Este proceso se realizó

en el Laboratorio de pruebas no alimentarias del grupo de Investigación NUTRIFACA, en la Facultad de Ciencias Agrarias.

Figura 5. Cloruro de Tetrazolio



Figura 6. Prueba de Tetrazolio



Medición de 5ml de tetrazolio en los tubos de ensayo



Semillas de *Tephrosia* spp. inmersas en la solución



Reposo de las semillas en la solución, por 24 horas

**3. Prueba de germinación en invernadero.** Para la prueba de germinación se construyó un invernadero (Figura 7), en el cual se realizó observación diaria durante cinco semanas para evaluar la evolución de las semillas. Inicialmente se realizó la siembra en jiffys, los cuales resultaron no ser los recipientes idóneos para continuar con el trabajo, pues no se podía observar el crecimiento de raíz; dado lo anterior, se optó por las cajas de Petri y por recipientes plásticos de similar tamaño y transparencia (Figura 8), en donde el proceso de observación fue bastante claro. La siembra de las semillas en estos recipientes tuvo una base y una cubierta de papel absorbente de cocina, que permitió una buena filtración del agua y permanencia de la humedad.

Las semillas se mantuvieron húmedas de forma permanente, para lo cual, cada cuatro horas durante el día, recibieron aproximadamente 5 ml de agua potable por caja. Del invernadero se llevaron registros de observación del crecimiento de raíz, rompimiento de la testa, longitud de tallo y cantidad de hojas emergidas a lo largo de toda la experiencia de germinación, en formatos creados específicamente.

Figura 7. Construcción del invernadero



Diseño y corte de la estructura



Armado

La germinación se realizó en las cajas ubicadas en un invernadero construido en seis niveles de 1 m x 90 cm cada uno y separación entre niveles de 30 cm. La siembra de las semillas se realizó a lo largo de una semana para todos los tratamientos evaluados (Ver figura 8).

Figura 8 Siembra en cajas de Petri



1. Vaciado de semillas

2. Acomodación en cajas de Petri

3. Recubrimiento con papel absorbente

Figura 8. (Continuación)



4. Aplicación de agua



5. Rotulado



6. Organización por niveles en invernadero

Después de una semana de permanencia en las cajas de Petri, cuando se pudo evidenciar el crecimiento de la raíz y, en la mayoría de los casos, el rompimiento de la testa, se procedió a evaluar cada siembra para determinar la pertinencia de su paso a los semilleros, los cuales se demarcaron con colores para el aprovechamiento del espacio (Figura 9).

Figura 9 Marcación de semilleros



Amarillo: Tratamiento 1 (T1)



Verde: Tratamiento 2 (T2)



Rojo: Tratamiento 3 (T3)

Se realizó el llenado de los alveolos con turba negra (Figura 10), sustrato químicamente activo dado su contenido de bases altamente descompuestas, lo cual la lleva a un pH óptimo (entre 7.5 y 8), con una alta capacidad de absorción que reduce el riego en un 50%. Este sustrato es distribuido por los invernaderos de la ciudad de Popayán y se utiliza para lograr mayor permanencia de la humedad, menor evaporación y mayor absorción de agua.

En esta instancia se obtuvo una mejor visión del crecimiento de las raíces (Anexo B), tallos (Anexo C) y hojas (Anexo D), pues al momento de hacer el traslado de las cajas de Petri al semillero, se logró observar las estructuras formadas. Paralelamente se realizó la rotulación para cada orificio con el tratamiento, repetición, número de accesión y nombre de la especie a la que correspondía (Figura 11).

Figura 10. Llenado de alveolos



Figura 11 Paso de cajas de Petri a semillero



De esta manera, el proceso completo de la siembra de las semillas de *Tephrosia* spp. es el que se muestra en la figura 12:

Figura 12 Siembra



1. Selección de las semillas aptas



2. Llenado de semillero



3. Siembra directa

Figura 12. (Continuación)



4. Acomodación



5. Fijación de la plántula por presión



6. Rotulación

En el paso 1 se realizó la selección de las semillas aptas para trasplante según la observación realizada; es decir, deberían tener un aspecto fuerte tanto en la raíz como en el tallo. No se tuvo en cuenta en ese momento la aparición de las primeras hojas, pues algunas plántulas simplemente crecieron, sin apertura del cotiledón, hasta después del trasplante.

En el paso 2 se procedió al llenado de los orificios de los semilleros con el sustrato. Los pasos 3 y 4 se realizaron con la mayor delicadeza posible, pues los tallos y raíces, e incluso algunas hojas, podrían sufrir daños que afectarían su posterior desarrollo.

El paso 5 se refiere a una suave presión, similar a un aporque, para estabilizar la plántula en el orificio del semillero.

La rotulación (paso 6) se realizó a medida que se sembraba cada planta, para evitar confusión entre las accesiones (Figura 13).

Figura 13. Rotulación



Habiendo realizado todas las siembras en semillero, se logró una uniformidad aceptable para llevar a cabo la medición de los tallos, siempre con el mismo instrumento (Figura 14), con el objetivo de tener un registro detallado de la evolución de la plántula como condición de la evaluación de la germinación.

Figura 14. Mediciones



Las plantas que por su tamaño, fortaleza y robustez requerían de una superficie más amplia, fueron llevadas a bolsas de invernadero con tierra abonada como sustrato (Figura 15), tierra que es enriquecida con elementos utilizados en invernaderos comerciales como lo son virutas de madera, cascarilla de arroz y bagazo, como control de la retención de agua y que dependiendo de su origen tienen altos porcentajes de C:N; el riego se intensificó un poco más, debido al incremento en la cantidad de sustrato y al mayor tamaño de la planta.

La ubicación de las bolsas con las plántulas, se realizó en el mismo invernadero construido para el inicio de la investigación. En este lugar se mantuvieron hidratadas y en las mismas condiciones de cuidado, para luego ser trasladadas a tres fincas y que fueran plantadas en su lugar definitivo (Anexo D).

Figura 15 Trasplante a bolsas de invernadero



Figura 15. (Continuación)



**4. Análisis estadístico de los datos.** Como última etapa en la investigación, se realizó el análisis estadístico en el programa SPSS y en la hoja electrónica Excel, arrojando los resultados que, detalladamente, se evidencian en el capítulo 3, Resultados y Discusión. Se realizó un registro diario pormenorizado de cada una de las semillas germinadas, a las que se les observó en detalle la aparición de raíces como condición de germinación y el desarrollo de tallo y brote de hojas, como condiciones de crecimiento después de la germinación; esta observación y registro se realizó durante un periodo de cinco semanas, al cabo del cual se pudieron determinar la mejor elongación y la mayor producción de hojas.

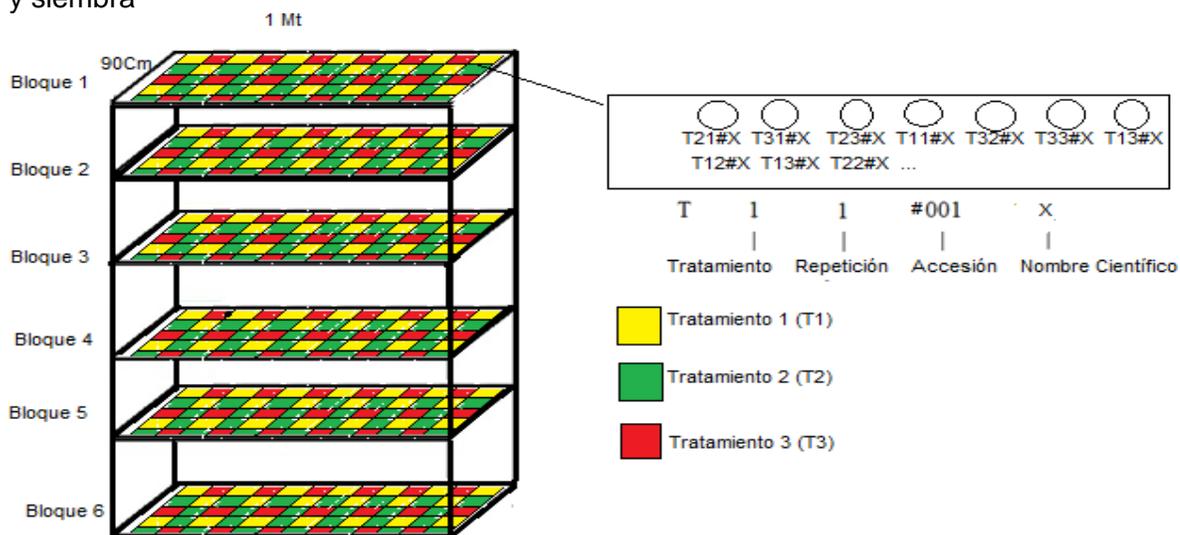
### 2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño experimental de Bloques Aleatorios Completos, que se caracteriza por disminuir el error ajeno a los tratamientos, con lo cual se buscó eliminar los gradientes de variabilidad por medio de la organización sistemática de las unidades en el invernadero, como la presentada en la figura 16, en donde se observan todos los posibles tratamientos en cada bloque; al interior de cada uno se asignaron los tratamientos de forma aleatoria. Para ello, el invernadero construido permitió ubicar todas las unidades en las mismas condiciones de humedad y temperatura a lo largo de la experiencia.

Figura 16. Bloques



Figura 17. Distribución de las accesiones en el invernadero en tratamientos pre germinativos y siembra



**2.3.1 Evaluación de la germinación.** En el cuadro 4 se listan las 63 accesiones trabajadas, correspondientes a 10 variedades, sobre las cuales se realizó un análisis consistente en determinar el porcentaje de germinación, altura de tallo y número de hojas como parámetros relevantes; para una mejor identificación de las accesiones, se les asignó un código que corresponde a las tres primeras letras del nombre del país de procedencia, más el número con el que llegaron etiquetadas desde el CIAT al grupo de investigación NUTRIFACA, de la siguiente manera:

Cuadro 4. Códigos de las accesiones

Variedad	Procedencia	Código	Variedad	Procedencia	Código
<i>Tephrosia sp.</i>	Brasil	Bra8375	<i>Tephrosia sp.</i>	Indonesia	Ind24014
	Brasil	Bra9750		Indonesia	Ind24012
	Brasil	Bra9809		Kenia	Ken19173
	Brasil	Bra18711		Kenia	Ken19181
	Brasil	Bra9825		Kenia	Ken19179
	Brasil	Bra9789		Kenia	Ken19174
	Brasil	Bra9799		Kenia	Ken19177
	Bur	Bur22419		Kenia	Ken19183
	Burundí	Bur19660		Kenia	Ken19191
	China	Chi21028		Panamá	Pan19385
	Colombia	Col17905		Papua NG	Png19459
	Colombia	Col17908		R. Dominicana	Dom963
	Colombia	Col20079		Thailandia	Tha7962
	Colombia	Col20734		Thailandia	Tha7963
	Colombia	Col8586		Thailandia	Tha17381
	Colombia	Col8821		Thailandia	Tha22040
	Colombia	Col9162		Venezuela	Ven7341
	Etiopia	Eth18845		Venezuela	Ven19077
Etiopia	Eth18929	Zimbawe	Zbw19639		
Indonesia	Ind24013				

Cuadro 4. (Continuación)

Variedad	Procedencia	Código	Variedad	Procedencia	Código
<i>Tephrosia. cinerea</i>	Colombia	Col8820	<i>Tephrosia noctiflora</i>	Bélice	Bel9356
	Colombia	Col21560		Indonesia	Ind24015
	México	Mex9453	<i>Tephrosia linearis</i>	Etiophia	Eth17511
	México	Mex9459		Ethiopia	Eth18846
	Zimbawe	Zbw19642	<i>Tephrosia sinapou</i>	Colombia	C21795
<i>Tephrosia sessiliflora</i>	Colombia	Col791		Thailandia	Th21224
	Colombia	Col7423	<i>Tephrosia vogelii</i>	Indonesia	Ind21513
	Colombia	Col8172	<i>Tephrosia rhodesica</i>	Zimbawe	Zbw7829
	Colombia	Col9155	<i>Tephrosia maxima</i>	Reino Unido	Unk7865
	Colombia	Col9173	<i>Tephrosia villosa</i>	Kenia	Ken19193
	Colombia	Col9277		Kenia	Ken19198
	Colombia	Col17597			
	Colombia	Col17909			

## 2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

**2.4.1 Determinación del porcentaje de germinación.** Mediante iteraciones sucesivas de los datos cargados al programa estadístico SPSS, se logró la agrupación de los datos recolectados a lo largo de cinco semanas de observaciones, aplicando un análisis univariado de varianza donde se contrastó tratamiento por accesión, para observar las diferencias entre estos. Posterior a esto se aplicó la prueba pos hoc de Duncan (Ver anexo H).

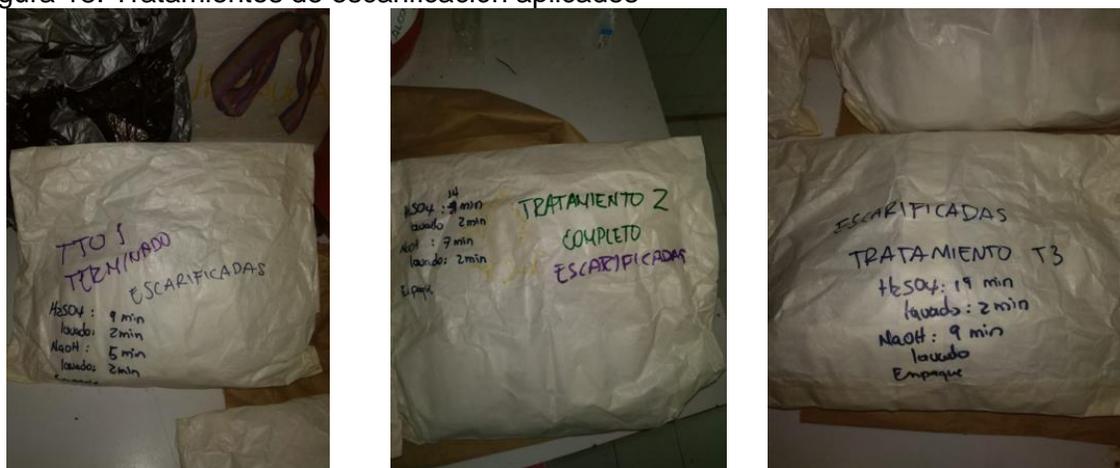
**2.4.2 Altura de tallo y número de hojas.** Una vez seleccionado el subconjunto que representaba la mejor germinación, se ingresaron los datos de las observaciones de crecimiento de tallos y de aparición de hojas primarias y secundarias de las accesiones que conformaban este grupo, estableciendo de esta manera los mejores y los menores desarrollos.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 ESCARIFICACIÓN QUÍMICA DE LAS ACCESIONES DE *Tephrosia* spp. MEDIANTE TRES TRATAMIENTOS

De acuerdo con la metodología presentada, se realizó la escarificación química de la colección de *Tephrosia* spp. facilitada por el grupo de Investigación Nutrición Agropecuaria Nutrifaca (Ver cuadro 3).

Figura 18. Tratamientos de escarificación aplicados



Del total de semillas escarificadas se tomaron 5670 para siembra, correspondientes a 63 accesiones, en tres tratamientos con tres repeticiones cada uno, donde T1 presentó 53.7% de germinación a diferencia del T2 y T3 que registraron 68.12 y 62.5% respectivamente.

Pulido (2017) realizó una escarificación por sometimiento a calor, a diferencia de esta investigación en que se utilizó de forma exclusiva la inmersión en ácido fuerte ( $H_2SO_4$ ) y neutralización posterior al lavado con agua, con una base fuerte (NaOH). Este autor afirma que sin intervención de la activación térmica no se obtuvieron buenos resultados en la germinación a partir de la escarificación con  $H_2SO_4$ , siendo estos de 5,26% y 5,56% al día 7, en tiempos de 15 y 30 minutos. La presente investigación arrojó que los porcentajes máximos de germinación obtenidos (68.125% y 62.5%), son resultado de escarificación química con neutralización posterior a la inmersión en ácido sulfúrico.

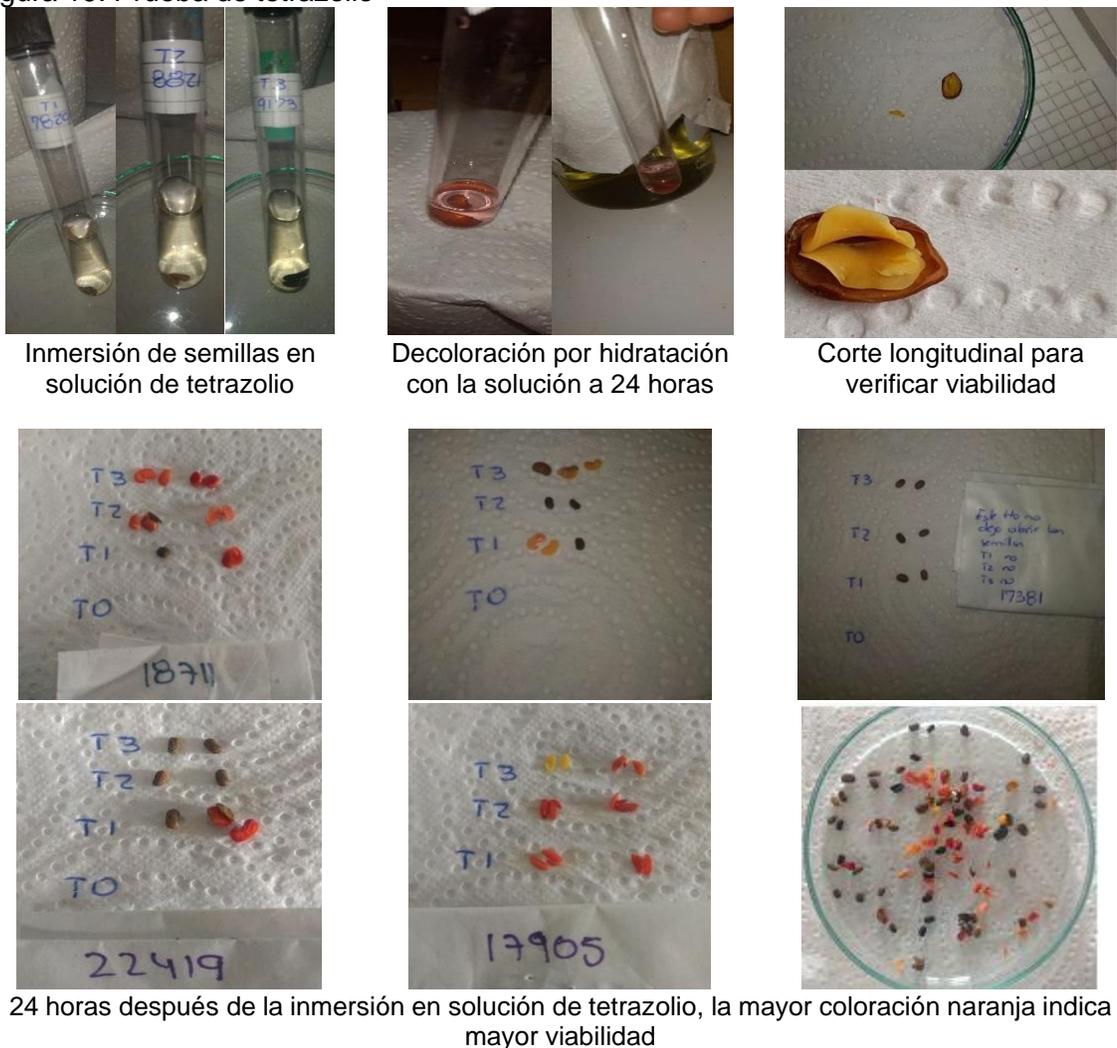
Al respecto, se puede afirmar que la combinación realizada es bastante efectiva para alcanzar los objetivos propuestos, que se centran en el rompimiento de la latencia de la semilla para lograr la germinación. Esta aseveración se apoya en la evidencia presentada en el estudio de Pulido (2017), quien realizó la escarificación combinada por temperaturas y aplicación de químicos en *Spartocytisus supranubius*, obteniendo resultados de 94,12%

y 100%, al someter a las semillas al calor por tres minutos y  $H_2SO_4$  por 30 y 60 minutos, porcentajes elevados en comparación a lo obtenido en el presente trabajo.

### 3.2 VIABILIDAD DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Tephrosia* spp. ESCARIFICADAS POR PROCESOS QUÍMICOS

En las semillas de *Tephrosia* spp. utilizadas en la investigación, se observaron tamaños diversos, formas ovoides, redondas y ovaladas y colores que variaron entre veteadas, marrón y amarillas diferentes (Figura 18).

Figura 19. Prueba de tetrazolio



Para esta prueba se utilizó una solución de tetrazolio al 0,5%, en la que se sumergieron las semillas de la muestra durante 24 horas; se determinó la viabilidad de germinación de 100

semillas de 10 accesiones elegidas al azar, con las cuales se consiguió un 44% de viabilidad, es decir 44 semillas con la coloración indicadora. De manera similar, Salazar (2018) realizó su investigación con semillas de *Glycine Max* (L.), utilizando tetrazolio al 0,5 y 1% de concentración, en tiempos de 24 y 48 horas respectivamente, con lo que obtuvo 90 y 95% para cada ensayo. La diferencia en los resultados puede darse por la dureza de las semillas tratadas con el químico, ya que la *Tephrosia* spp. cuenta con una testa dura y de difícil manejo.

Así mismo, Salazar, Maldonado y Quintero (2018), obtuvieron resultado similar al realizar su ensayo sobre *Linum usitatissimum* L., alcanzando 89% en la viabilidad y 86% en la germinación a partir de la prueba con tetrazolio.

**3.2.1 Prueba de viabilidad.** Al finalizar la prueba con tetrazolio se observó una leve pérdida de coloración de las semillas, principalmente sobre las más pequeñas, debida posiblemente al efecto del ácido sulfúrico, sin que esta acción haya sido lo suficientemente severa para generar el rompimiento de la testa. Esta decoloración se debió al impacto corrosivo que tiene el  $H_2SO_4$  sobre las superficies, razón por la cual lo primero que se alteró sobre las semillas fue el color externo, factor que no se consideró relevante dentro de la experimentación y no se consideró como variable de medición. Ante este resultado, también se pudo observar que algunas de las semillas permanecieron intactas, sin decoloración ni apertura del cotiledón para llevar a cabo la observación del embrión.

**3.2.2 Porcentaje de germinación.** De acuerdo con el análisis univariado de varianza, se presentaron diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) en cuanto a los tratamientos y a las accesiones. En el cuadro 5 se muestran los resultados del análisis.

Cuadro 5. Resultados Análisis Univariado de Varianza

Variable dependiente:	Germinación				
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2134,332 <sup>a</sup>	140	15,245	1,986	0,000
Intersección	6061,885	1	6061,885	789,733	0,000
Tratamiento	111,825	2	55,912	7,284	0,001
Accesion	992,188	46	21,569	2,810	0,000
Tratamiento * Accesion	1039,477	92	11,299	1,472	0,019
Error	1113,000	145	7,676		
Total	9423,000	286			
Total corregido	3247,332	285			

a. R al cuadrado = ,657 (R al cuadrado ajustada = ,326)

En cuanto a los tratamientos se evidencia diferencias significativas entre ellos y la prueba

Post Hoc de Duncan muestra que el mejor entre ellos fue el T2 (Ver Cuadro 6)

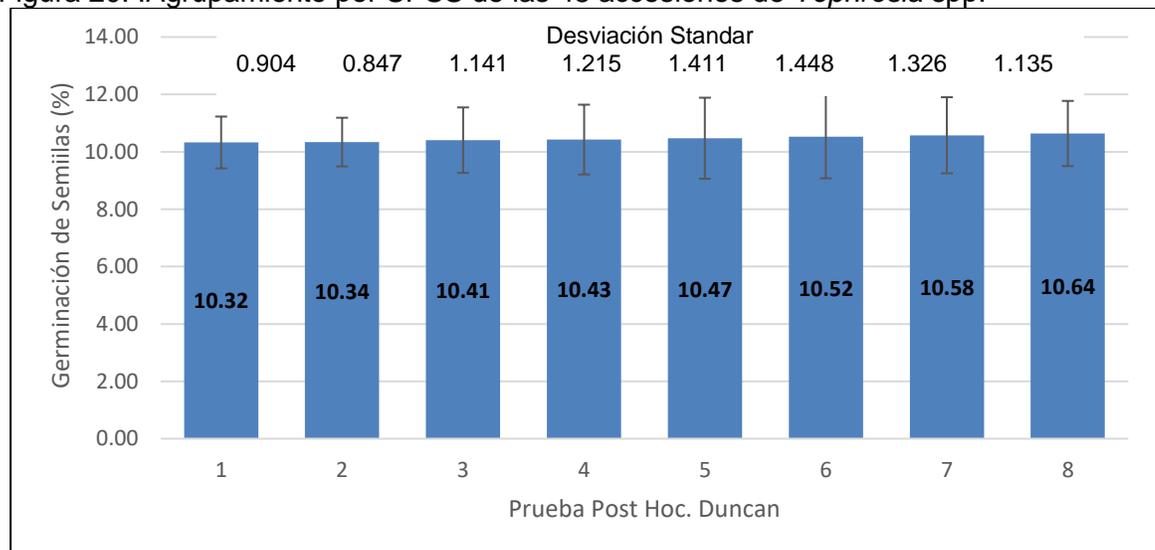
Cuadro 6. Prueba de Duncan

<b>Subconjuntos homogéneos</b>			
Duncan <sub>a,b,c</sub>			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
1,00	94	3,7660	
3,00	97		4,9175
2,00	95		5,2421
Sig.		1,000	0,420

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
 Se basa en las medias observadas.  
 El término de error es la media cuadrática(Error) = 7,676.  
 a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 95,317.  
 b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.  
 c. Alfa = 0,05.

Como se puede apreciar en el Cuadro 5, la variable germinación también presentó Diferencias Estadísticas entre accesiones ( $P < 0.05$ ). La figura 19 muestra promedios de germinación entre 10,32% y 10,64%, los cuales corresponden a los ocho subconjuntos homogéneos – grupos presentados en el cuadro 5, denominados SC1, SC2, ..., SC8, respectivamente.

Figura 20. Agrupamiento por SPSS de las 48 accesiones de *Tephrosia* spp.



El grupo denominado SC8 incluye las 24 accesiones que presentaron el mejor promedio

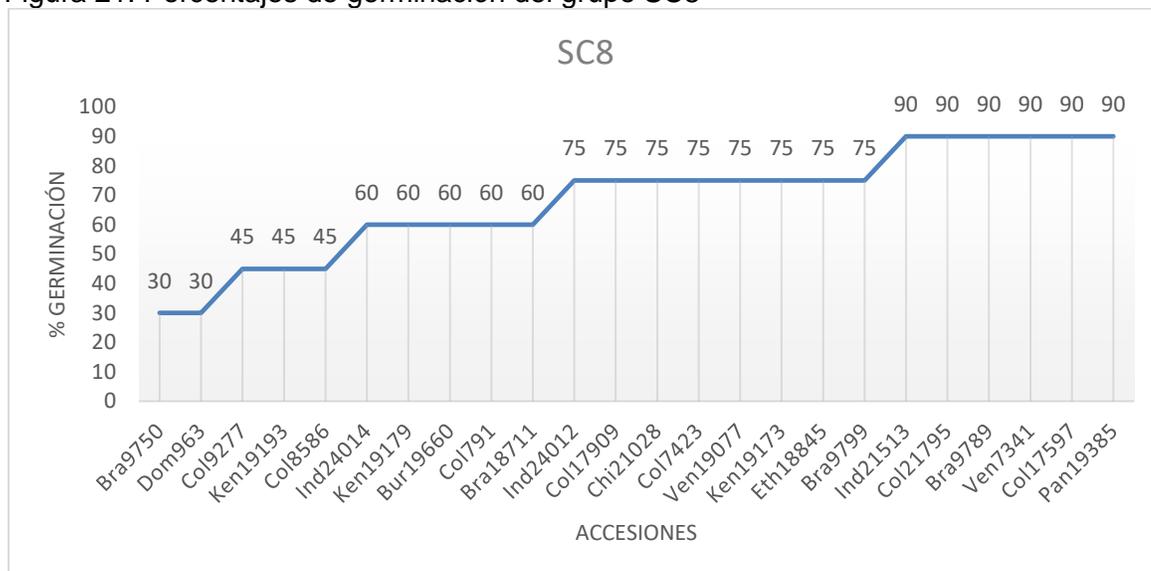
degerminación, (ver figura 20), razón por la que se lo consideró como el grupo objetivo para analizar los resultados finales de la germinación, número de hojas y altura de tallo. El promedio de germinación, frente a los otros grupos, fue de 10.64% y su desviación estándar fue de 1,136; las accesiones se presentan en el cuadro 7 y el análisis estadístico en el Anexo H.

Cuadro 7. Accesiones que componen el subconjunto SC8

Variedad	Accesión	Variedad	Accesión
<i>Tephrosia sessiliflora</i>	Col791	<i>Tephrosia sinapou</i>	Col 21795
	Col9277		
	Col17909		
	Col7423		
	Col17597		
<i>Tephrosia sp.</i>	Ind24012	<i>Tephrosia villosa</i>	Ken19193
	Ind24014		
	Ken19179	<i>Tephrosia vogelii</i>	Ind21513
	Chi21028		
	Bra9750	<i>Tephrosia sp.</i>	Bur19660
	Dom963		Bra18711
	Col8586		Ven19077
	Bra9789		Ken19173
			Ven7341
			Eth18845
	Bra9799		
	Pan19385		

Para el SC8 se analizaron los valores de germinación de cada accesión, como se muestra en la figura 20.

Figura 21. Porcentajes de germinación del grupo SC8



Dentro del SC8, se observó que, de los tres tratamientos, el T2 representó el mejor

efectode la escarificación, pues se consiguió una germinación de 68,125%, frente a T3 con 62,5%y T1 con 53,75%, como se puede observar en el Anexo G.

De esta manera, los resultados obtenidos se asemejan a los planteados por Mancipe, Calderón y Pérez (2018), quienes encontraron en su evaluación de 17 especies tropicales, porcentajes germinativos del 65%.

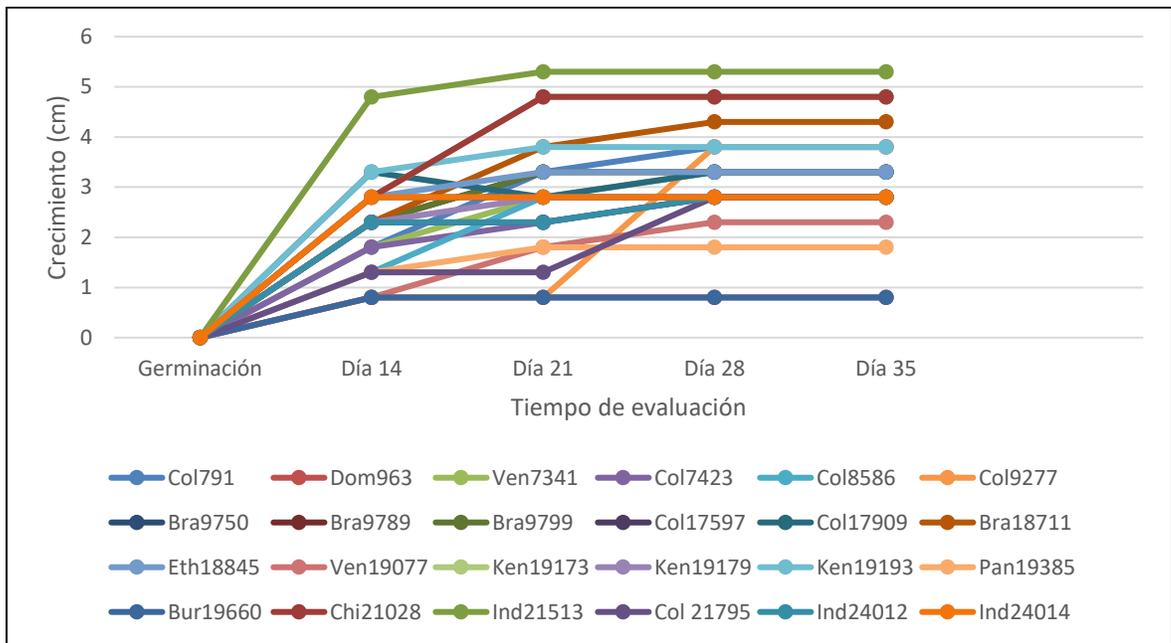
### 3.3 DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DEL TALLO Y APARICIÓN DE HOJAS

**3.3.1 Longitud de tallo.** En el cuadro 8 se aprecian, en detalle, los datos correspondientes al crecimiento del tallo, discriminado por variedades, y en la figura 22 se presenta la forma en que las 24 accesiones del subconjunto SC8, evolucionaron a lo largo de las cinco semanas de evaluación.

Cuadro 8. Resumen Altura de tallos en agrupación por variedades

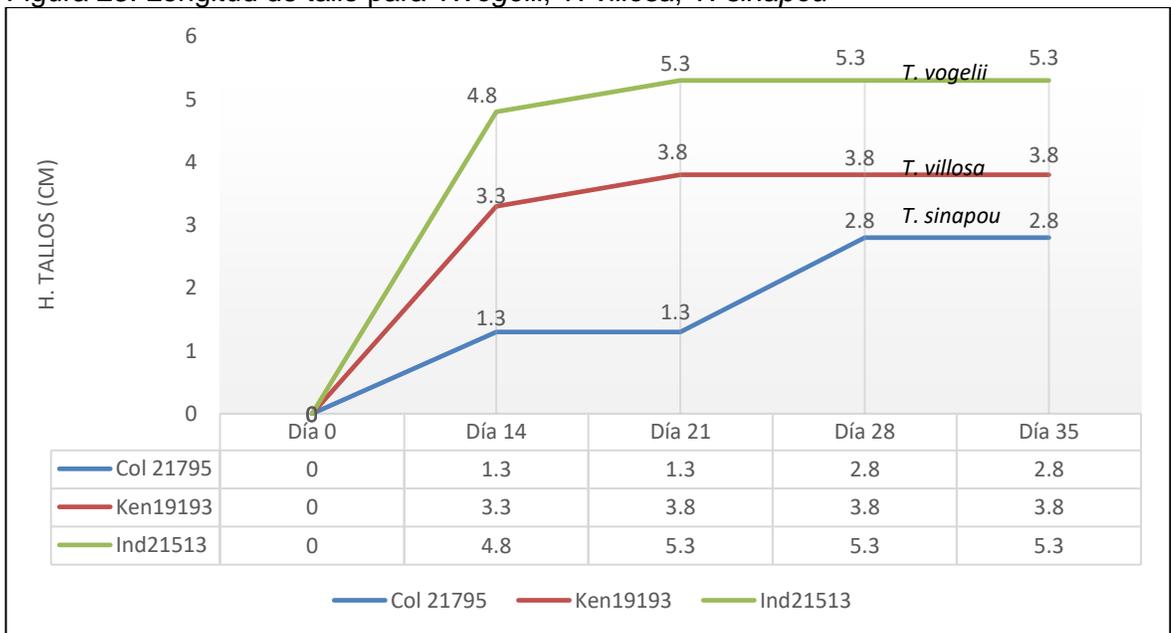
Variedad	Código	Día 0	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35
<i>T. sessiliflora</i>	Col791	0	1,8	3,3	3,8	3,8
<i>T. sessiliflora</i>	Col9277	0	0,8	0,8	3,8	3,8
<i>T. sessiliflora</i>	Col17909	0	3,3	2,8	3,3	3,3
<i>T. sp</i>	Ken19173	0	2,8	4,8	4,8	4,8
<i>T. sp</i>	Chi21028	0	2,8	4,8	4,8	4,8
<i>T. sp</i>	Bra18711	0	2,3	3,8	4,3	4,3
<i>T. sp</i>	Ven7341	0	1,8	2,8	3,3	3,3
<i>T. sp</i>	Bra9789	0	2,3	3,3	3,3	3,3
<i>T. sp</i>	Bra9799	0	2,3	3,3	3,3	3,3
<i>T. sp</i>	Eth18845	0	2,8	3,3	3,3	3,3
<i>T. sp</i>	Col8586	0	1,3	2,8	2,8	2,8
<i>T. sp</i>	Bra9750	0	2,8	2,8	2,8	2,8
<i>T. sp</i>	Ken19179	0	2,3	2,8	2,8	2,8
<i>T. sp</i>	Ind24012	0	2,3	2,3	2,8	2,8
<i>T. sp</i>	Ind24014	0	2,8	2,8	2,8	2,8
<i>T. sp</i>	Ven19077	0	0,8	1,8	2,3	2,3
<i>T. sp</i>	Pan19385	0	1,3	1,8	1,8	1,8
<i>T. sp</i>	Dom963	0	0,8	0,8	0,8	0,8
<i>T. sp</i>	Bur19660	0	0,8	0,8	0,8	0,8
<i>T. sinapou</i>	Col 21795	0	1,3	1,3	2,8	2,8
<i>T. villosa</i>	Ken19193	0	3,3	3,8	3,8	3,8
<i>T. vogelii</i>	Ind21513	0	4,8	5,3	5,3	5,3

Figura 22. Desarrollo de los tallos



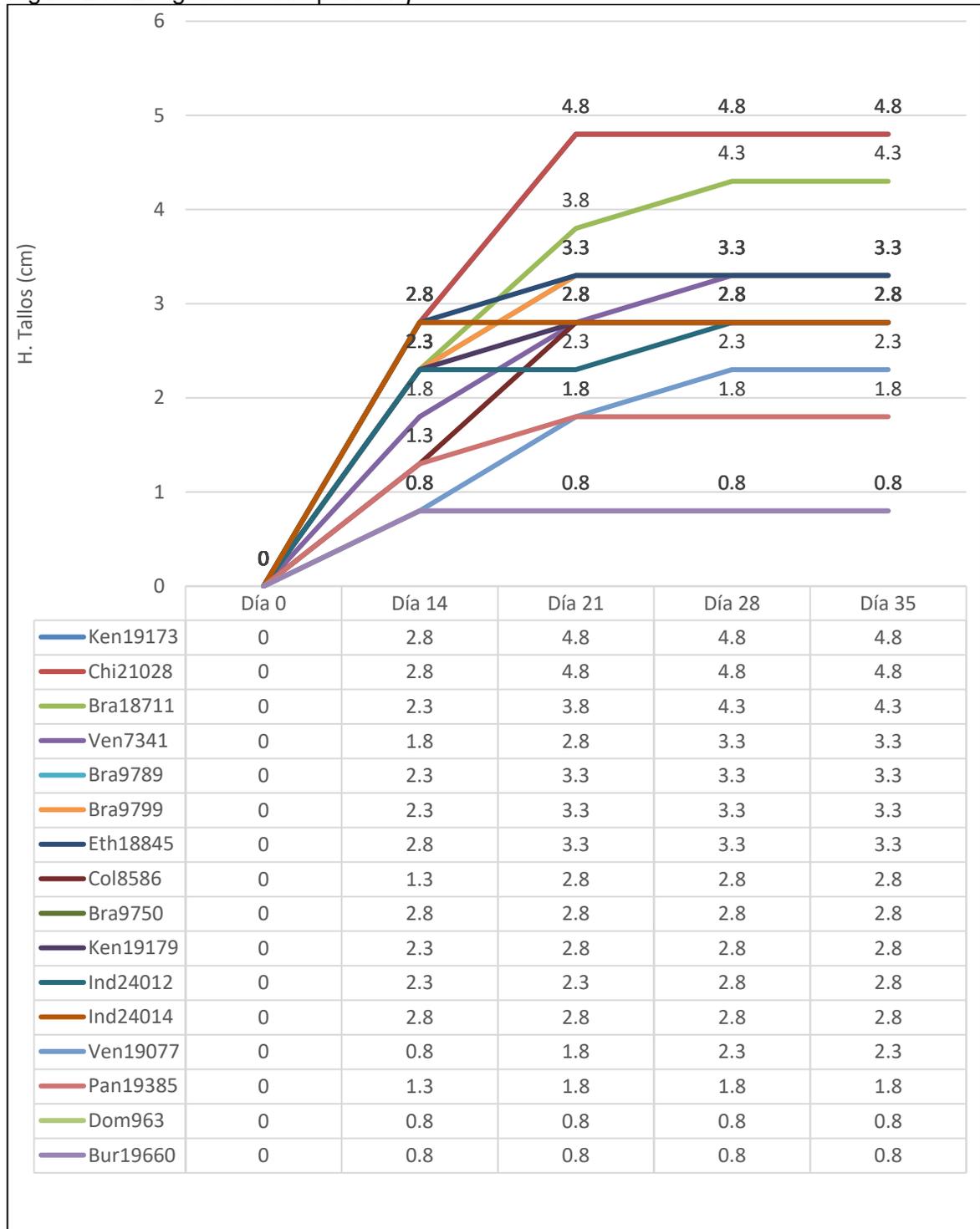
Para mayor claridad de los resultados (Anexo G), se realizó un agrupamiento por variedades dentro del SC8, en donde se aprecia que son cinco las variedades que se destacaron en su desarrollo. En la figura 23 se puede ver que la *T. vogelii* es la mejor representación en cuanto a crecimiento de tallo, pues hacia el día 35 de la experiencia alcanzó una longitud de 5.3 cm.

Figura 23. Longitud de tallo para *T. vogelii*, *T. villosa*, *T. sinapou*



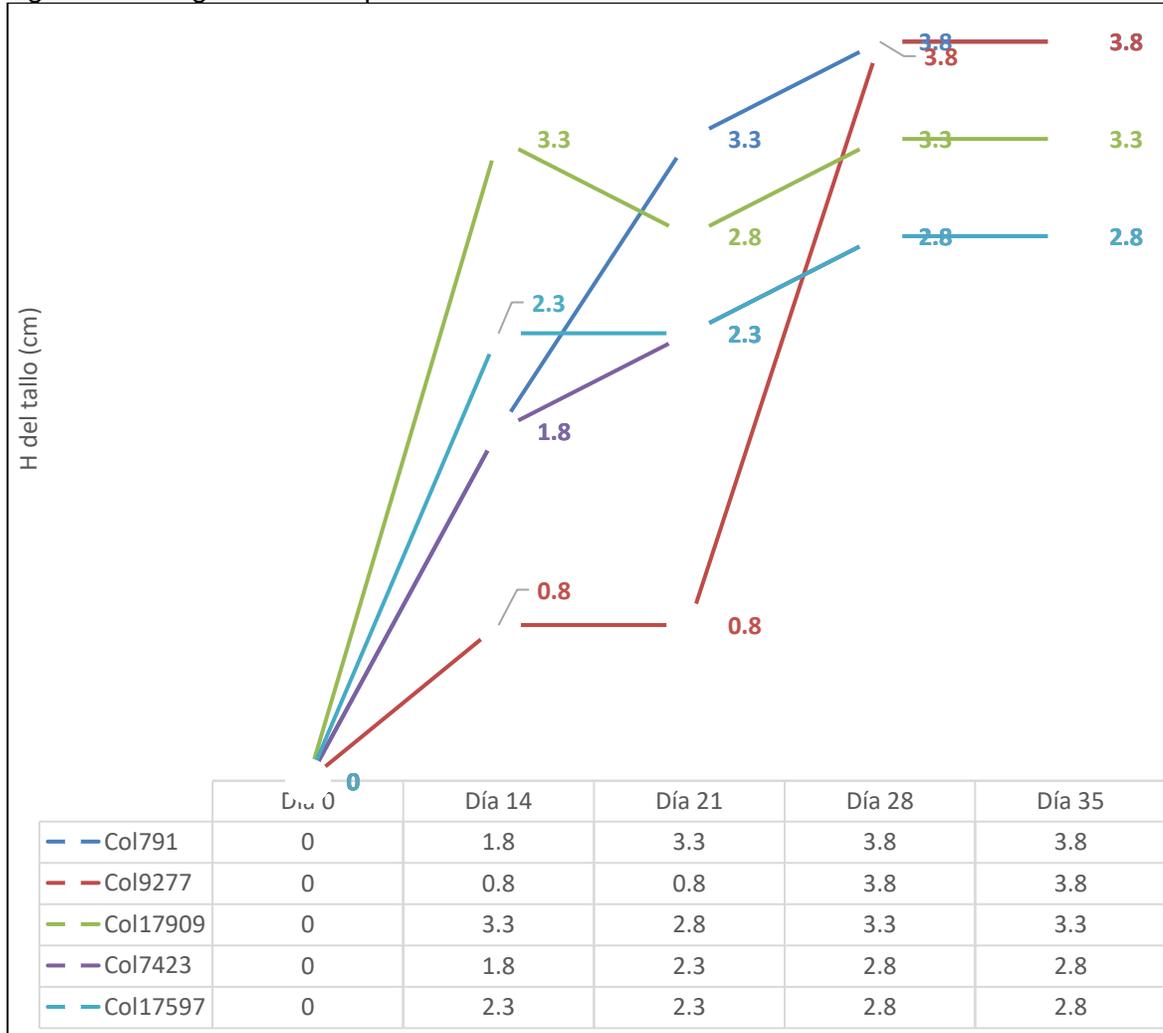
Para la *T.sp.*, se tiene que las accesiones Ken19173 y Chi21028, alcanzaron una altura de 4.8 cm al día 35, y la de menor altura fue Bur19660 (Figura 24).

Figura 24. Longitud de tallo para *T.sp.*



En cuanto a la *T. sessiliflora* se puede observar que las accesiones Col791 y Col 9277 alcanzaron 3.8 cm de altura al final de la experiencia, mientras que, la menor evolución la presentaron Col7423 y Col7597.

Figura 25. Longitud de tallo para *T. sessiliflora*



**3.3.2 Determinación del número de hojas.** La producción de hojas es determinante para el crecimiento de la planta, ya que gran parte de su alimentación para fortalecimiento se da en los procesos químicos de las hojas, por esta razón se considera como un parámetro importante que necesita ser evaluado.

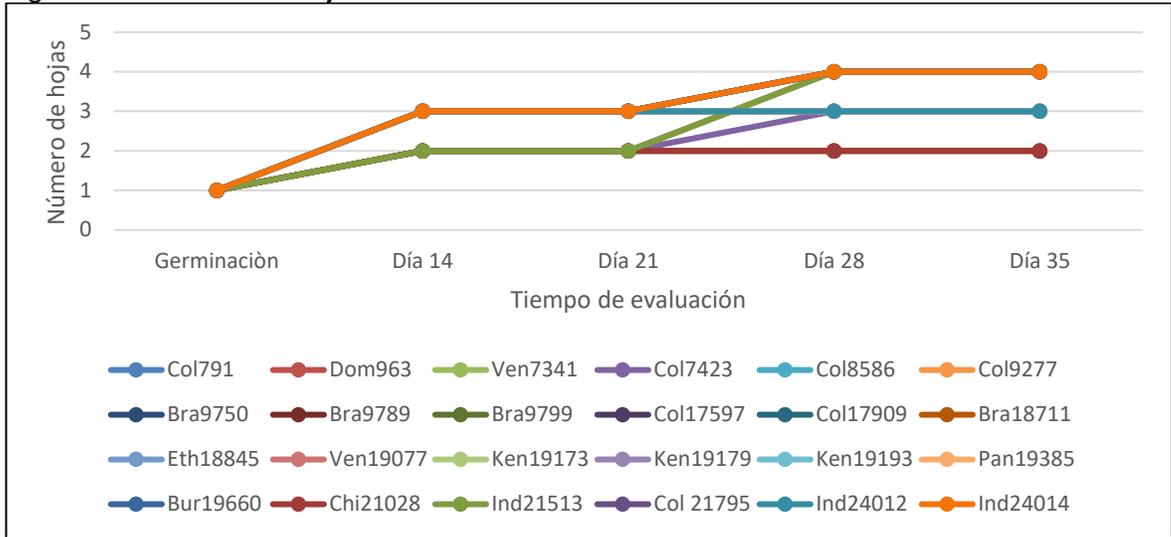
En esta investigación, se presentó el agrupamiento por accesiones, pertenecientes a las variedades *Tephrosia* sp. y *Tephrosia vogelii*, *T. sinapou*, y *T. sessiliflora* las cuales generaron igual número de hojas en mcuas de sus accesiones, y *T. villosa* alcanzó a desarrollar 3 para el día 35, y sus valores de aparición se muestran en el cuadro 9.

Cuadro 9. Resumen Altura de tallos en agrupación por variedades

Variedad	Accesión	Día 0	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35
<i>T. sessiliflora</i>	Col791	0	3	3	4	4
<i>T. sessiliflora</i>	Col9277	0	2	2	4	4
<i>T. sessiliflora</i>	Col17597	0	3	3	4	4
<i>T. sessiliflora</i>	Col17909	0	3	3	4	4
<i>T. sessiliflora</i>	Col7423	0	2	2	3	3
<i>T. sp</i>	Col8586	0	2	2	4	4
<i>T. sp</i>	Bra9750	0	3	3	4	4
<i>T. sp</i>	Ken19173	0	3	3	4	4
<i>T. sp</i>	Ken19179	0	3	3	4	4
<i>T. sp</i>	Bur19660	0	3	3	4	4
<i>T. sp</i>	Ind24014	0	3	3	4	4
<i>T. sp</i>	Dom963	0	3	3	3	3
<i>T. sp</i>	Eth18845	0	3	3	3	3
<i>T. sp</i>	Ven19077	0	3	3	3	3
<i>T. sp</i>	Pan19385	0	3	3	3	3
<i>T. sp</i>	Ind24012	0	3	3	3	3
<i>T. sp</i>	Ven7341	0	2	2	2	2
<i>T. sp</i>	Bra9789	0	2	2	2	2
<i>T. sp</i>	Bra9799	0	2	2	2	2
<i>T. sp</i>	Bra18711	0	2	2	2	2
<i>T. sp</i>	Chi21028	0	2	2	2	2
<i>T. sinapou</i>	Col 21795	0	3	3	4	4
<i>T. villosa</i>	Ken19193	0	3	3	3	3
<i>T. vogelii</i>	Ind21513	0	2	2	4	4

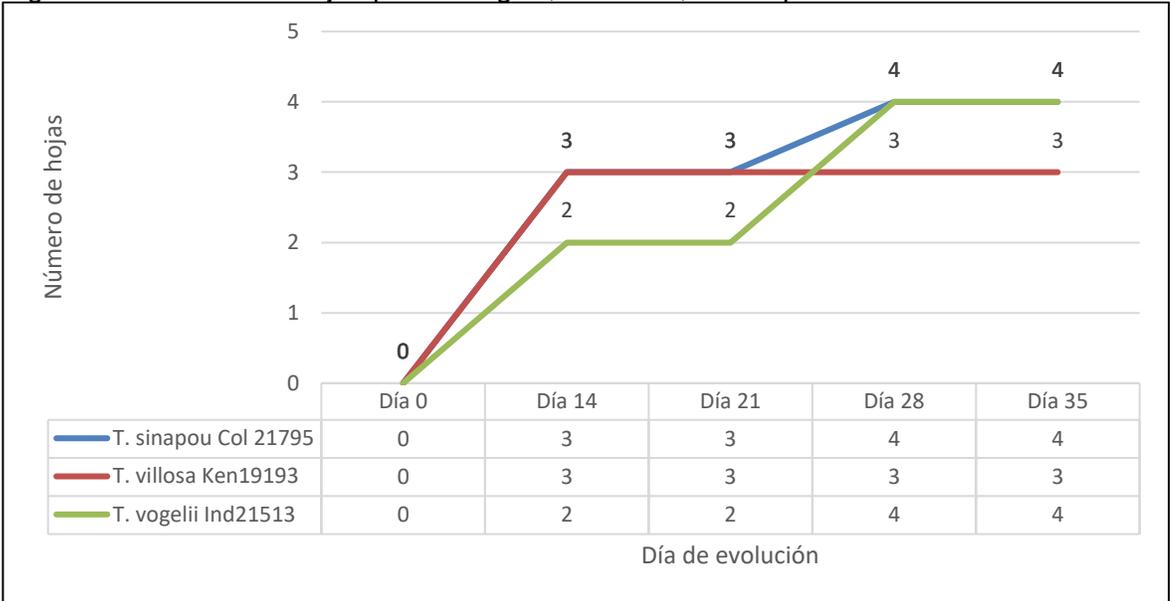
Mientras tanto, con los valores antes descritos, se presenta la Figura 26 con una agrupación completa de las accesiones del SC8, en la que se puede observar que su desarrollo fue ascendente, aunque algunas de ellas no hayan alcanzado más de dos hojas hacia el día 35, mientras que otras llegaron a 4 en el mismo lapso.

Figura 26. Número de hojas a los 35 días de evolución



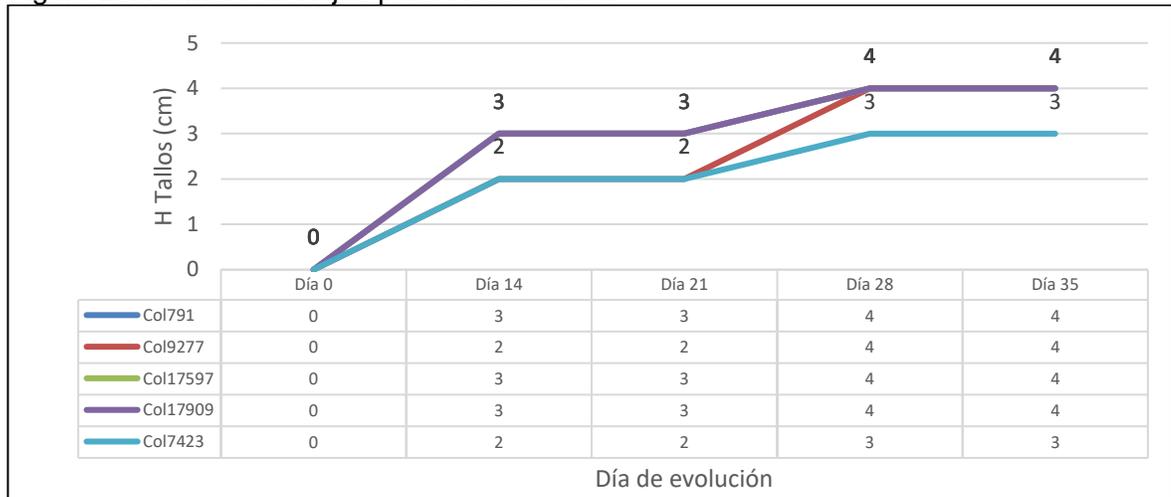
Respecto a la agrupación por variedades, se presenta la figura 27, la cual contiene a *T.vogelii*, *T. villosa*, *T. sinapou*, en ella, ya que estas presentaron una sola accesión cada una. Se nota, entonces, que *T. vogelii* y *T. sinapou* lograron 4 hojas cada una para el día 35, mientras que el comportamiento en *T Sessiliflora* muestra un desarrollo ascendente hasta 3 hojas(Figura 27).

Figura 27. Número de hojas para *T.vogelii*, *T. villosa*, *T. sinapou*



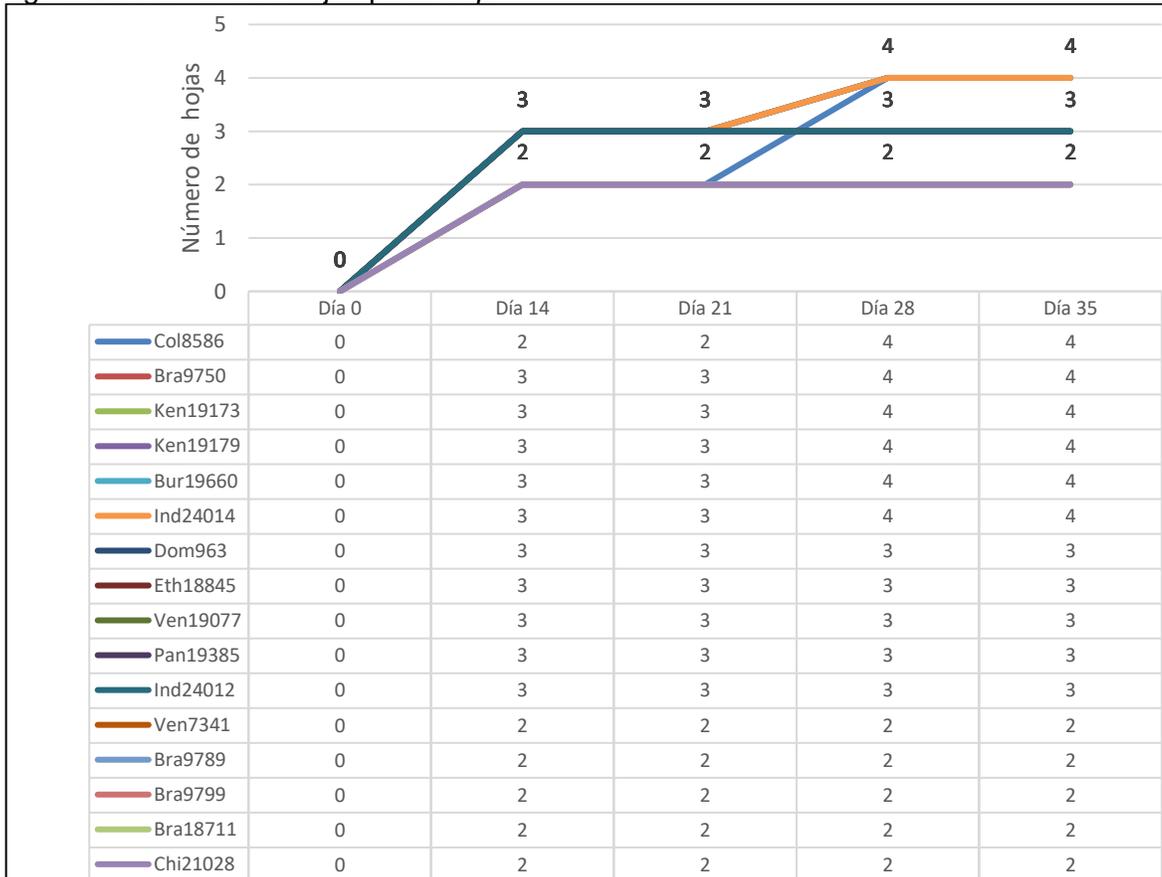
El desarrollo de la *T. sessiliflora*, se observa en la Figura 28, la cual contó con 4 accesiones, que alcanzaron 4 hojas y una de ellas, Col7423, llegó hasta 3, hacia el día 35.

Figura 28. Número de hojas para *T. sessiliflora*.



La *T. sp* (Figura 29) es, igualmente, uniforme en la aparición de hojas con valores similares en sus accesiones con 2, 3 y 4 hojas.

Figura 29. Número de hojas para *T. sp*



En el SC8, se observó el mayor número de hojas a lo largo de las cinco semanas de observaciones en el 50% de las accesiones, con un valor de 4 hojas, como se puede apreciar en la figura 24, que alcanzó este número al final en el día 35.

A pesar de que el tiempo en el que se llevó a cabo el ensayo no se prolongó para obtener una información más cercana a los resultados de las investigaciones que se han realizado sobre el desarrollo de las hojas, si se puede asegurar que todas las variedades tuvieron producción de estas en uno o varios de los tratamientos.

### 3.4 RESULTADOS PROMEDIO OBTENIDOS

**3.4.1 Germinación.** El tratamiento de escarificación 2 tuvo, en promedio, 68,125% de germinación de las semillas. Los valores comparativos con T1 y T3 se observan en la figura 30 al día 7 del ensayo. Los datos de esta observación se aprecian en el Anexo G.

Varios autores han realizado escarificación sobre semillas de diferentes especies. Sanabria *et al.* (2001), combinaron la escarificación química con la aplicación de temperaturas, concluyendo que estas últimas son perjudiciales para la germinación y obteniendo, al igual que en la presente investigación, resultados positivos con la aplicación de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para romper la latencia de semillas de leguminosas forrajeras.

Figura 30. Comparativo de los porcentajes de germinación del subconjunto SC8



Al respecto, Ríos *et al.* (2020) informan que, ante la variación de la capacidad germinativa entre distintos tratamientos y condiciones ambientales, es importante evaluar el porcentaje de germinación de semillas por medio de diferentes métodos de escarificación química y que, contrario a Sanabria *et al.* (2001), “los tratamientos por ebullición no solo contribuyen

en el incremento de la germinación, sino que además las semillas logran mayor velocidad germinativa”. La presente investigación se limitó a la escarificación química, por lo cual podría resultar ilustrativa la repetición de la experiencia con la combinación de tratamientos.

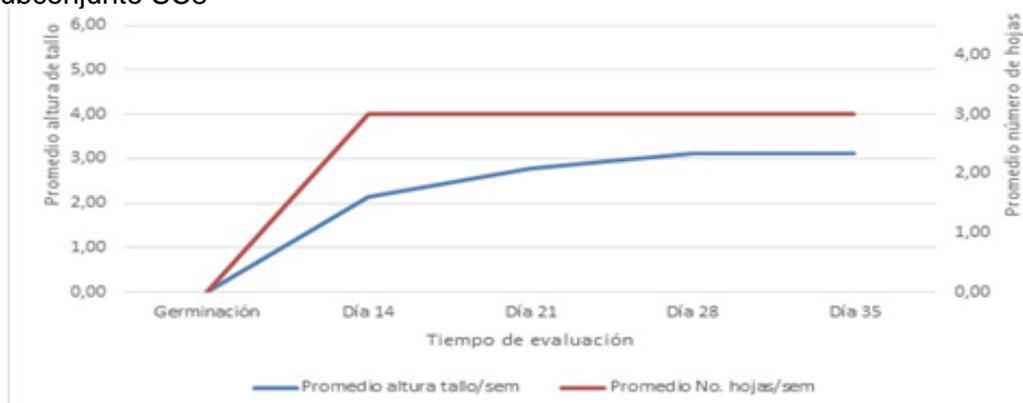
Villalba, Mogelos y Pistilli (2020) informan que “los mejores resultados obtenidos correspondieron a las concentraciones de ácido sulfúrico, afectando positivamente la emergencia, velocidad y desarrollo de plántulas”, cuando escarificaron semillas de *Leucaena leucosephala*, obteniendo resultados positivos en germinación al hacer la siembra. Estos resultados son coincidentes con los resultados de esta investigación, en que la escarificación facilitó la germinación de las semillas.

**3.4.2 Tallos y hojas.** Con los datos recolectados a lo largo del ensayo, se logró evidenciar que con el crecimiento mínimo de tallo (0,8 cm) al día 35 en las accesiones Bur1960 y Dom963 (*Tephrosia sp*), se consideran las de menor desarrollo, pues a pesar de haber logrado cuatro y tres hojas respectivamente, su tallo no creció con vigor; el máximo valor se dio en Ind21513(*Tephrosia sp*) con 5.3 cm de altura de tallo y con 4 hojas.

Independiente de la planta que se cultive, se debe estudiar y tener en clara su biología, para saber si un tallo corto con gran cantidad de hojas o, por el contrario, un tallo largo con pocas hojas, representan crecimientos normales y que igual debe ser un tallo sano, de color uniforme, sin deformaciones que representen gravedad, entre otras cualidades. Al no ser de pertinencia del trabajo esta información específica, no se profundiza en ella, más si se tiene que la observación arrojó resultados concordantes con la germinación de las semillas, lo que representa una buena calidad y cantidad de producción.

La aparición de hojas ocurrió de forma ascendente, pues el promedio obtenido al día 9, fue de dos hojas, en los días 14 y 21 se observaron tres y para el día 35 se llegó a un promedio de cuatro hojas. El número mínimo hacia el día 14 fue de dos hojas y el máximo para el 35, fue de cuatro hojas (Figura 31).

Figura 31. Comparativo de promedios de crecimiento de tallo y aparición de hojas al interior del subconjunto SC8



Así mismo, al haber realizado la reproducción por semillas, no se podría evaluar lo que Colombo (2018) afirma en su obra de reproducción por esquejes, en donde relaciona las buenas producciones según su forma de propagación, de las que prefiere la utilización de esquejes, aspecto que puede ser determinante para un estudio más preciso sobre la obtención de *Tephrosia* spp. en campo, evaluando, ante todo, la pertinencia económica del agricultor.

Basada en la producción foliar, se puede anotar la importancia de su producción, pues, según la investigación realizada por Paixao (2014), el extracto de las hojas de *Tephrosia* spp. tienen un efecto antiparasitario en rumiantes menores y bovinos y se utiliza, artesanalmente, en comunidades africanas para el mismo fin.

Además del empleo sobre la salud, Phombeya (2004) afirma que las hojas de *Tephrosia* spp., específicamente, *vogelii* puede actuar como contrataque de los efectos del barrenador del tallo del maíz; también resalta la cantidad de biomasa y su uso al ser incorporada al suelo, para acumular materia orgánica; es una leguminosa que fija nitrógeno y que posee algunas propiedades insecticidas (CGiar Space, 2004).

#### 4. CONCLUSIONES

En cuanto a la escarificación, se pudo concluir que un tiempo medio de inmersión en ácido y base fuerte, como el asignado a T2 (14 minutos en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y 7 minutos en NaOH), es el más adecuado, pues uno menor no tendría el efecto deseado sobre la testa (T1: 9 minutos para H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y 5 para NaOH), mientras que mayor tiempo de exposición (T3: 19 minutos para H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y 9 para NaOH) puede causar daños a la estructura interna de la semilla.

Al someter a las semillas escarificadas a la prueba de viabilidad con tetrazolio al 0.5% por 24 horas, se observó que el 44% de ellas presentaron tinción del embrión, lo que indica que la aplicación de los tratamientos pregerminativos por el método químico logró afectar la dureza de la testa de las semillas. Se resalta que varias accesiones no mostraron permeabilidad de la corteza tras la aplicación de los tratamientos, pues a la prueba de tetrazolio, esta permaneció intacta, sin la posibilidad de abrirla para observar el embrión.

En la agrupación realizada por SPSS se encontró que el clúster SC8 fue el de mejor respuesta y que dentro de este, las accesiones Ind21513 (*T. vogelii*), Col21795 (*T. sinapou*), Bra9789 (*T. sp*), Ven7341 (*T. sp*), Col17597 (*T. sessiliflora*) y Pan19385 (*T. sp*), obtuvieron los valores más altos en cuanto a germinación, representada en un 90%.

La investigación sobre la germinación a partir de un proceso químico de escarificación de la *Tephrosia* spp., representa un avance en cuanto al estudio de esta especie, dado que es una planta de gran valor para la ganadería y los cultivos, siendo una opción de tratamiento natural bactericida en los animales y que aporta como abono verde para las plantas.

Sobre la *Tephrosia* spp. se han realizado estudios representativos que aportan información acerca de sus propiedades antimicrobianas en rumiantes menores, más no para alimentación; respecto a investigaciones sobre bovinos, no se encuentran referencias que ofrezcan información científica, pues se describen usos ancestrales y empíricos que refieren resultados en este mismo ámbito. Se concluye, entonces, que, hasta el momento, la planta no es apta para alimentación en ovinos, y que su implementación como leguminosa de consumo en bovino y ovinos no es pertinente.

En cuanto al desarrollo de tallos y número de hojas, se realizó un análisis del factor sustrato, que pudo haber afectado estas variables; se concluye que existe la posibilidad de que los desarrollos se vean afectados por la falta de estabilidad y uniformidad en el sustrato utilizado, pues inicialmente fue turba, luego se cambió a tierra con abonos naturales (tierra de invernadero), y posteriormente el de las 3 diferentes fincas en donde se depositaron las plántulas, las cuales sufrieron de marchitez total dada por el estrés al que fueron sometidas.

## 5. RECOMENDACIONES

La observación constante de la investigación arrojó tanto resultados como conclusiones importantes frente al proceso germinativo, a partir de la escarificación química en semillas de testa dura. A raíz de lo anterior, se pueden hacer las siguientes recomendaciones:

Por facilidad en el manejo de los recipientes utilizados para una próxima experimentación, se recomienda la construcción o ubicación de un invernadero horizontal de un solo nivel, en el que se pueda tener un acceso más cómodo y preciso. En este caso, se construyó en cuatro niveles, dadas las condiciones de espacio reducido determinado por las restricciones del plan de contingencia frente a la pandemia.

Es necesario hacer investigación previa sobre nutrición vegetal para las primeras etapas de germinación de las semillas, con aplicación exclusiva de riego, para que este vaya acompañado de un nutriente hidrosoluble y se fortalezca el desarrollo de la plántula.

Se observó que el constante movimiento a que se sometieron las unidades: semillas en cajas Petri, brotes a semilleros, plántulas a bolsas de invernadero y, por último, de bolsas a terreno, no es bien aceptado por la especie, pues ninguna de las plántulas depositadas en los terrenos crecieron de la forma esperada; por lo anterior, se recomienda realizar una investigación acerca del tema para considerar si el traslado, la nutrición al inicio y en sustratos y las condiciones en invernadero, afectan la germinación y desarrollo de las plántulas de *Tephrosia* spp..

Es necesario profundizar en la investigación sobre la composición bromatológica de la especie. Lo anterior se hace necesario para conocer más a fondo las cualidades de la *Tephrosia* spp., dado que hasta el momento es segura su utilización como abono verde, sombrío y antiparasitario en pequeños rumiantes, más no como alimentación animal.

## BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, SANDI, Diego. La nueva clasificación subfamiliar de las leguminosas. En Red de Repositorios de acceso abierto a la ciencia, La Referencia, 2019.

ASSOCIATION INTERNATIONAL SEED TESTING. Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas. Introducción a las Reglas ISTA Capítulos 1-7,9 [en línea]. The International seed Testing Association ISTA. Zurichstr, Bassetsdorf, Suiza: 2016 [citado julio, 2021]. ISSN 2310-3655, 192p.

AZCÓN-BIENTO, Joaquín y TALÓN, Manuel. Fundamentos de Fisiología vegetal. España. Macgraw-hill interamericana: 2a. Ed, 2013, pág. 547.

BEDOYA MAZO, S.; NOGUERA, R.R. y POSADA, S.L. Efecto de la especie donadora de inóculo ruminal sobre la degradación de la materia seca y producción de metano in vitro. En: Investigación ganadera, 2016, vol. 28, no. 5.

CGIAR SPACE. Una amplia gama de beneficios [en línea]. Centro Técnico de Cooperación Agrícola y Rural©: 2004 [citado marzo, 2021]. Disponible en internet en: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/57190?show=full>

CHÁVEZ, E. y OSPINA, T., Evaluación del efecto de la *Tephrosia vogelii* para el control de parásitos gastrointestinales (Nematodos) en ovinos. Tesis Medicina Veterinaria. Universidad Antonio Nariño. Popayán: 2016.

CHERRY, Estefan. Manejo de Barbecho (*Tephrosia*) en Camerún. En: HechoNotas de Desarrollo (EDN), 2000, vol. 65, no. marzo.

COLOMBO, Aldo. La reproducción por esquejes. España. De Vecchi, S.A.: 2018.

CRUZ, C. y SÁNCHEZ GONZÁLEZ, J.M. La fibra en la alimentación del ganado lechero. En: Nutrición animal, 2013, vol. 6, no. 1.

DEL AMO, Silvia, VERGARA, María del Carmen, RAMOS, José María y SAINZ CAMPILLO, Carmina. Germinación y manejo de especies forestales tropicales. México: 2012.

FARFÁN VALENCIA, Fernando. Sombríos transitorios para el establecimiento del café. Manizales, Caldas: Cenicafé. 2016.

FLORES M, Enrique; CÁCERES, Wilfredo E; AGUIRRE T, Lucrecia y CASTILLO, Miguel S. Efecto de la escarificación en la germinación de semillas de soya forrajera perenne (*Neonotonia wightii*). En: Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 2020, vol. 31, no. 3. Doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v31i3.16728>

HADAS, A. Seedbed preparation: The soil physical environment of germinating seeds. p. 3-49. En: R.L. Benech-Arnold and R.A. Sanchez (eds.). Handbook of Seed Physiology: Applications to Agriculture. Food Product Press, New York, USA: 2004.

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos [en línea]. Ideam: s.f. [citado 22, diciembre, 2020]. Disponible en internet en: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418894/Caracter%C3%ADsticas+de+Ciudades+Principales+y+Municipios+Tur%C3%ADsticos.pdf>

\_\_\_\_\_. Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos [en línea]. Ideam: s.f. [citado 22, diciembre, 2020]. Disponible en internet en: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418894/Caracter%C3%ADsticas+de+Ciudades+Principales+y+Municipios+Tur%C3%ADsticos.pdf>

IPNI INTERNATIONAL PLANT NAMES INDEX. *Tephrosia* [en línea]. IPNI ©: 2015 [citado 18, diciembre, 2020]. Disponible en internet en: [https://www.ipni.org/?f=f\\_infrageneric%2Cf\\_familial&q=tephrosia](https://www.ipni.org/?f=f_infrageneric%2Cf_familial&q=tephrosia)

JIMÉNEZ SUAREZ, Ana Mayerli; FARFÀN VALENCIA, Fernando y MORALES LONDOÑO, Carmen Soledad. Biomasa seca y contenido de nutrientes de *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea* y *Tephrosia candida*, empleadas como abonos verdes en cafetales. En: Cenicafé, 2005, vol. 56, no. 2, pág. 93-109.

MANCIPE MURILLO, Carolina; CALDERÓN HERNÁNDEZ, Manuela y PÉREZ MARTÍNEZ, Laura Victoria. Evaluación de viabilidad de semillas de 17 especies tropicales altoandinas por la prueba de germinación y la prueba de tetrazolio. En: Caldasia, 2018, vol. 40, no. 2, pág. 366-382. <https://www.jstor.org/stable/26553144>

MARIN GARZ, T.; GOMEZ MERINO, F.C.; AGUILAR RIVERA, N.; MURGUÍA GONZÁLEZ J.; TREJO TELLEZ, L.; PASTELÍN SOLANO, M.C.; CASTAÑEDA CASTRO, O. Composición bioactiva de hojas de café durante un ciclo anual. En: Revista Fitotécnica mexicana, 2020, vol. 41, no. 4. Doi: <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.4.365-372>

MORA-LAMILLA, Sofía Imelda. Valoración nutricional de especies forrajeras asociadas a sistemas pecuarios en el norte del Huila. En Revista Agropecuaria y agroindustrial La Angostura GIAA, 2019, vol. 6, no. 6. DOI: <https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.1>

MURRAY W., Nabors. Introducción a la botánica. España. Pearson, Addison Wesley: 1a Ed, 2006, pág. 73.

NIEMBRO, R. Estructura y clasificación de semillas forestales mexicanas. En Inecc. (Ed.). Reunión sobre problemas en semillas forestales tropicales. Instituto Nacional de ecología. Chapingo, México: 1982, pág. 77-120.

OROZCO SEGOVIA, A.; SANCHEZ CORONADO, M.E.; MARTÍNEZ VILLEGAS, J.A.; PEDRERO LOPEZ, L.V.; BECERRA VASQUEZ, A.; ROSETE RODRIGUEZ, A. y PERAZA VILLAREAL, H. Ecofisiología de semillas en plantas tropicales: el acondicionamiento mátrico, una herramienta para germinar especies nativas, útiles para la restauración y conservación de especies. En: congreso Latinoamericano de Botánica (10: Salvador, Bahía, Brasil: octubre, 2014).

OSSORIO, David; SILES, Gema; GARCÍA FUENTES, Antonio y TORRES CORDERO, Juan Antonio. Ensayo de germinación en *Trifolium angustifolium* y *Hedysarum spinosissimum*, dos leguminosas anuales con interés en la restauración de cubiertas herbáceas en olivar. En Phytohemeroteca, 2017, no. 293.

PAIXAO, Armindo; MANCEBO, Bety; REGALADO, Ada Ibis; CHONG, Daine y SANCHEZ, Luz Marina. Evaluación de la Toxicidad Aguda Oral del extracto etanólico de *Tephrosia vogelii* Hook (kalembe). En Revista Salud Animal, 2017, vol.39, no.2.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; SÁNCHEZ, Luz Marina; AIRES, Walter; ARSENIO DE FONTES PEREIRA, Ataulfo M; SOCA, Mildrey; ROQUE, Eugenio; COSTA, Esperanza y NICOLAU, Suzana. Tamizaje fitoquímico de extractos metanólicos de *Tephrosia vogelii* Hook, *Chenopodium ambrosoides*, *Cajanus cajan* y *Solanum nigrum* L. de la provincia de Huambo, Angola. En Salud Animal, 2014, vol. 36, no. 3.

PECHENÉ ORDOÑEZ Juan Manuel y ORTEGA RENGIFO, Fabián Andrés. Control de nemátodos gastro-intestinales con el suministro de *Tephrosia vogelii* en la dieta de ovinos en concentraciones del 20% y 10% comparada con fenbendazol en la explotación del cordero praga del municipio de El Tambo, Cauca. Tesis Medicina Veterinaria. Universidad Antonio Nariño, Popayán, Colombia: 2020.

PEIWEN Zhang, DEQIANG Qin, JIANJUN Chen y ZHIXIANG Zhang. Plantas del género *Tephrosia*: recursos valiosos para insecticidas botánicos. En Multidisciplinary Digital Publishing Institute MDPI, 2020, vol. 11, no. 10, pág. 721.

PERDOMO VARGAS, Jorge Andrés y HERRERA HERNÁNDEZ, Elver Arley. Valoración nutricional de especies forrajeras asociadas a sistemas pecuarios en el norte del Huila. En

Revista Agropecuaria y Agroindustrial La Angostura - GIAA, 2019, pág. 11. DOI: <https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.1>

PORTUGUEZ GARCÍA, Mary Pamela. Evaluación de diferentes métodos para la ruptura de latencia en la semilla del arroz zacate manchado (*Ischaemum rugosum*) Salisb. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Costa Rica: 2017.

PULIDO SUÁREZ, Laura María. Fijación Biológica de Nitrógeno en el Parque Nacional del Teide: Simbiosis *Spartocytisus supranubius*- Rizobios. Trabajo de Grado. Facultad de Ciencias. Universidad de la Laguna, Santa Cruz de Tenerife, España: 2017.

RÍOS, Virleydys; CÓRDOBA, Leonomir; RAMÍREZ, Pedro; COPETE, José y RAMOS, Pablo. Métodos de escarificación química y sus efectos en la germinación de semillas de *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb. En: Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 2021, vol. 12, no. 1. Doi: <https://doi.org/10.22490/21456453.3727>

RUIZ, Elizabeth y MOLINA LÓPEZ, Diego Luis. Revisión de literatura sobre beneficios asociados al uso de coberturas leguminosas en palma de aceite y otros cultivos permanentes. En: Revista Palmas, 2014, vol. 35, no. 1, pág. 56-64.

SALAZAR MERCADO, Seir Antonio y BOTELLO DELGADO, Edinson Alexander. Viabilidad de Semillas de *Glycine Max* (L.) utilizando la prueba de Tetrazolio. En: Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 2018, vol. 9, no. 2, pág. 2. DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.2270>

\_\_\_\_\_ ; MALDONADO BAYONA, Hanner Alejandra y QUINTERO CALEÑO, Jesús David. Evaluación de la calidad fisiológica de las semillas de *Linum usitatissimum* L. con la prueba de tetrazolio. En: Avances en Investigación Agropecuaria, 2018, vol. 22, no. 3.

SANABRIA, Damelys; SILVA, Ramón, OLIVEROS, Miguel y BARRIOS, Renny. Escarificación química y térmica de semillas subterráneas de *Centrosema rotundifolium*. En: Bioagro, 2001, vol. 13, no. 3, pág. 117-124.

TOVAR NEISA, Justo Armando. Evaluación exploratoria de la germinación in vitro de semillas de dos especies de importancia ecosistémica mediante diferentes métodos de escarificación en Tunja (Boyacá). Trabajo de grado. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. UNAD, Colombia, 2019.

VARGAS ÍAZ, Iramis, RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ Sergio y VERDECIA POMPA Pastora. Efecto del tamaño y el tiempo de conservación en la calidad de la semilla de papaya (Carica papaya L.). En: Revista Granmense de Desarrollo Local, 2021, vol. 5, no. 3.

VILLALBA, Angel; MOGELOS, Carlos y PISTILLI, Ruth. Eficiencia de la escarificación en semillas de Leucaena (*Leucaena Leucosephala*) por inmersión en diferentes tratamientos químicos. En: Revista científica de Ciencias Agrarias El Surco, 2020, vol. 5, no. mayo.

ZAMBRANO MARCOS, Abel Jorge. Superación de la Laterncia en semilla de Kudzo (*Pueraria phaseoloides*). Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina,.Lima, Perú: 2018

## ANEXOS

### Anexo A. Listado CIAT de las accesiones utilizadas para la investigación



**F20170010**  
RESIEMBRA

Fecha: 27-Apr-17  
Nombre: Jhon Freddy Gutierrez  
Institución: Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT

#### ACCESIONES DE FORRAJES

ACCESION No.	GENERO	ESPECIE	PAIS	ESTADO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	VIABILIDAD (%)	SEMILLAS
791	Tephrosia	sessiliflora	COL	ARAUCA	6.4167	-71.7333	340	86	200
921	Tephrosia	cinerea	VEN	GUARICO	9.2167	-66.2833	220	89	200
963	Tephrosia	sp.	DOM					97	200
7341	Tephrosia	sp.	VEN	BOLIVAR	7.6833	-63.5333	130	87	200
7423	Tephrosia	sessiliflora	COL	META	3.6833	-73.0167	200	94	200
7824	Tephrosia	multijuga	ZWE	PRETORIA				94	200
7825	Tephrosia	polystachya	UNK					93	200
7826	Tephrosia	purpurea	ZWE					86	200
7827	Tephrosia	purpurea	ZWE	NYAMANDHLOVU				100	200
7829	Tephrosia	rhodesica	ZWE	NYAMANDHLOVU				88	200
7831	Tephrosia	rhodesica	ZWE	MANGULA				91	200
7865	Tephrosia	maxima	UNK					87	200
7866	Tephrosia	purpurea	UNK					100	200
7962	Tephrosia	sp.	THA	RATCHABURI	13.7333	99.8	50	88	200
7963	Tephrosia	sp.	THA	SURAT THANI	9.7	99.0833	40	96	200
8172	Tephrosia	sessiliflora	COL	CASANARE	4.7	-72.9667	390	85	200
8375	Tephrosia	sp.	BRA	ALAGOAS	-9.8	-36.15	120	93	200
8534	Tephrosia	sp.	BRA	TOCANTINS	-11.7833	-49.1833	360	95	200
8586	Tephrosia	sp.	COL	VALLE DEL CAUCA	3.6	-76.1333	1700	100	200
8820	Tephrosia	cinerea	COL	CESAR	10.05	-73.75	150	99	200
8821	Tephrosia	sp.	COL	CESAR	10.2333	-73.4833	130	97	200
8822	Tephrosia	cinerea	COL	CESAR	10.1667	-73.25	160	97	200
8823	Tephrosia	cinerea	COL	GUAJIRA	11.2333	-73.2167	40	93	100
9155	Tephrosia	sessiliflora	COL	VICHADA	5.1667	-70.5167	140	89	200
9162	Tephrosia	sp.	COL	VICHADA	6.1833	-67.5	60	89	200
9173	Tephrosia	sessiliflora	COL	VICHADA	5.6833	-70.0167	150	98	200

ACCESION No.	GENERO	ESPECIE	PAIS	ESTADO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	VIABILIDAD (%)	SEMILLAS
9277	Tephrosia	sessiliflora	COL	VICHADA	4.55	-70.9167	200	90	200
9356	Tephrosia	noctiflora	BLZ	CAYO	17.2	-89	40	100	200
9371	Tephrosia	cinerea	MEX	YUCATAN	20.59	-89.39	0	95	200
9445	Tephrosia	cinerea	MEX	CAMPECHE	19.35	-90.7166	0	100	200
9453	Tephrosia	cinerea	MEX	CAMPECHE	19.85	-90.5333	100	100	200
9459	Tephrosia	cinerea	MEX	CAMPECHE	19.8	-90.2333	0	99	200
9582	Tephrosia	sp.	COL	CAUCA	1.6833	-77.15	700	97	200
9750	Tephrosia	sp.	BRA	MATO GROSSO	-18.5	-54.75	180	91	200
9773	Tephrosia	sp.	BRA	MATO GROSSO	-15.6833	-56.1	220	91	200
9789	Tephrosia	sp.	BRA	MATO GROSSO	-15.75	-52.5333	390	85	200
9799	Tephrosia	sp.	BRA	MATO GROSSO	-15.0833	-52.1833	350	100	200
9809	Tephrosia	sp.	BRA	MATO GROSSO	-13.6	-52	250	90	200
9825	Tephrosia	sp.	BRA	MATO GROSSO	-16.5667	-54.5667	200	90	200
17381	Tephrosia	sp.	THA	N RATCHASIMA	15.2167	102.3667	130	87	200
17382	Tephrosia	sp.	MYS	JOHOR	2.05	103.05	60	87	200
17511	Tephrosia	linearis	ETH	SIDAMO				89	200
17597	Tephrosia	sessiliflora	COL	META	3.1	-73.8333	400	90	200
17905	Tephrosia	sp.	COL	META	4.5333	-71.7333	200	89	200
17908	Tephrosia	sp.	COL	META	3.6667	-71.1333	240	92	200
17909	Tephrosia	sessiliflora	COL	META	3.6667	-71.1333	240	99	200
18218	Tephrosia	cinerea	VEN	CARABOBO	10.6333	-68.15	10	86	200
18221	Tephrosia	cinerea	VEN	ZULIA	8.9	-72.3	10	97	200
18222	Tephrosia	cinerea	VEN	ZULIA	8.5333	-72.5333	30	98	200
18223	Tephrosia	cinerea	VEN	BARINAS	7.8667	-71.15	240	100	200
18224	Tephrosia	cinerea	VEN	GUARICO	8.8	-67.5167	190	94	200
18443	Tephrosia	sp.	THA	RAYONG	12.7333	101.2333	100	100	200
18711	Tephrosia	sp.	BRA	MATO GROSSO	-10.9833	-51.3667	250	85	200
18845	Tephrosia	sp.	ETH	GAMO GOFA	6.45	37.35	1510	97	200
18846	Tephrosia	linearis	ETH	GAMO GOFA	6.4167	37.25	1190	86	200
18929	Tephrosia	sp.	ETH	WELEGA	9.05	36.4	1300	96	200
18931	Tephrosia	linearis	ETH	GOJJAM	11.1667	36.1333	1070	87	200
18959	Tephrosia	sp.	BRA	PARAIBA				87	100
19077	Tephrosia	sp.	VEN	BOLIVAR	8.0667	-63.65	60	93	200
19173	Tephrosia	sp.	KEN	MURANGA	-0.8667	37.1333	1430	100	200
19174	Tephrosia	sp.	KEN	WEST POKOT	1.5167	35.4167	1825	87	200
19176	Tephrosia	sp.	KEN	SIAYA	0.0833	34.2833	1360	100	200
19177	Tephrosia	sp.	KEN	MURANGA	-0.8667	37.1333	1440	99	100
19178	Tephrosia	sp.	KEN	EMBU	-0.4	37.6	1550	89	100
19179	Tephrosia	sp.	KEN	MERU	-0.0333	37.65	1550	97	200

ACCESION No.	GENERO	ESPECIE	PAIS	ESTADO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	VIABILIDAD (%)	SEMILLAS
19180	Tephrosia	sp.	KEN	KISUMU	-0.1833	35.1667	1330	96	200
19181	Tephrosia	sp.	KEN	MACHAKOS	-2.2	37.7	950	90	200
19182	Tephrosia	sp.	KEN	MACHAKOS	-2.9167	38.4	600	88	200
19183	Tephrosia	sp.	KEN	KWALE	-3.7333	39.1333	410	96	200
19185	Tephrosia	cinerea	KEN	KILIFI	-3.95	39.5333	140	87	200
19190	Tephrosia	sp.	KEN	KILIFI	-3.2167	40.0833	60	89	200
19191	Tephrosia	sp.	KEN	KILIFI	-3.05	40.1333	10	100	200
19193	Tephrosia	villosa	KEN	KILIFI	-3.65	39.85	50	99	200
19196	Tephrosia	lupinifolia	KEN	KISUMU	-0.25	34.9667	1260	90	200
19198	Tephrosia	villosa	KEN	KILIFI	-3.05	40.1333	10	92	200
19199	Tephrosia	villosa	KEN	KILIFI	-2.8	40.15	10	93	200
19385	Tephrosia	sp.	PAN	CHIRIQUI	8.3667	-82.0667	20	100	200
19459	Tephrosia	sp.	PNG	PORT MORESBY	-9.5	147.1167		87	200
19567	Tephrosia	purpurea	IDN	E.NUSATENGGARA	-9.8	124.4833	650	86	200
19569	Tephrosia	sp.	IDN	E.NUSATENGGARA	-9.4833	124.3833	410	89	200
19639	Tephrosia	sp.	ZWE	KARIBA	-16.5	28.8333	600	95	200
19641	Tephrosia	purpurea	ZWE	UMTALI	-19.5833	32.65	980	86	200
19642	Tephrosia	cinerea	ZWE	CHIPINGE	-20.2333	32.3833	580	86	200
19660	Tephrosia	sp.	BDI	KARUZI	-3.05	30.15	1640	97	200
20044	Tephrosia	purpurea	IDN	W.NUSATENGGARA	-8.8833	116.3167	10	90	200
20047	Tephrosia	purpurea	IDN	E.NUSATENGGARA			70	88	200
20048	Tephrosia	purpurea	IDN	E.NUSATENGGARA	-10	123.8667	380	87	200
20049	Tephrosia	purpurea	IDN	E.NUSATENGGARA	-8.3333	123.0333	0	95	200
20079	Tephrosia	sp.	COL	ATLANTICO	10.8667	-75.0667	10	96	200
20734	Tephrosia	sp.	COL	TOLIMA	3.85	-75.1	350	86	200
20789	Tephrosia	sp.	COL	CAUCA	1.9833	-77.15	610	94	200
20822	Tephrosia	sinapou	COL	VALLE DEL CAUCA	3.9167	-76.2833	1130	96	200
20931	Tephrosia	cinerea	COL	CAUCA	1.8333	-77.2667	740	100	200
20932	Tephrosia	cinerea	COL	NARINO	1.5667	-77.3667	1340	95	100
20933	Tephrosia	cinerea	COL	CAUCA	1.9667	-77.1167	680	98	200
21025	Tephrosia	vestita	CHN	HAINAN	20	110.29	120	94	200
21026	Tephrosia	vestita	CHN	HAINAN	19.17	110.3	70	89	200
21027	Tephrosia	vestita	CHN	HAINAN	19.17	110.3	40	91	200
21028	Tephrosia	sp.	CHN	HAINAN	18.7461	109.1681	180	100	200
21036	Tephrosia	sp.	CHN	HAINAN	18.7461	109.1681	110	86	200
21224	Tephrosia	sinapou	THA	MAE HONG SON	18.6667	97.9333	620	100	200
21268	Tephrosia	cinerea	COL	HUILA	3.1	-75.2167	500	85	200
21513	Tephrosia	vogelii	IND	JAVA	24.5833	74.95	750	94	200
21560	Tephrosia	cinerea	COL	VALLE DEL CAUCA	4.25	-76.0667	1110	91	100

ACCESION No.	GENERO	ESPECIE	PAIS	ESTADO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	VIABILIDAD (%)	SEMILLAS
21637	Tephrosia	sp.	ECU	MANABI	-2.9667	-80.3667	80	90	200
21795	Tephrosia	sinapou	COL	CHOCO	5.2667	-76.5	110	100	200
21854	Tephrosia	cinerea	COL	HUILA	2.8667	-75.3833	490	91	200
21855	Tephrosia	cinerea	COL	HUILA	2.6833	-75.55	770	93	200
21857	Tephrosia	cinerea	COL	HUILA	2.0667	-75.3	430	99	200
21887	Tephrosia	cinerea	COL	HUILA	2.9833	-75.3333	430	91	100
22040	Tephrosia	sp.	THA	PHETCHABUN	15.5667	101.0667	160	91	200
22051	Tephrosia	sp.	THA	PHETCHABUN	16.8	101.2833	150	87	200
22419	Tephrosia	sp.	BUR					88	200
24011	Tephrosia	sp.	IDN	E.NUSATENGGARA	-8.3333	123.0333	0	81	200
24012	Tephrosia	sp.	IDN	E.NUSATENGGARA	-8.35	122.8667	50	88	200
24013	Tephrosia	sp.	IDN	E.NUSATENGGARA	-8.4167	122.8	150	89	200
24014	Tephrosia	sp.	IDN	E.NUSATENGGARA	-8.75	121.2667	540	89	200
24015	Tephrosia	noctiflora	IDN	E.NUSATENGGARA	-8.6667	120.1	110	97	200

Centro Internacional de Agricultura Tropical. Todos los derechos reservados. 2017©

## Anexo B. Registro fotográfico Aparición de raíces



### Anexo C. Registro fotográfico Crecimiento de tallos



## Anexo D. Registro fotográfico Aparición de hojas





## Anexo E. Proceso de trasplante



Siembra en Petri



Resiembra en Semillero



Trasplante a Terrenos  
Parcelación La Ponderosa (Cajibío)  
Finca El Recreo (Timbío)  
Parcelación La Monja (Timbío)



Trasplante a Bolsas

## Anexo F. Comparación entre plántulas trasplantadas y siembra directa

### Siembra directa en Jardín



### Con trasplante



## Anexo G. Tablas de resultados de la práctica

### % Germinación SC8

<b>Variedad</b>	<b>Accesión</b>	<b>T1 (%)</b>	<b>T2 (%)</b>	<b>T3 (%)</b>
<i>T. sp</i>	Ind24012	30	75	15
<i>T. sp</i>	Ind24014	30	60	30
<i>T. sessiliflora</i>	Col9277	45	45	45
<i>T. sessiliflora</i>	Col17909	30	75	30
<i>T. sp</i>	Ken19179	0	60	75
<i>T. sp</i>	Chi21028	30	75	45
<i>T. sp</i>	Bra9750	75	30	60
<i>T. villosa</i>	Ken19193	45	45	75
<i>T. sp</i>	Dom963	60	30	90
<i>T. sp</i>	Col8586	75	45	60
<i>T. vogelii</i>	Ind21513	0	90	90
<i>T. sinapou</i>	C21795	30	90	60
<i>T. sessiliflora</i>	Col7423	60	75	60
<i>T. sp</i>	Bra9789	45	90	60
<i>T. sp</i>	Bur19660	90	60	45
<i>T. sessiliflora</i>	Col791	75	60	75
<i>T. sp</i>	Bra18711	90	60	60
<i>T. sp</i>	Ven19077	45	75	90
<i>T. sp</i>	Ken19173	45	75	90
<i>T. sp</i>	Ven7341	60	90	75
<i>T. sessiliflora</i>	Col17597	60	90	75
<i>T. sp</i>	Eth18845	90	75	60
<i>T. sp</i>	Bra9799	90	75	75
<i>T. sp</i>	Pan19385	90	90	60
	<b>Promedios</b>	<b>53,750</b>	<b>68,125</b>	<b>62,500</b>

## Elongación de Tallo SC8

Variedad	Accesión	Día 0	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35
<i>T. vogelii</i>	Ind21513	0	4,8	5,3	5,3	5,3
<i>T. sp</i>	Ken19173	0	2,8	4,8	4,8	4,8
<i>T. sp</i>	Chi21028	0	2,8	4,8	4,8	4,8
<i>T. sp</i>	Bra18711	0	2,3	3,8	4,3	4,3
<i>T. sessiliflora</i>	Col791	0	1,8	3,3	3,8	3,8
<i>T. sessiliflora</i>	Col9277	0	0,8	0,8	3,8	3,8
<i>T. villosa</i>	Ken19193	0	3,3	3,8	3,8	3,8
<i>T. sp</i>	Ven7341	0	1,8	2,8	3,3	3,3
<i>T. sp</i>	Bra9789	0	2,3	3,3	3,3	3,3
<i>T. sp</i>	Bra9799	0	2,3	3,3	3,3	3,3
<i>T. sessiliflora</i>	Col17909	0	3,3	2,8	3,3	3,3
<i>T. sp</i>	Eth18845	0	2,8	3,3	3,3	3,3
<i>T. sessiliflora</i>	Col7423	0	1,8	2,3	2,8	2,8
<i>T. sp</i>	Col8586	0	1,3	2,8	2,8	2,8
<i>T. sp</i>	Bra9750	0	2,8	2,8	2,8	2,8
<i>T. sessiliflora</i>	Col17597	0	2,3	2,3	2,8	2,8
<i>T. sp</i>	Ken19179	0	2,3	2,8	2,8	2,8
<i>T. sinapou</i>	Col 21795	0	1,3	1,3	2,8	2,8
<i>T. sp</i>	Ind24012	0	2,3	2,3	2,8	2,8
<i>T. sp</i>	Ind24014	0	2,8	2,8	2,8	2,8
<i>T. sp</i>	Ven19077	0	0,8	1,8	2,3	2,3
<i>T. sp</i>	Pan19385	0	1,3	1,8	1,8	1,8
<i>T. sp</i>	Dom963	0	0,8	0,8	0,8	0,8
<i>T. sp</i>	Bur19660	0	0,8	0,8	0,8	0,8
	<b>Promedio</b>		2,15	2,78	3,13	3,13

## Número de Hojas SC8

Variedad	Accesión	Día 0	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35
<i>T. sessiliflora</i>	Col791	0	3	3	4	4
<i>T. sp</i>	Col8586	0	2	2	4	4
<i>T. sessiliflora</i>	Col9277	0	2	2	4	4
<i>T. sp</i>	Bra9750	0	3	3	4	4
<i>T. sessiliflora</i>	Col17597	0	3	3	4	4
<i>T. sessiliflora</i>	Col17909	0	3	3	4	4
<i>T. sp</i>	Ken19173	0	3	3	4	4
<i>T. sp</i>	Ken19179	0	3	3	4	4
<i>T. sp</i>	Bur19660	0	3	3	4	4
<i>T. vogelii</i>	Ind21513	0	2	2	4	4
<i>T. sinapou</i>	Col 21795	0	3	3	4	4
<i>T. sp</i>	Ind24014	0	3	3	4	4
<i>T. sp</i>	Dom963	0	3	3	3	3
<i>T. sessiliflora</i>	Col7423	0	2	2	3	3
<i>T. sp</i>	Eth18845	0	3	3	3	3
<i>T. sp</i>	Ven19077	0	3	3	3	3
<i>T. villosa</i>	Ken19193	0	3	3	3	3
<i>T. sp</i>	Pan19385	0	3	3	3	3
<i>T. sp</i>	Ind24012	0	3	3	3	3
<i>T. sp</i>	Ven7341	0	2	2	2	2
<i>T. sp</i>	Bra9789	0	2	2	2	2
<i>T. sp</i>	Bra9799	0	2	2	2	2
<i>T. sp</i>	Bra18711	0	2	2	2	2
<i>T. sp</i>	Chi21028	0	2	2	2	2

## Anexo H. Análisis Univariado de Varianza

Factores inter-sujetos		N
Tratamiento	1	94
	2	95
	3	97
Accesion	1	6
	2	6
	3	6
	4	6
	5	7
	6	6
	7	6
	8	6
	9	6
	11	6
	16	6
	17	7
	18	6
	20	6
	21	6
	22	7
	23	5
	24	6
	25	6
	27	4
	28	6
	29	6
	30	12
	31	6
	32	6
	33	6
	34	6
	35	6
	36	6
	37	6
38	6	
42	6	
43	6	
44	6	
45	5	
46	5	
47	6	
48	6	
51	6	
52	6	
53	6	
54	6	
55	6	
58	6	
59	6	
60	6	
61	6	

<b>Pruebas de efectos inter-sujetos</b>				
Variable dependiente: Germinacion				
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F
Modelo corregido	2134,332 <sup>a</sup>	140	15,245	1,986
Intersección	6061,885	1	6061,885	789,733
Tratamiento	111,825	2	55,912	7,284
Accesion	992,188	46	21,569	2,810
Tratamiento * Accesion	1039,477	92	11,299	1,472
Error	1113,000	145	7,676	
Total	9423,000	286		
Total corregido	3247,332	285		

a. R al cuadrado = ,657 (R al cuadrado ajustada = ,326)

<b>Prueba post hoc</b>			
<b>Germinacion</b>			
Duncan <sup>a,b,c</sup>			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
1,00	94	3,7660	
3,00	97		4,9175
2,00	95		5,2421
Sig.		1,000	,420

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 7,676.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 95,317.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

c. Alfa = 0,05.

Subconjuntos homogéneos

Duncan <sup>a,b,c</sup>		Germinacion								
		Accesio	Subconjunto							
n	N	1	2	3	4	5	6	7	8	
7,00	6	1,0000								
6,00	6	1,5000	1,5000							
47,00	6	1,5000	1,5000							
5,00	7	2,1429	2,1429	2,1429						
34,00	6	2,5000	2,5000	2,5000	2,5000					
43,00	6	2,5000	2,5000	2,5000	2,5000					
37,00	6	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000				
52,00	6	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000				
54,00	6	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000				
59,00	6	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000				
61,00	6	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000				
8,00	6	3,5000	3,5000	3,5000	3,5000	3,5000	3,5000			
9,00	6	3,5000	3,5000	3,5000	3,5000	3,5000	3,5000			
16,00	6	3,5000	3,5000	3,5000	3,5000	3,5000	3,5000			
18,00	6	3,5000	3,5000	3,5000	3,5000	3,5000	3,5000			
20,00	6	3,5000	3,5000	3,5000	3,5000	3,5000	3,5000			
24,00	6	3,5000	3,5000	3,5000	3,5000	3,5000	3,5000			
46,00	5	3,6000	3,6000	3,6000	3,6000	3,6000	3,6000			
25,00	6	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000		
29,00	6	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000		
30,00	12	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000		
33,00	6	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000		
58,00	6	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000		
60,00	6	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000		
45,00	5	4,2000	4,2000	4,2000	4,2000	4,2000	4,2000	4,2000	4,2000	
17,00	7	4,2857	4,2857	4,2857	4,2857	4,2857	4,2857	4,2857	4,2857	

38,00	6	4,5000	4,5000	4,5000	4,5000	4,5000	4,5000	4,5000	4,5000
51,00	6		5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
21,00	6			5,5000	5,5000	5,5000	5,5000	5,5000	5,5000
42,00	6			5,5000	5,5000	5,5000	5,5000	5,5000	5,5000
2,00	6			6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
11,00	6			6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
27,00	4			6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
53,00	6			6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
55,00	6			6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
4,00	6				6,5000	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000
48,00	6				6,5000	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000
22,00	7					6,8571	6,8571	6,8571	6,8571
1,00	6					7,0000	7,0000	7,0000	7,0000
31,00	6					7,0000	7,0000	7,0000	7,0000
35,00	6					7,0000	7,0000	7,0000	7,0000
36,00	6					7,0000	7,0000	7,0000	7,0000
3,00	6						7,5000	7,5000	7,5000
28,00	6						7,5000	7,5000	7,5000
32,00	6						7,5000	7,5000	7,5000
23,00	5							7,8000	7,8000
44,00	6								8,0000
Sig.		,087	,087	,060	,051	,052	,052	,063	,060

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 7,676.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,978.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

c. Alfa = 0,05.