

**Evaluación de cuatro sustratos de tipo tradicional en la  
reproducción del frailejón (*Espeletia hartwegiana*) en  
vivero, para el repoblamiento en el Páramo de Barbillas,  
Pancitará-Cauca**



**NESTOR TINTINAGO MAJIN**

**Maestría en ciencias agrarias**

**Universidad del cauca  
Facultad de ciencias agrarias  
Maestría en ciencias agrarias  
Popayán 2019**

**Evaluación de cuatro sustratos de tipo tradicional en la  
reproducción del frailejón (*Espeletia hartwegiana*) en  
viveros, para el repoblamiento en el Páramo de Barbillas,  
Pancitará-Cauca**

**NESTOR TINTINAGO MAJIN**

**Trabajo de grado en la modalidad investigación como requisito parcial para optar  
el título de Magister en Ciencias Agrarias**

**Director**

**Dr. ROMAN STECHAUNER ROHRINGER**

**Universidad del cauca  
Facultad de ciencias agrarias  
Maestría en ciencias agrarias  
Popayán 2019**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

**Dr. Roman Stechauner Rohringer**

**DIRECTOR:**

---

**MSc. Sandra Morales Velasco**

**JURADO 1**

---

**Dr. Jorge Andrés Ramírez Correa**

**JURADO 2**

**APROBADO   X**

## *Dedicatoria*

*Al dueño de la vida, por los días tan hermosos que me ha regalado, por ser la guía en la oscuridad hasta encontrar la luz.*

*A mi familia por estar conmigo en los momentos que más los necesito.*

*Al director, orientadores y jurados por sus recomendaciones y experiencias aportadas.*

*A quienes contribuyeron de alguna manera a escalar la colina para encontrar la cima.*

*A usted que toma es sus manos este humilde trabajo, que quizá le pueda aportar en algo a su formación profesional.*

*Gracias*

# Tabla de contenido

Lista de figura	VI
Lista de tablas	VIII
Lista de anexos	IX
Glosario de términos	X
Resumen	XI
Abstract	XII
Introducción	1
1. Marco conceptual y teórico	5
1.1 Marco conceptual	5
1.2 Marco teórico	7
1.2.1 Generalidades	7
1.2.2 Suelos	14
1.2.3 Sustratos	16
1.2.4 Características de un sustrato	23
2 Estado del arte	24
3 Metodología	29
3.1 Localización y área de estudio	29
3.2 Variables	30
3.2.1 Germinación	30
3.2.2 Crecimiento	31
3.2.3 Diámetro del tallo	31
3.2.4 Número y tamaño de hojas	31
3.2.5 Supervivencia (supervivencia)	31
3.3 Sustratos, Tratamientos y diseño experimental	32

3.4	Establecimiento de ensayo, evaluación germinativa y fenología de	35
4	Resultados y discusión	41
4.1	Germinación	41
4.1.1.	Comportamiento germinación de <i>E. hartwegiana</i> en el tiempo	44
4.2	Crecimiento	46
4.3	Diámetro del tallo.	48
4.4	Número y tamaño de hojas	49
4.5.	Sobrevivencia (supervivencia)	53
5	Conclusiones	57
6	Recomendaciones	58
7	Bibliografía	59

# Lista de figuras

<b>Fig.1.1.</b>	Factores a considerar para la propagación en vivero en <i>E.</i>	6
<b>Fig.1. 2.</b>	Páramo de Barbillas en el complejo Sotará- Macizo Colombiano	7
<b>Fig.1. 3.</b>	Frailejon <i>E. hartwegiana</i> , especie emblemática del Páramo de	8
<b>Fig.1. 4.</b>	<i>E. hartwegiana</i> en floración	10
<b>Fig.1. 5.</b>	Semillas de <i>E. harwegiana</i>	11
<b>Fig.1. 6.</b>	Germinación de semillas	12
<b>Fig.1. 7</b>	Suelo natural del Macizo Colombiano	15
<b>Fig.1. 8.</b>	Lombricompost	18
<b>Fig.1. 9.</b>	Compostaje de residuos vegetales	19
<b>Fig.1.10.</b>	Mantillo de bosque o capote	21
<b>Fig.2. 11.</b>	Criterios para selección de semillas de <i>E. conglomerata</i>	26
<b>Fig.3. 12.</b>	Ubicación geográfica páramo de Barbillas-Complejo Sotará.	30
<b>Fig.3. 13.</b>	Diseño experimental en bloques completos al azar	34
<b>Fig.3. 14.</b>	Actividades secuenciales en la fase de campo	35
<b>Fig.3. 15.</b>	Identificación plantas semilleras	35
<b>Fig.3. 16.</b>	Colección de semillas	36
<b>Fig.3. 17.</b>	Hidratación semillas de <i>E. hartwegiana</i>	37
<b>Fig.3. 18.</b>	Elaboración sustratos	37
<b>Fig.3. 19.</b>	Bloques completos al azar	38
<b>Fig.3. 20.</b>	Siembra y tapado de semillas	39
<b>Fig.3. 21.</b>	Monitoreo experimental	39
<b>Fig.4. 22.</b>	Germinación de semillas de <i>E. hartwegiana</i> en los sustratos	41
<b>Fig.4. 23.</b>	Comportamiento de la germinación de <i>E. hartwegiana</i> 25 a 60	45

<b>Fig.4. 24.</b>	Crecimiento de plántulas en los cuatro tratamientos.	47
<b>Fig.4. 25.</b>	Diámetro del tallo	48
<b>Fig.4. 26.</b>	Hojas pareadas y opuestas de plántulas.	49
<b>Fig.4. 27.</b>	Longitud de hojas de <i>E. hartwegiana</i> .	50
<b>Fig.4. 28.</b>	Ancho del limbo en hojas de <i>E. hartwegiana</i> .	51
<b>Fig.4. 29.</b>	Crecimiento y desarrollo inicial de las plántulas de <i>E. hartwegiana</i>	52
<b>Fig.4. 30.</b>	Comportamiento de las plántulas por tratamiento y variables.	53
<b>Fig.4. 31.</b>	Sobrevivencia de las plántulas de <i>E. hartwegiana</i> .	55



## Lista de tablas

<b>Tabla.1. 1</b>	Clasificación taxonómica de <i>E hartwegiana</i> Sch Bip.	9
<b>Tabla. 3. 2</b>	Caracterización química de sustratos	33
<b>Tabla. 3. 3</b>	Tratamientos diseñados para evaluar los sustratos.	34
<b>Tabla. 4. 4</b>	Análisis post-Anova para la germinación	42
<b>Tabla. 4. 5</b>	Germinación de <i>E. hartwegiana</i> en periodos de 7 días	44
<b>Tabla. 4. 6</b>	Comportamiento de la germinación en el tiempo	45
<b>Tabla. 4. 7</b>	Análisis post-Anova para el crecimiento	47
<b>Tabla. 4. 8</b>	Análisis post-Anova para diámetro del tallo en plántulas.	49
<b>Tabla. 4. 9</b>	Análisis post-Anova longitud de hojas del frailejón	50
<b>Tabla. 4. 10</b>	Análisis post-Anova ancho del limbo de las hojas	51
<b>Tabla. 4. 11</b>	Supervivencia de las plántulas de <i>E. hartwegiana</i> a los 120	54
<b>Tabla. 4. 12</b>	Análisis post-Anova para la sobrevivencia	55

# Lista de anexos

A1 Análisis químico de sustratos evaluados

77

## Glosario de términos

**Propagación:** proceso sexual o asexual usado en los vegetales para la obtención de nuevos individuos que garantiza la continuidad y supervivencia de la especie.

**Espeletia:** género al que pertenecen los frailejones, bautizados así en honor al virrey José de Espeletia.

**Espeletia harwegiana:** nombre científico de la especie de frailejones que habita en el páramo de Barbillas, Macizo Colombiano.

**Sustrato:** producto del resultado de las mezclas o combinaciones de materiales sean orgánicos o minerales, utilizado en la producción de plántulas, específicamente en viveros.

**Compost:** abono orgánico proveniente del proceso de compostaje de residuos vegetales de manera controlada.

**Lombricompost:** es el material resultante de la transformación biológica llevada a cabo por las lombrices sobre residuos orgánicos biodegradables mediante el proceso de digestión.

**Mantillo de bosque:** producto final de la desintegración natural y sin control de diversos residuos orgánicos proveniente de los bosques.

**Micrositio:** ambiente del suelo, subsuelo y aéreo donde la semilla tiene posibilidad de germinar y establecerse.

**Germinación:** proceso donde el embrión se desarrolla y origina una nueva plántula.

**Sobrevivencia: (Supervivencia)** plántulas que permanecen vivas en un lapso de tiempo tolerando las adversidades de los micrositios.

**Crecimiento:** elongación de los tejidos de las plántulas, tales como, tallos, hojas y raíces.

# Resumen

Los páramos colombianos, considerados ecosistemas estratégicos y biodiversos que ofertan múltiples beneficios ambientales e hidrológicos, están amenazados por la reducción de su población vegetal. En particular, los frailejones son desplazados por cultivos o actividades agropecuarias. El género *Espeletia* es notablemente afectado por sus condiciones reproductivas, especialmente la baja germinación en campo, que no supera el 10%. Para contribuir a contrarrestar este efecto en el Páramo de Barbillas, se planteó la evaluación a cuatro sustratos de tipo tradicional en vivero donde se pudiese controlar algunos factores como las fuertes lluvias, la humedad, la luz, los fuertes vientos muy comunes en el campo, entre otros.

Los sustratos en mención fueron: el suelo natural como tratamiento (T1) y tres obtenidos a partir de las mezclas: suelo + lombricompost (T2), suelo + compost (T3) y suelo + mantillo de bosque (T4) en un diseño de bloques completos al azar y en consecuencia recomendar un sustrato que facilite incrementar la germinación y sobrevivencia. El protocolo incluyó la selección de plantas semilleras, colección y selección de semillas, elaboración de sustratos, siembra y seguimiento experimental. Las variables valoradas fueron: germinación, crecimiento, sobrevivencia, número y tamaño de hojas y el diámetro del tallo. Los datos se procesaron con un análisis de varianza y una prueba post-Anova de Tukey.

*E. hartwegiana* presentó una tasa de germinación entre el 3 y 13.6%, considerada como baja, siendo T4 el sustrato de mejor comportamiento. La respuesta favorable a las variables se atribuye a las condiciones que el mantillo ofrece en términos de humedad, aireación y acceso a favorecido a ciertos nutrientes como el cobre, el hierro y el manganeso, dada la reacción fuertemente ácida. Los análisis químicos señalan que *E. hartwegiana* no es ávida de calcio, magnesio y potasio, no evidenció comportamientos diferenciados. Los tratamientos se agruparon en orden ascendente, así: 1) T2; 2) T1 y T3 y 3) T4, siendo significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) entre sí.

**Palabras claves:** *Espeletia hartwegiana*, frailejones, sustratos, germinación, páramo.

## Abstract

The Colombian páramos, (high Andean moor environments), are considered strategic and biodiverse ecosystems which offer multiple ecological services. They are threatened by decreasing plant population, particularly the frailejones are displaced by crops or agricultural holdings. The *Espeletia* genus is notably affected by its reproductive conditions, especially the low field germination rate which does not exceed 10%. To contribute to counteract this effect at the Páramo de Barbillas, four substrates of traditional type in nursery were evaluated, where it could control some factors such as heavy rains, humidity, light, strong winds very common in the field, among others.

The substrates in mention were: natural soil as treatment (T1) and three substrates obtained from the mixtures: soil + vermicompost (T2), soil + compost (T3) and soil + forest mulch (T4) in a randomized complete block design, aiming to recommend the most suitable method to increase both the germination and the survival rate. The protocol included the selection of seed plants, seed collection and selection, preparation of substrates, sowing and experimental monitoring. The variables evaluated were germination, growth, survival, true leaves, stem diameter, leaf length and limb width. The data were processed with a variance analysis followed by a Tukey post-Anova test.

The frailejón (*Espeletia hartwegiana*) showed low germination rates (3 - 13.6%, being T4 the best performing substrate. The favorable response to the variables is attributed to the humidity retention and aeration conditions as well as the access to certain nutrients such as copper, iron and manganese, of the offered by the mulch resulting from its strongly acid reaction. The chemical analyzes results indicate that *E. hartwegiana* is not avid for calcium, magnesium and potassium, it did not show differentiated behaviors. Regarding the variables assessed, the treatments were grouped in ascending order as follows: 1) T2; 2) T1 and T3; and 3) T4, with significant differences ( $p < 0.05$ ).

**Keywords:** *Espeletia hartwegiana*, frailejones, substrates, germination, páramo.

# Introducción

La preservación de los ecosistemas de páramos es una necesidad vital para Colombia y otros países. Las implicaciones ambientales de su deterioro son de preocupación mundial, ya que generan consecuencias graves desde el ámbito local hasta el internacional. Por tanto, el manejo y conservación de estos recursos naturales son política de estado (Ley 1930 de 2017), igualmente son de interés de las instituciones educativas y de los habitantes de diferentes comunidades (Avellaneda, Torres y León, 2015).

De los páramos, se reporta que se encuentran amenazadas aproximadamente 25 especies de frailejón, es decir, del género *Espeletia*. Esta situación impone la necesidad de fortalecer la investigación orientada a la toma de decisiones frente a su conservación y manejo (Velasco 2018). Siendo el frailejón una especie vegetal insignia de los ecosistemas de páramo, se le reconocen efectos positivos relacionados con su hábitat, ofreciendo servicios ecológicos invaluable a nivel regional y nacional, igualmente tiene efectos medicinales y curativos (Mavaréz, 1013). Los frailejones sustentan la biodiversidad existente a través de interacciones con otras especies, ocupando hasta un 40% del área. Así mismo, cumplen una función crucial en la regulación de la humedad, puesto que absorben el agua de las neblinas y la conservan para su entorno inmediato (Avellaneda *et al.* 2015)

De igual importancia es su aporte de necromasa y oferta de hábitat para diversidad de insectos. Sin embargo, en varios páramos de Colombia, entre ellos el de Barbillas, las especies de frailejones se han visto fuertemente impactadas por la reducción de su población, debido a múltiples actividades antrópicas y a su vez la baja tasa reproductiva por limitantes naturales que restringen fuertemente su regeneración. Como agravante de lo expuesto, en la década de los 70, parte del hábitat del Páramo de Barbillas en el Resguardo de Pancitará fue modificado por la implementación de una granja ovina bajo el fomento del Ministerio de Agricultura y la Caja Agraria, que para su establecimiento destruyeron y reemplazaron la vegetación nativa -especialmente el frailejón *Espeletia hartwegiana*- por otra de carácter foráneo, que incluía distintas variedades de pastos tales como el poa (*Holcus lanatus*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), raygrass (*Lolium multiflorum*) y fauna silvestre por los ovinos (*Ovis*

aries). Posteriormente, la incursión de cultivos de papa acompañada de tecnologías de revolución verde, agudizó aún más las deplorables condiciones ambientales.

En la actualidad, la ampliación de la frontera agrícola y la búsqueda de suelos más fértiles también han generado deforestación y tala de bosques situados en el entorno inmediato de este ecosistema, afectando notablemente el equilibrio natural, evidenciándose en la disminución de la diversidad de flora, fauna y las fuentes hídricas (Avellaneda, Torrez y León 2015).

Para responder a la situación descrita, surgió la necesidad de generar conocimientos agronómicos y métodos para repoblar las zonas de páramo con frailejón (*E. hartwegiana*), tendientes a asegurar su conservación, considerando la necesidad de contrarrestar las desventajas ecológicas que esta especie se encuentra afrontando en el medio natural. Se pretendió superar limitantes de su propagación a través de la búsqueda y la valoración de un sustrato de tipo tradicional, que permitiera incrementar la tasa de germinación y facilitar el suministro de plántulas para repoblar el Páramo de Barbillas. Dado que un sustrato es necesario para la reproducción de la planta, debido a que proporciona mejores condiciones para su germinación y crecimiento; es el medio de soporte, suministra a las raíces el agua y nutrientes requeridos, es de bajo impacto ambiental y la relación beneficio/costo adjuntamente a las otras bondades favorecen la producción de especies forestales (Piñuela, Guerra, y Pérez, 2013) y aquellas cuya propagación es muy limitada en condiciones naturales, como el caso de *E. hartwegiana*, ya que se ha observado que el esparcimiento de las semillas se ve restringido; una cantidad considerable queda sobre las hojas de la misma planta, muchas caen sobre la hojarasca, musgos, barbachas y otras plantas acompañantes rastreras y pocas semillas contactan la superficie del suelo, donde no todas encuentran un micrositio favorable para su germinación (Figuroa y Cárdenas 2015).

Además, en el suelo la semilla está expuesta a condiciones ambientales adversas, tales como: sequía o exceso de agua de lluvia, al ataque de insectos, hongos, bacterias y a la competencia de malezas, lo cual ocasiona una alta mortalidad de plántulas en su entorno natural. Mientras que en el vivero, se pueden controlar las condiciones ambientales durante la etapa crítica de las plántulas, desde la semilla hasta la edad de trasplante, dándole el cuidado necesario para que crezcan sanas, fuertes y tengan una mayor resistencia cuando sean

plantadas. Una plántula de calidad es el punto de inicio de una plantación exitosa (Piñuela, Guerra, y Pérez, 2013).

Lo anterior conlleva al estudio de cuatro sustratos en la propagación asistida del frailejón en vivero, pues un buen sustrato representa un 80% del éxito de producción de plantas sanas y vigorosas. Desde el punto de vista físico debe ser: liviano, esponjoso, con buena capacidad de almacenar agua y desde el punto químico es necesario un buen contenido y disponibilidad de nutrientes (INATEC 2016). Si bien el compost, lombricompost y mantillo, están constituidos por residuos orgánicos, lógicamente la diversidad de éstas combinaciones está asociada a las propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato resultante, que a su vez inciden directamente en la forma como se presenta la germinación y crecimiento de las plántulas (García, 2014).

También el material vegetal utilizado y método de obtención influyen en el producto final, dado que el compost es el resultado de un proceso de compostaje controlado de residuos (Chilon, 2013; Varnero, Rojas y Orellana, 2007). Para su elaboración se usaron la hojarasca, pasto, carbón, ceniza, melaza; el lombricompost como resultado de la digestión de residuos orgánicos (residuos de cocina) por la lombriz *Eisenia foetida* (Acevedo y Pire, 2004), el mantillo de bosque de la descomposición de diversos residuos vegetales, con una abundante presencia de macro, meso y microbiota, sin ningún tipo de control (Suarez, Moreno y Campo 2014) y el suelo natural, cuyas condiciones físicas, químicas y biológicas dependerán de su formación geológica (Lizcano, Herrera y Santamarina, 2006; Fernández, 2007). De los procesos anteriores puede obtenerse un medio que le proporcione a la semilla adecuadas condiciones de humedad y aireación para lograr una germinación lo más homogénea posible (Suárez y Melgarejo, 2010).

Se planteó evaluar cuatro sustratos de tipo tradicional en semilleros, a través de la respuesta de la germinación de las semillas y del desarrollo inicial de plántulas de frailejón (*Espeletia hartwegiana*) en vivero, para recomendar su uso en la repoblación de páramos. Dichos sustratos además de amigables al ambiente, debían ser accesibles en disponibilidad y costos; para lo anterior, se propuso identificar cuatro sustratos que han sido reportados de uso común en la región, para determinar su efecto en la producción de plántulas de frailejón (*E. hartwegiana*) y así poder establecer el sustrato que evidencia la mejor respuesta ante las variables estudiadas y recomendar su uso en la propagación de *E. hartwegiana*.



La investigación permitió identificar un sustrato de tipo tradicional y un método para la propagación en vivero del frailejón (*E. hartwegiana*), bajo condiciones similares a las del Páramo de Barbillas y así poder confirmar que entre los sustratos suelo, suelo+lombricompost, suelo + compost y suelo + mantillo, hay uno que por sus características de porosidad proporciona mejores condiciones de humedad, aireación y nutrientes, incrementando en uno o varios los comportamientos de germinación de semillas, sobrevivencia, crecimiento, diámetro del tallo y/o número y tamaño de hojas en plántulas de *E. hartwegiana*.

# 1. Marco conceptual y teórico

## 1.1 Marco conceptual

La propagación de las especies vegetales en condiciones favorables ha permitido su existencia por varias generaciones, específicamente las de reproducción sexual, como es el caso de *Espeletia hartwegiana*, sin embargo, en condiciones de campo, las adversidades climáticas afectan notablemente su germinación y el crecimiento inicial de las plántulas. Igualmente, al ser esparcidas las semillas por el fruto, un alto porcentaje es interceptado por el follaje de la planta, impidiendo el contacto con el suelo, mermando sensiblemente el número de semillas que dan origen a nuevos individuos. Lo anterior justifica la obtención de plántulas en vivero, para posteriormente establecerlas en un sitio definitivo, tal como sucede con distintas especies forestales (Mendoza y Martínez, 2011).

Una propagación exitosa de esta especie de frailejón en vivero, puede significar un incremento en el porcentaje de germinación, para lo cual se requieren una buena selección de las plantas madres, así como la colección, selección y siembra de semillas en medios de cultivo que aporten, además de un suministro constante de agua, a la nutrición en los estados iniciales de la plántula.

En vista de que no se tiene certeza acerca de cuál sustrato reportado como de uso tradicional ofrece las mejores condiciones para la propagación del frailejón, surge la necesidad de determinar cuál es el que en mayor grado satisface los requerimientos, por lo tanto, a través de la experimentación con cuatro sustratos como suelo, suelo + compost, suelo + lombricompost y suelo + mantillo de bosque, se logrará identificar el más elegible para la utilización en semilleros y almácigos de frailejón. Los ensayos deben ofrecer un ambiente favorable con adecuadas condiciones de humedad, luz, aireación, iguales para los diferentes tratamientos (Fig.1.1) (Gallego y Bonilla, 2016; Figueroa y Cárdenas, 2015), de tal manera que la única variable de respuesta sea el efecto de los tratamientos aplicados.

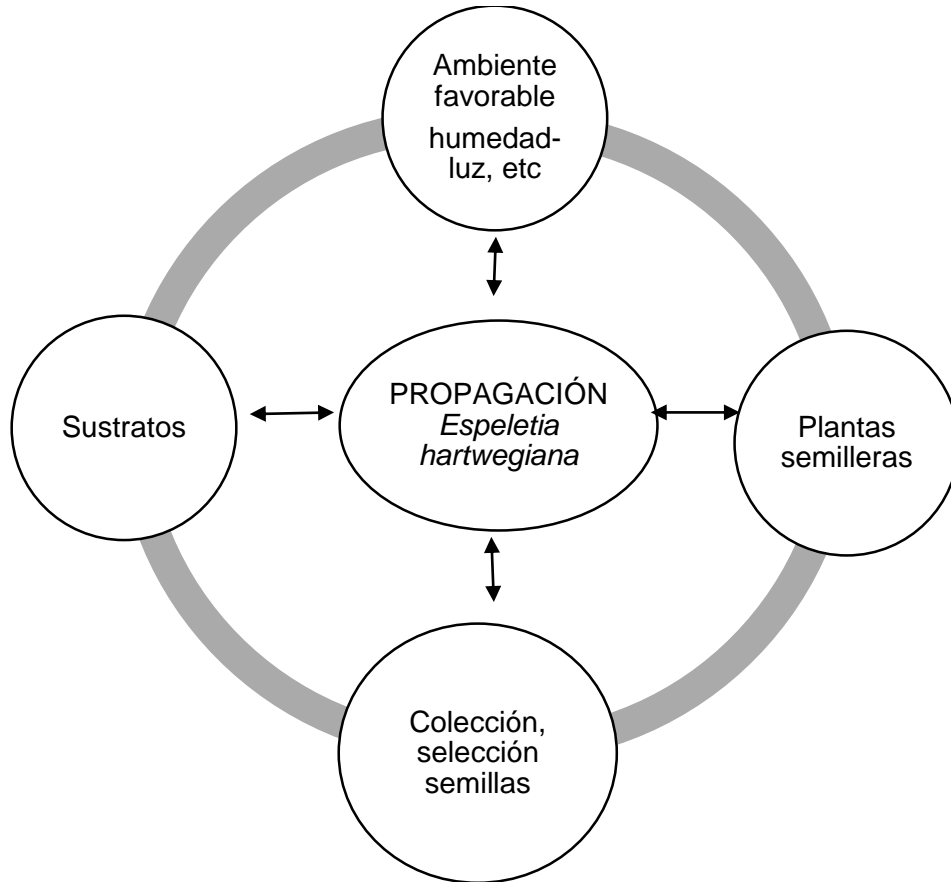


Fig. 1.1 Factores a considerar para la propagación en vivero de *E. hartwegiana*.

## 1.2 Marco teórico

**1.2.1 Generalidades.** En los siguientes apartes se exponen y se discuten aspectos relevantes del contexto general, la morfología, la fisiología reproductiva del frailejón en el contexto del ecosistema de páramo, entre otros.

El páramo es un ecosistema natural sobre el límite del bosque, que comprende pajonales, rosetales, arbustales, humedales y pequeños bosquetes (Jimenez,2017) (Fig.1.2). Es un lugar de clima frío y muy susceptible a los cambios en el uso del suelo, por lo que su potencial para el aprovechamiento productivo es muy limitado. Sin embargo, algunos comuneros aprovechan los recursos de este paisaje con la finalidad de satisfacer necesidades básicas, a menudo sin valorar, por ejemplo, el servicio ambiental que presta el agua en otras regiones (Vásconez y Hofstede, 2006).



Fig. 1.2 Páramo de Barbillas en el complejo Sotará-Macizo Colombiano.

La vegetación de páramo propiamente dicha, se ha caracterizado como una cobertura vegetal con asociaciones de frailejones con predominio de la especie *E. hartwegiana* (Fig.1.3),

que tiene su hábitat en la parte occidental en el departamento del Tolima y en el sur de los Andes (complejo Sotará) entre los departamentos del Cauca y Huila (Vargas, 2016). Además están presentes el Mortiño (*Miconia sp.*), Piñuela de páramo (*Puya sp.*), Helecho (*Blechnum sp.*) y existente extensiones considerables de pajonales (*Calamagrostis recta*). También se encuentran grupos de musgos (*Sphagnum sp.*) y cojines de *Distichia sp.*, en las formaciones rocosas, asociados con líquenes (Jiménez, 2017).



Fig 1.3 Frailejón *E. hartwegiana*, especie emblemática del Páramo de Barbillas.

La vegetación, en especial los frailejones y los suelos son características sobresalientes de los páramos, especialmente por su significado, que se les ha reconocido en los últimos tiempos como protagonistas primarios del servicio ambiental máspreciado: la captación y distribución regulada de agua hacia las partes bajas de las cuencas. Lo anterior, sumado a las bajas temperaturas propias de los páramos, que evita que la materia orgánica se descomponga rápidamente, permite el desarrollo de una estructura tridimensional especial (esponja) que regula la función hidrológica mencionada (Vásconez y Hofstede, 2006). Los anteriores aspectos son esencial para posibilitar la existencia de la biodiversidad a nivel local, regional y nacional. En consecuencia, la repoblación de sus áreas degradadas ha de permitir la conservación y recuperación del ecosistema, siendo de especial interés las múltiples fuentes hídricas.

Siendo los frailejones un eje central del presente trabajo es justo que en los párrafos siguientes se presente aspectos relevantes acerca de la distribución, morfología, inflorescencia, semillas.

Las especies son estrictamente suramericanas, presentes en los altos Andes de Venezuela, Colombia y Ecuador (Mendoza y Martínez, 2011). Poseen gran adaptabilidad y su hábitat abarca un rango de altitud entre 2800 hasta 4400 msnm (Hernández, 2012). En 1976, el taxónomo Cuatrecasas las dividió en siete géneros: *Carramboa*, *Coespeletia*, *Espeletia*, *Espeletopsis*, *Libanothamnus*, *Ruilopezia* y *Tamania* (Mavarez, 2013).

La ubicación taxonómica de la especie de frailejón (*E. hartwegiana*) se presenta en la Tabla 1.1

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliosida
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Subfamilia	Asteroideae
Tribu	Millerieae
Genero	<i>Espeletia</i>
Especie	<b><i>Espeletia hartwegiana</i></b>

Fuente: [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Espeletia\\_hartwegiana&oldid=99446008](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Espeletia_hartwegiana&oldid=99446008)

En cuanto a sus aspectos morfológicos, las plantas de frailejón poseen un tronco grueso, generalmente único, con hojas suculentas y con múltiples tricomas (muy velludas) que se disponen en una apretada espiral formando una roseta en la parte superior del tallo. Presentan alta resistencia a los rayos UV-B, e inclusive, generan metabolitos, que a bajas temperaturas, inhiben la congelación del agua en el citoplasma (Goldstein *et al.* 1985), además, cumplen una función especial, ya que absorben el agua de las neblinas y la conservan. Las hojas marcescentes protegen al tronco de las bajas temperaturas y contribuyen a retener nutrientes, estas adaptaciones fisiológicas se deben a las drásticas condiciones climáticas de las alturas (frío, alta radiación UV) y hacen de los frailejones el centro de interés en los procesos de restauración ecológica de los páramos andinos (Figueroa y Cárdenas, 2015).

El frailejón presenta dos tipos de inflorescencia, la compuesta, donde el eje de la inflorescencia es más largo que la roseta y presenta indumento generalmente amarillo (Jaramillo, 2014), mientras que las inflorescencias simples o capítulos, están conformadas por un gran número de flores simples femeninas o flósculos, y masculinas o lígulas (Fig.1.4). En los capítulos se desarrollan las diminutas semillas de color negro grisáceo y al igual que en otras especies vegetales, no todas son viables (Gallego, 2014). Estos están soportados por el pedúnculo, que se ensancha en su extremo distal, formando un disco de gran tamaño llamado receptáculo común o clicanto, que puede ser plano, cóncavo, convexo o cónico y estar rodeado por una o más series de brácteas (Sendoya y Bonilla, 2005).



Fig. 1.4 *E. hartwegiana* en floración.

Las semillas son el medio por el cual la especie asegura la subsistencia de una generación a otra transfiriendo caracteres hereditarios, entre ellos la capacidad de adaptarse a entornos variables (Gallego, 2014), a través de la tolerancia a condiciones adversas y de estrés, soportando frío intenso, calor, sequía y oscuridad (Baskin y Baskin, 1998; Forget, Lambert, Hulme y Van der Wall, 2005).

Las semillas o aquenios provienen de un fruto compuesto, son pequeñas con una longitud entre 1 y 3 mm, de forma ovoide triangular, su cubierta seminal es color castaño, su superficie es lisa y de consistencia dura, delgada y quebradiza (Fig.1.5). Los cotiledones son carnosos y gruesos, al igual que el embrión presentan un recubrimiento delgado, un



endospermo pequeño, su embrión es central, lineal, recto, de color blanquecino (Figuroa y Cárdenas, 2015).

La radícula es recta y se localiza en el extremo inferior del eje embrionario. Los cotiledones se consideran material de reserva para el embrión durante el proceso de germinación y la formación de la plántula, dado el reducido tamaño del endospermo, éste aporta poco al crecimiento de la nueva planta. Ésta pronto se torna dependiente de los recursos disponibles en su medio, lo cual significa una alta vulnerabilidad e incluso riesgo de muerte (Ochoa, 1994; Gallego, 2014).



Fig.1.5 Semillas de *E. hartwegiana*

Los frailejones producen numerosas semillas pequeñas que diseminan en su entorno inmediato, buscando naturalmente encontrar un sitio favorable para germinar y crecer (Gallego, 2014). Sin embargo, se suele observar la acumulación y permanencia de semillas, bien sea dentro o sobre el suelo, e incluso en la superficie de la hojarasca, conformando reservorios de material de propagación cuya germinación dependerá de factores internos o de condiciones ambientales favorables (Simpson, Allesio y Parker, 1989; Flórez y Pedroza, 2006).

Gallego (2014) resalta la importancia del estado de las semillas haciendo referencia a su aspecto físico. Establece cinco categorías: primera, el aquenio abortado: en la que se evidencia un embrión sin desarrollo, con una alta desecación; segunda, el aquenio vacío: donde solo se presenta la testa sin embrión; tercera, aquenio dañado: aquellas con el embrión de coloración café-verdosa, de apariencia mucilaginoso, deforme y sin desarrollo; cuarta, aquenio bueno: semilla turgente con su embrión intacto, sin signos de daños físicos y que no



se deshace al ejercerle presión. Dentro de esta última categoría fue posible distinguir un quinto estado, que se denominó aqenio viable: semilla buena que evidencia actividad metabólica al realizar la prueba de tetrazolio (tetrazolio, 2,3,5- cloruro de trifeniltetrazolio) (Suárez y Melgarejo, 2010).

La germinación de las semillas por su parte, comprende tres etapas sucesivas que se traslapan parcialmente: en primer lugar, la absorción de agua por imbibición a través del micrópilo, causando su hinchamiento y la ruptura final de la testa; en segundo lugar, el inicio de la actividad enzimática y del metabolismo respiratorio, translocación y asimilación de las reservas alimentarias para el crecimiento del embrión; y por último, el crecimiento y la división celular, que provoca la emergencia de la radícula, a su vez la primera manifestación de germinación exitosa (Vázquez, 1997) y posteriormente de la parte aérea de la planta.

Una dificultad en la propagación del frailejón radica en su bajo porcentaje de germinación (Fig.1.6) (Hartmann y Kester, 1981; Flórez y Pedroza, 2006). En consecuencia, no todas las semillas dispersas tienen probabilidad de originar una nueva plántula (Gallego, 2014). Este proceso requiere en principio, que el embrión y los cotiledones estén en buenas condiciones, (sin fisuras, daños o malformaciones) e igualmente presenten un óptimo estado fisiológico que asegure su viabilidad y vigor. En este contexto, la calidad y viabilidad de las semillas se entienden como la capacidad que tiene el embrión de permanecer vivo y poder germinar (Vásquez y Orozco, 1990). Esto depende de si la semilla presenta tejidos con actividad metabólica y si posee reservas energéticas y enzimas para el desempeño de los tejidos meristemáticos (Suárez y Melgarejo, 2010).

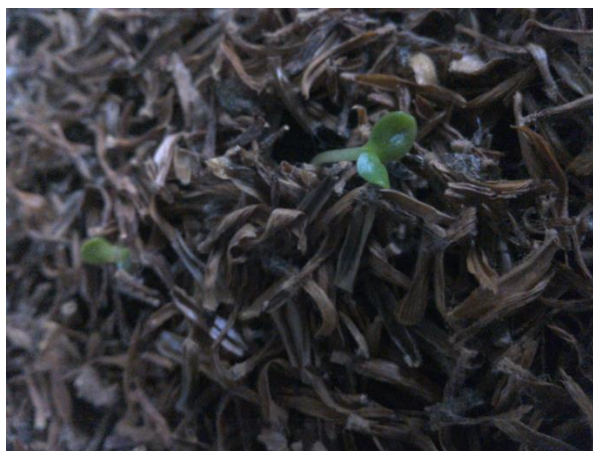


Fig. 1.6 Germinación semilla de *E. hartwegiana*

Así mismo, se recurre frecuentemente a las pruebas de germinación por su sencillez y su relativa facilidad de interpretación. Pueden realizarse con extractos compostados y sustratos obtenidos por diversos métodos, comparados con un testigo o entre ellos, también se determina la diferencia de germinación, crecimiento de la radícula, desarrollo de las plántulas y la biomasa, entre otras. Los resultados pueden estar influenciados por presencia de componentes fitotóxicos (amoníaco, ácidos volátiles), la humedad, temperatura, porosidad, aireación, latencia y daños físicos en las semillas, etc. (Soliva y López, 2004).

Un retardo en la germinación puede deberse a factores intrínsecos (muerte del embrión, fisuras, dormancia, entre otros) y/o extrínsecos, relacionados con los requerimientos básicos para germinar, tales como niveles óptimos de humedad en el sustrato, intercambio de gases y temperaturas adecuadas, así como las interacciones con otros organismos. Teniendo en cuenta lo anterior, se ha reportado que el porcentaje de germinación de las semillas de *Espeletia uribei* fue de 19.4% en el tratamiento de luz y 12.1% en oscuridad, siendo esta diferencia significativa (Barcelo, Nicolás, Sabater y Sánchez 1992).

Por otra parte, Niembro y Fierros (1990) mencionan que la germinación de las semillas se encuentra fuertemente influenciada por las características físico-químicas del sustrato empleado, ya que puede favorecer o entorpecer la germinación, también Noir y Ruiz (1998) indican que es necesaria la interacción de factores externos (sustrato, temperatura, humedad, aireación e iluminación), y de factores internos o propios de la semilla (viabilidad y latencia) para su germinación.

El recurso clave para iniciar los cambios fisiológicos que conducen a la germinación es el agua, que resulta indispensable para activar el metabolismo y crecimiento de las células vivas (tejidos) en las semillas, pues la cantidad que absorbe y la velocidad a la que lo hace, dependen de las características de la semilla, entre ellas la permeabilidad de sus cubiertas, la composición química de reservas, el tamaño y contenido de humedad; también están determinadas por condiciones ambientales como la humedad del suelo, del aire y la temperatura (Schmidt, 2000).

Los cambios que ocurren durante la germinación comprenden procesos metabólicos que se producen en estrecha relación con la temperatura y su efecto se expresa en la capacidad germinativa o en su velocidad (Vasquez,1997). Así mismo las recalcitrantes mantienen un contenido de humedad relativamente alto, normalmente alrededor del 25-30%,

la variación de ésta altera las condiciones metabólicas de las semillas y por tanto afecta la germinación, ya que éstas son intolerantes a la desecación; los valores altos de humedad también crean ambientes favorables para hongos y bacterias (Schmidt, 2000). Por su parte las semillas ortodoxas pueden secarse hasta un contenido de humedad bajo, de un 5% (peso en húmedo) y almacenarse perfectamente a temperaturas bajas (dependiendo de las especies, zona y tiempo) o inferiores a 0°C durante largos periodos (INATEC, 2016).

Otro parámetro que gobierna la germinación es la calidad de semillas que frecuentemente varía dependiendo de su origen, las técnicas de recolección, nivel de maduración, sanidad, condiciones de almacenamiento, muchos tipos de semillas son más vulnerables al daño cuando se extraen, especialmente las semillas recalcitrantes y semillas con una fina capa frágil (Schmidt 2000). En frailejones, las semillas se pueden recolectar directamente de la flor por un proceso manual, ya que la altura de las plantas no debe superar los 80 cm, lo que permite causar un mínimo daño a su estructura (Mendoza y Martínez, 2011).

Por lo tanto, la respuesta germinativa en cualquier condición experimental, se puede evaluar por el número de semillas germinadas o su capacidad para hacerlo. Esto se expresa generalmente en porcentaje o teniendo en cuenta la velocidad de germinación (número de semillas germinadas por unidad de tiempo). Estas formas de evaluación proporcionan informaciones diferentes, frecuentemente una especie tiene alta capacidad germinativa en una condición ambiental particular, pero el tiempo necesario para lograrla es muy prolongado, o viceversa. Estas dos posibilidades dan origen a diferencias en la oportunidad de colonizar o competir por los recursos (espacio, luz, etc.) con otras especies (Jara, 1996).

**1.2.2 El suelo.** Un recurso que merece especial atención en el contexto del páramo y el desarrollo de su vegetación es el **suelo**. Es necesario recordar que este se ha formado a partir de una mezcla variable de minerales meteorizados y de materia orgánica en descomposición, que ofrece cantidades apropiadas de agua, aire, humedad, soporte mecánico y sustento a las plantas (Zonn,1986). Los vegetales y animales que mueren, son descompuestos por microorganismos, transformados en materia orgánica y mezclados con el suelo ofrecen condiciones favorables para la germinación y crecimiento de las mismas (Chilon 2013).

La mayoría de los suelos de la región, provienen de cenizas volcánicas, los llamados Andisoles (Fig. 1.7). Su formación se origina con el depósito de partículas que son generadas

a partir de la fragmentación del magma y otros materiales expulsados por las erupciones volcánicas (Wohletz y Krinsley, 1982; Büttner *et al.*, 1999; Lizcano, Herrera y Santamarina, 2006), de estructura granular constituida por minerales arcillosos y compuestos de materiales orgánico-húmicos, que generan interacciones de gran influencia en su comportamiento físico-químico (Lizcano *et al.*, 2006). Sus condiciones de reacción que por naturaleza de su formación y entornos ambientales poseen bajos valores de pH, 4.5 en promedio (Ramón, Iñigues, Crespo y Cisneros, 2008), producen la precipitación de fosfatos de aluminio, altamente insolubles, lo que conduce a disponibilidad muy baja de fosfatos (Fernández, 2007).

Otras características notorias de estos suelos son la abundancia de aluminio intercambiable derivado de cenizas volcánicas durante su proceso de degradación y el alto contenido de materia orgánica que le confiere unas propiedades excepcionales para retener agua, es responsable del color negro característico de los Andisoles, de la estabilidad estructural de sus agregados y de las grandes cantidades de carbono almacenadas en los suelos del páramo. También forma junto con el hierro y el aluminio complejos organometálicos muy fuertes (Ramón *et al.* 2008).



Fig.1.7 Suelo natural del Macizo Colombiano

Además, la materia orgánica actúa como un reservorio dosificador de nutrientes, por su alta capacidad de intercambio catiónico y la de transformar cationes metálicos en complejos

solubles a las plantas, también actúa como sumidero de metales pesados (Riveros, 2016). Los microorganismos intervienen directamente en los procesos de mineralización de nitrógeno y fósforo y en otros ciclos geoquímicos como el del carbono y azufre, entre otros (Jaramillo, 2002).

Igualmente los materiales amorfos orgánicos e inorgánicos confieren a los Andisoles propiedades químicas muy particulares, se destaca su capacidad de cambio catiónico y aniónico, alto poder *buffer* y como consecuencia, alta retención de fósforo, contenidos hierro; escaso contenido de bases y baja saturación a pH 7,0. Fuertemente ácido en los horizontes superficiales (pH: 5,1-5,5) a moderadamente ácidos en los profundos (pH: 6,1-6,5) (Duchaufour 1984; Malagón, *et al.* 1991; Sánchez y Rubiano, 2015).

En cuanto a los macronutrientes primarios (N, P, K) y los micronutrientes (Mn, Zn, Cu, Fe, B entre otros), puede comentarse que el nitrógeno, por ejemplo, en los andisoles con alto contenido de materia orgánica, se fija orgánicamente en gran proporción y es muy resistente a la descomposición microbiana (Shoji, 2002).

Por consiguiente, el conocimiento de la fertilidad del suelo y de los requerimientos nutricionales particulares de las especies nativas, pueden contribuir a incrementar las tasas de germinación, crecimiento radical, en altura y biomasa de las plántulas en vivero, así como a reducir las tasas de mortalidad (Hoyos, Cogollo y Villa, 2007). La caracterización química de suelos es fundamental para tomar decisiones en torno al manejo de la nutrición vegetal, también se deben considerar las condiciones ambientales, labores agrícolas, calidad de las semillas, sistemas de cultivos, control de enfermedades y plagas, épocas de siembra y cosecha, entre otros (Muñoz, 1984).

**1.2.3 Sustratos.** Considerando las características del suelo arriba discutidas, para los sustratos utilizados en el presente trabajo, aplican varios atributos en común, que se presentan a continuación.

Como **sustrato** se entiende el medio que soporta a la planta y que por su estructura le proporciona un ambiente favorable de humedad, aireación, temperatura, estabilidad e intercambios de nutrientes con la fase solución. Sin embargo, en el caso de la propagación asistida, para la germinación, el sustrato puede estar compuesto por combinaciones de diversos materiales de uso común (tradicional) como tierra, mantillo, compost, lombricompost,

turba, arena, entre otros. Lógicamente, la diversidad de combinaciones está asociada a las propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato resultante (García, 2014). De esta riqueza de posibilidades y de la notable respuesta a estímulos por parte de las semillas, se deriva el hecho de que estas constituyen un material ideal para la investigación científica (Jara, 1996).

Una de las características a tener en cuenta en los sustratos es su estabilidad física, condición que permite mantener poco alteradas sus propiedades físicas durante un tiempo razonable para un ciclo normal de producción en cultivos (Jiménez y Caballero, 1990). La pérdida de estabilidad del sustrato por compactación puede ser ocasionada por la descomposición de la materia orgánica y por mezclas de materiales, con marcadas diferencias en el tamaño de las partículas, que puede afectar la porosidad, aireación, humedad y contenido de nutrientes. Así el contenido final del compostaje de residuos orgánicos será la consecuencia del material orgánico inicial, de su degradabilidad y de la transformación sufrida durante el tratamiento (Soliva y López, 2004).

Al respecto, Pire y Pereira (2014) en su investigación encontraron que la porosidad total fue mayor en las mezclas con prevalencia de componentes orgánicos, mientras que al disminuir su presencia el sustrato presentó una baja porosidad de aireación y alta de agua. Los sustratos con prevalencia de componentes minerales (suelo mineral y arena), aunque más estables durante ese tiempo, presentaron valores de porosidad total ligeramente fuera de los límites adecuados, lo que se tradujo en un menor crecimiento de las plantas. Por consiguiente, puede argumentarse que los materiales orgánicos y su pérdida de estabilidad afecta la macroporosidad.

► **El lombricompost.** Es un producto que resulta del proceso del desdoble de materiales orgánicos (Fig.1.8), asistido por lombrices, en especial la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), en condiciones tropicales la calidad del producto dependerá de los materiales utilizados en la alimentación de la lombriz (Acevedo y Pire 2004). Según Pérez (1994) el estiércol de bovinos es uno de los mejores materiales para el proceso de lombricompostaje; sus cualidades suelen superar las de otros abonos compostados.



Fig.1.8 Lombricompost

Las lombrices tienen un efecto sobre la calidad del humus producido y la velocidad de su descomposición depende del tipo de sustrato (origen animal o vegetal) (Dimas *et al.*1999). Estas modifican la estructura del material, ingieren materia orgánica (MO) e incrementan el número de poros; además por la excreción producen un material más mineralizado, donde se liberan nutrientes (Pérez *et al.*,1998), los mayores contenidos de MO se encuentran en el lombricompost a base de estiércol, en cambio, el elaborado a base de residuos de cocina están en un 29.5% por debajo, mientras que los valores de pH fluctúa entre 4.7 y 6.6 (Castillo *et al.* 2000).

De otra parte, Pérez, Céspedes y Núñez (2008) encontraron poblaciones superiores de microorganismos en lombricompost en relación al compost, lo que podría estar asociado a las bajas temperaturas en la cama lombricera por causa del sistema de techado; el tamaño de partículas y el contenido de azúcares que excreta la lombriz, las cuales favorecen la población microbiana.

Se trata de un material con propiedades de biofertilizante, muy utilizado en mezclas para obtener otros sustratos (Acevedo y Pire 2004), que se usan para mejorar las propiedades de suelo en distintos cultivos o en invernaderos y viveros puesto que no contamina el ambiente (Urrestarazu *et al.* 2001), además, contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico (CIC), tienen alto contenido de ácidos húmicos, su porosidad aumenta el nivel de retención de humedad, también facilita la aireación y el drenaje, así como la estabilidad en los agregados del suelo (Ndegwa *et al.*, 2000; Hashemimajd *et al.*, 2004).



Sin embargo, las relaciones agua-aire en los sustratos simples no son siempre óptimas para el cultivo de plantas, por lo que siempre se recomienda el empleo de sustratos compuestos para mejorar las condiciones físicas de los mismos esto debido a la baja capacidad de contracción del humus de lombriz (Orellana *et al.*, 2006) que al secarse, garantiza una estructura estable con la consiguiente conservación de la configuración poral, pero que provoca un flujo de agua elevado en función del tiempo (Gonzales *et al.* 2007)

Así, el humus de lombriz presenta características favorables como: baja densidad, alta porosidad, elevada capacidad de retención de humedad y alta conductividad hidráulica, pero de su contenido nutricional. Sin embargo, dada su alta velocidad de drenaje y la posible pérdida de nutrientes con el agua en un tiempo relativamente corto, no es recomendable su uso como sustrato en grandes proporciones (Gonzales *et al.* 2007).

► **Compost.** Este material resulta de un proceso donde los residuos orgánicos se descomponen mediante una oxidación bioquímica, bajo condiciones controladas que facilitan el trabajo a los microorganismos, generando dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), agua (H<sub>2</sub>O), energía calórica y materia orgánica estabilizada (compost), entre otros (Varnero, Rojas y Orellana 2007) (Fig.1.9).



Fig. 1.9 Compostaje de residuos vegetales.

El producto final es un compost que contribuye al mejoramiento de las propiedades físicas, en particular la estructura, porosidad, retención de humedad, drenaje, densidad aparente, entre otras, (Piriene *et al.*, 2010) y las biológicas al aumentar las condiciones de



vida para gran variedad de microorganismos como bacterias, hongos, actinomicetos, algas, protozoos y otros que generan vitaminas, hormonas, sustancias mucilaginosas, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y también una buena provisión de nutrientes disponibles como nitrógeno, fósforo, potasio, y quelatos de Hierro, Cobre, Zinc, Molibdeno, boro entre otros, que favorecen la formación de agregados del suelo, el crecimiento y desarrollo de las plantas (Chilon, 2013).

La temperatura es uno de los factores más importantes que gobiernan la velocidad de las reacciones bioquímicas en la descomposición de residuos, al respecto Defrieri, Jiménez, Efron y Palma (2005) en su estudio de compostaje, encontraron que, a la primera semana, la temperatura alcanzó los 66 °C, seguida de un descenso importante en la segunda hasta los 48 °C, las cuatro semanas siguientes las temperaturas se incrementaron hasta 60 °C, luego de la sexta se observó, en general, una disminución, llegando a un valor medio de 34 °C al final del ensayo.

Así mismo, este producto puede ser utilizado como acondicionador de suelos, o bien, como componente base para la elaboración de sustratos especializados de uso agrícola (Varnero, Rojas y Orellana, 2007). Sin embargo, en su estudio sobre madurez del compostaje, los autores hallaron que existen tres niveles de fitotoxicidad: severa, moderada y baja o nula. Esto es de interés cuando se incorpora en estado inmaduro a sustratos, particularmente en pequeños contenedores, ya que se minimiza la degradación de sustancias fitotóxicas (efecto maceta), conservándose el efecto adverso a las plantas que allí se siembren. Las mencionadas sustancias debieran ser metabolizadas o inmovilizadas durante la fase de maduración del compostaje, generando un material estabilizado biológicamente y con una baja o nula fitotoxicidad.

► **Mantillo de bosque o capote.** Es el material consistente en una capa, formada a partir de residuos de plantas y animales muertos sobre el suelo de bosques, tales como hojas caídas y partes no leñosas en descomposición; es protagonista en los procesos de autoabastecimiento del bosque al proporcionar múltiples beneficios y servicios a los organismos. La capa de mantillo (Fig. 1.10) tarda un largo tiempo en formarse y en la mayoría de los casos está integrada —entre 60% y 80%— por hojas secas provenientes de los árboles del bosque (Suarez, Moreno y Campo, 2014).

El mantillo de bosque, se encuentra estratificado en tres capas, desde la superficial o capa de mantillo que está compuesta de hojas, ramas, frutos, flores, raíces y restos de animales, escasamente descompuestos; seguidamente, la capa intermedia o de fermentación (o de mantillo fragmentado) que está compuesta de materiales en estado avanzado de descomposición pero que se reconocen a simple vista; finalmente la capa de humus que se localiza justo encima del suelo mineral y en la que los componentes del mantillo están ya transformados completamente en compuestos (Álvarez y Naranjo, 2003; López, 2009).

Este nivel organizacional le confiere características como la dureza, porosidad, composición química, contenidos fenólicos y cantidad de taninos entre otros, que afectan directamente la descomposición (Hättenschwiler *et al.* 2005) y el almacenamiento de nutrimentos en el suelo, pudiendo también condicionar al subsistema aéreo favoreciendo o dificultando el crecimiento vegetal (Ball *et al.* 2008). La calidad de mantillo está determinada por los cuatro procesos que conforman su descomposición: Lixiviación, fragmentación, humificación y mineralización, éstos dos últimos procesos son altamente dependientes de la presencia de macrofauna (Smith, Paul, Bollag, Stotzky, 1990; Coleman *et al.* 2017).



Fig.1.10 Mantillo o capote de bosque.

El mantillo o tierra de capote refleja la biodiversidad del respectivo ecosistema, en el sentido que el número de especies arbóreas, arbustivas y pastos presentes en un bosque determinan la variedad física y química del tejido vegetal que lo compone. Estas características

controlan el arreglo espacial de sus componentes al caer al suelo, así como la cantidad de agua que él puede absorber y su velocidad de degradación, lo cual influye en la diversidad de organismos para los que el mantillo es la principal fuente de sustento por ofrecer materia, energía y hábitat (Suárez *et al.* 2014)

El mantillo tiene un formidable depósito leñoso de renovación muy lenta y cantidades de hojarasca favorable para su biomasa aumentando la significancia en el aporte de nutrientes en el corto plazo, está en descomposición continua por la diversidad de microorganismos que forman partículas diminutas, las cuales mejoran la textura del suelo permitiéndole retener agua y proveer una buena circulación de aire, necesaria para el crecimiento de las raíces. El aporte nutricional está regulado por la presencia de la biota que en este componente es significativa (Riveros, 2016).

La actividad biológica en el mantillo y del suelo superficial de bosques puede ocurrir en un medio ácido generando una alta tasa de descomposición, a un pH 4.0 es posible que la microflora esté bien adaptada. Además, una mayor acidez puede ser producto de una gran actividad biológica, que otorga buenas características físicas a los sustratos (Gerding, Grez y Rondanelli, 1994; Ballesteros, 1993), por estas bondades se ha empleado con frecuencia en la preparación de mezclas para plantas ornamentales, especialmente aquellas de hoja ancha y germinadores o almácigos (García, 2014). Sin embargo, tiene el inconveniente de contener semillas de hierbas indeseables para el objetivo que se esté buscando (Sáenz y Narciso, 1999).

En general, la mayoría de los sustratos que contienen componentes orgánicos en alta proporción confieren propiedades de baja densidad aparente, elevada porosidad, gran capacidad de intercambio catiónico y alta retención de agua. Sin embargo, estos materiales en función de su propia naturaleza y de la especie a cultivar, no son siempre adecuados para su uso como único componente, por lo que conviene su mezcla con una porción de otro material mineral, de origen natural o artificial (Ballesteros, 1993).

De otra parte, la composición química, el aporte de nutrientes y el efecto de los abonos orgánicos en los suelos varía según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (López *et al.*, 2001), también influye la temperatura, que en el compostaje varía desde los 50 °C, donde predominan microorganismos llamados mesofílicos, hasta los 60 °C en el que predominan los termofílicos (Pérez, Céspedes y Núñez, 2008). Sin embargo, cuando ésta

supera los 55 °C puede darse la desaparición de microorganismos, animales patógenos y vegetales, en particular aquellos compostados en condiciones controladas (Soliva y López, 2004).

**1.2.4 Características de un sustrato.** El mejor medio de cultivo o sustrato depende de numerosos factores, tales como el tipo de material vegetal con el que se trabaja (semillas, plantas, estacas, etc.), la especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas y programas de riego y fertilización, así como los aspectos económicos, entre otros (Riveros L, 2016). Igualmente, los buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, requieren las siguientes características del medio de cultivo o sustrato (Romero, 2000):

► **Propiedades físicas.** Se tienen en cuenta la elevada capacidad para la retención de humedad (70-80 %), textura, estructuras adecuadas y estables, baja densidad aparente y elevada porosidad, que impida la contracción o hinchazón del medio.

► **Propiedades químicas.** Aquí se considera la capacidad de intercambio catiónico, suficiencia de nutrientes asimilables, baja salinidad, capacidad tampón aceptable y estabilidad química.

► **Otras propiedades.** Libre de semillas indeseables, nematodos y otros patógenos, ausencias de sustancias fitotóxicas, fácil de mezclar y desinfectar, con estabilidad a cambios externos físicos, químicos y ambientales. Así mismo, que su disponibilidad y costo sean asequibles.

## 2 Estado del arte

Colombia es uno de los seis países que poseen páramos, ostentando aproximadamente el 43% de la totalidad del área de este tipo de ecosistemas en Latinoamérica (Borques, Araque y Pacheco, 2016). Los páramos están amenazados por múltiples factores antrópicos y ambientales que pueden conducir a la extinción de su vegetación (Hofstede, 2001). Países del área andina como Venezuela, Ecuador y Colombia, desarrollan estudios tanto en centros de investigación como en universidades, con el propósito de conocer puntualmente el comportamiento de la flora y fauna silvestre, generando el punto de partida para evitar la extinción y pérdida en diversidad biológica, es decir, de sus acervos genéticos.

Particularmente en las especies de frailejones se han desarrollado investigaciones sobre protocolos para su propagación a partir de las semillas o primordios, estableciendo múltiples métodos como la micropropagación *in vitro* de *Espeletia paipa* con la utilización de medios o sustratos como el basal Murashige y Skoog (MS) a diferentes concentraciones, también con macronutrientes y activadores de germinación, observando que en el enraizamiento de brotes de *E. paipa*, la presencia de auxinas en el medio es indispensable para estimular el desarrollo radical y que tanto el @-acidoNaftalenacetico (ANA) como el ácido indol-3-Butirico (AIB), son efectivos para este proceso. Los resultados mostraron que el mayor porcentaje de embriones asépticos (66%) se obtuvo utilizando 1% de Ca(CIO)<sub>2</sub>. El mayor porcentaje de embriones germinados (50%) se registró en medio basal MS/4 suplementado con 1 mg l<sup>-1</sup> de GA3 y la mayor cantidad de embriones reactivos y de plántulas viables se obtuvo a 24 °C e iluminación continua. Los mejores resultados de proliferación de brotes se cuantificaron en MS con 0,5 mg l<sup>-1</sup> AIB + 0,05 mg l<sup>-1</sup> de BA, mientras que el 85% de enraizamiento se logró en MS con 5 mg l<sup>-1</sup> de AIB. El mayor porcentaje de plántulas viables (65%) en invernadero se cuantificó utilizando una mezcla de capote y tierra, proporción 3:1. Así este estudio realizado establece el primer protocolo para propagación *in vitro* de *E. paipa* el cual permite la producción de plántulas a partir de embriones cigóticos en medio MS/4 suplementado con 1 mg l<sup>-1</sup> de Giberlina (GA3) (Borques *et al.* 2016).

Otro de sus estudios centro el interés en la micropropagación de *Espeletiopsis rabanalensis* con un protocolo de micropropagación a partir de embriones desinfectados con clorato de Calcio  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$  al 4 %, cultivados en medio MS/4 suplementado con GA3 y las plántulas obtenidas se multiplicaron en MS con AIB (0.5 mg/L) y BA (0.05 mg/L), evidenciando que el 80% de los brotes pueden producir raíces y un 75 % de plántulas fueron viables después de la etapa de endurecimiento y aclimatación. El sustrato más favorable al enraizamiento lo constituyó el mantillo, arena y tierra en proporciones 3:2, respetivamente, concluyendo que la mayoría de frailejones son especies amenazadas que requieren ayuda para su reproducción a través de la micropropagación, con el fin de multiplicarlas masivamente (Araque *et al.* 2016).

Por su parte Velasco (2018) realizó la caracterización de la biología reproductiva de la población de *Espeletia curialensis* var. *Exigua* a través de un seguimiento a la formación y maduración de capítulos en individuos de diferentes alturas y posteriormente ensayos de viabilidad y germinación, cuyos resultados permitieron inferir que la capacidad reproductiva de la variedad es realmente baja.

Años antes, Raché y Pacheco (2009) habían planteado una investigación sobre la micropropagación de *Espeletiopsis muiska*, buscando desarrollar un protocolo para su propagación, utilizando el medio basal MS, donde se cultivaron embriones sexuales a diferentes concentraciones, hallando que MS es el medio más adecuado para la germinación de *E. muiska*.

Otras investigaciones incluyen el método en campo abierto, como la caracterización de *micrositios* (ambiente tanto aéreo como subterráneo que rodea a una planta y que le permite la supervivencia y desarrollo) para el establecimiento de *E. uribei* y determinar si éstos están limitando el reclutamiento y regeneración de dicha especie de frailejón. Evaluaron diez variables bióticas y abióticas influyentes, mostrando que efectivamente, el reclutamiento de la especie está limitado por la disponibilidad de micrositios favorables (Gallego y Bonilla, 2016).

Por su parte, Gallego (2014) realizó una investigación teniendo en cuenta la cantidad de semillas, condiciones de micrositio, la proporción de regeneración y sobrevivencia de *E. uribei*, con el fin de analizar la relación entre la oferta y viabilidad, a través de métodos de campo y laboratorio. Concluyó que las plantas madres producen gran cantidad de semillas, pero de baja calidad, muchas fisuradas, vacías o abortadas, lo que afecta notablemente su viabilidad.

Mendoza y Martínez (2011) realizaron la investigación sobre la propagación, adaptación y crecimiento del frailejón *E. conglomerata* en vivero, aplicando una metodología que comprende desde la consecución de las semillas, el uso de un sustrato obtenido de diferentes mezclas como suelo + cascarilla de arroz y material orgánico, hasta los registros de germinación y mortalidad de plántulas. Hallaron que el éxito de la propagación de la especie estudiada dependió en un alto grado de la selección de plantas semilleras, recolección y almacenamiento. En consecuencia, plantearon algunos criterios para seleccionar buenas semillas de *E. conglomerata* en campo (Fig. 2.11).

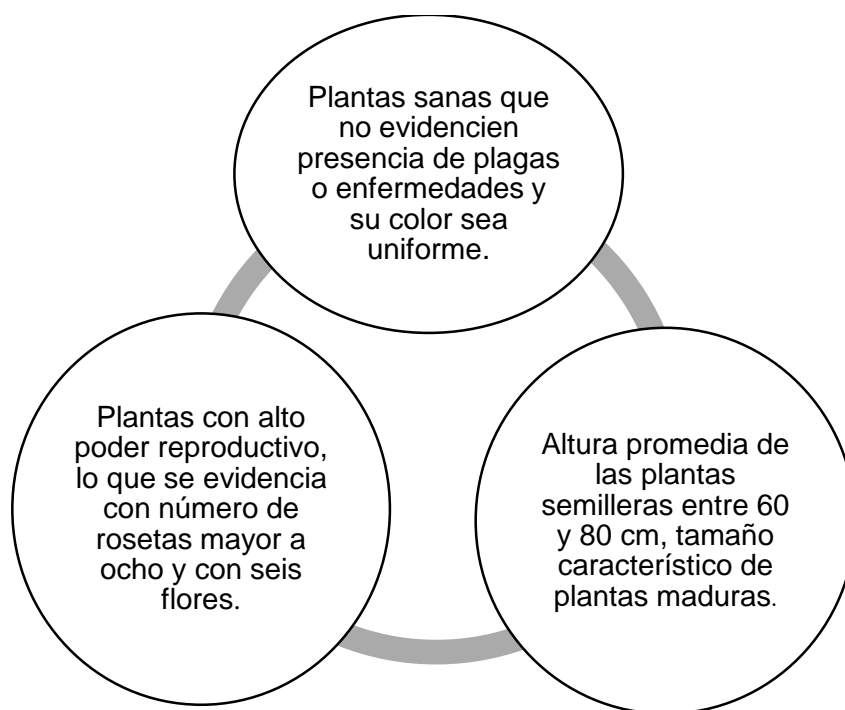


Fig. 2. 11. Criterios para seleccionar semillas de *E. conglomerata* según Mendoza y Martínez.

Figuroa y Cárdenas (2015) investigaron los aspectos de la propagación sexual de *E. grandiflora* para generar una línea base de estudios que permitieran su conservación y restauración en zonas intervenidas. Estimaron que la oferta de aquenios es de 3.270 por planta con nueve ejes florales, cada uno con nueve capítulos y con 36.8 semillas en promedio. El mismo estudio reveló que en laboratorio, de 972 unidades puestas a germinar en condiciones de saturación, solo el 5,25% (51 semillas) alcanzaron éste proceso, así mismo, de las 2.048 semillas, se registró la germinación de siete plántulas en el invernadero (0,34 %), mientras que

las semillas bajo condiciones semicontroladas en el páramo no germinaron. También observaron en las plántulas la formación de sus primeras dos hojas en 14,81 días y a las 12 semanas se presentó una mortalidad del 82,35%.

Por otra parte, Verweij y Kok (1992) centraron su estudio en la etapa de regeneración (reproducción) de frailejón después de las quemas por efectos del fuego y el pastoreo en las poblaciones de *E. hartwegiana*. Hallaron tasas de crecimiento en plántulas de 8.8 cm por año en condiciones inalteradas, notándose una mayor altura en sitios sometidos a quema por la estimulación causada por dicha quema, notándose de esta manera una compensación a las bajas tasas de germinación presentadas por la especie.

En otras investigaciones relacionadas con especies de páramo como la determinación del efecto de seis diferentes sustratos, suplementados con @-acidoNaftalenacetico en la propagación del mortiño *Vaccinium floribundun*, se determinó que el sustrato que incluyó el mantillo, contribuyó mejor a su enraizamiento y adaptación (Noboa 2010). Así mismo Bueno (2011) estudió el efecto del sustrato en el desarrollo del girasol enano (*Helianthus annuus*) en macetas, evaluando mezclas de arena de río, tierra-hojarasca y perlita a distintas concentraciones. Se halló que el tratamiento que presentó los mayores efectos para todas las variables fue el que estuvo conformado por una proporción de 25 % de arena, 25 % de tierra con hojas (mantillo) y 50 % de perlita, dando como resultado plantas de buen porte, follaje, diámetro del tallo y de la flor, además de floración duradera.

De otra parte, un estudio de Castañeda *et al.* (2007) sobre el análisis de la respuesta de ocho especies nativas del bosque alto andino ante dos métodos de propagación, donde se planteó la reproducción sexual y asexual con aplicación de hormonas vegetales como la giberlina (GA3) y el ácido indol-3-butirico (AIB), se estableció que en general las especies de la familia Asteraceae se caracterizaron por tener semillas diminutas y desnudas que no favorecen la retención de humedad en su interior. Observaron que inicialmente su germinación fue favorable, pero con el paso del tiempo no todas logran sobrevivir. Los autores concluyeron que los factores internos y externos, así como la elección del sustrato, fueron determinantes para proporcionar las condiciones apropiadas. Señalaron que de ahí surge la necesidad de disponer de sustratos producidos localmente, estables y de probada calidad e inocuidad (Pastor, 2000).



Así mismo, Moreno y Mahecha (2007) en su investigación el “efecto de los compuestos orgánicos en la propagación in vitro de *Stanhopea tigrina* (Orchidaceae)”, concluyeron que la adición de compuestos orgánicos es de suma importancia para el desarrollo y aclimatación no solo de plántulas de *S. tigrina* sino de muchas otras orquídeas. Estos compuestos favorecen en gran medida el crecimiento, así como la formación de raíces y pseudobulbos por la alta concentración de azúcares, aminoácidos, antioxidantes, minerales, ácidos orgánicos y agentes promotores del crecimiento que contienen. Las plántulas crecen y almacenan sus reservas en el pseudobulbo, lo que las posibilita a tener una mejor sobrevivencia en invernadero.

Igualmente, Enríquez (2017) en su estudio “Evaluación de cuatro sustratos en la multiplicación de variedades de Menta (*Mentha piperita* y *Mentha spicata*)”, menciona que, según los resultados en los sustratos arena de río + humus + tierra de páramo se registró promedios superiores de las variables: porcentaje de germinación, largo total de los brotes, peso de raíz y peso total de la planta. De esta manera se obtuvo la mayor producción y plántulas de calidad en las dos variedades con el sustrato de arena de río + humus + tierra de páramo.

Contrastando con las investigaciones anteriormente mencionadas, que por cierto en Colombia están centradas en algunos parques naturales como el de Ranchería, Chingaza, Sumapáz, Paipa y Santander especialmente y que contemplan la micropropagación del frailejón incluyendo el medio basal MS con adición de activadores de crecimiento, bajo condiciones controladas y en micrositios en campo; estos últimos muy limitados por presencia de plantas de crecimiento rastrero y residuos vegetales sin descomponer, que impiden a las semillas encontrar un sitio favorable para su germinación y sobrevivencia.

En otros estudios se han utilizado sustratos como suelo, compost, bocashi, lombricompost o mantillo de bosque en forma combinada para la propagación de especies de ecosistema altoandino como el mortiño (*Vaccinium floribundum*), orquídeas (*Phalaenopsis rosa*) u otras especies como girasol (*Helianthus annuus*), manzanilla (*Anthemis novilis*) etc., sin embargo no existen evidencias de evaluaciones en germinación o de propagación específicamente en frailejones con los cuatro sustratos propuestos, cuyos conocimientos y métodos son indispensables para diseñar y mejorar propuestas de propagación tanto en vivero como en campo abierto, situación a la que no es ajena *E. hartwegiana*.

## 3. Metodología

### 3.1 Localización y área de estudio.

La presente investigación se ejecutó en el Páramo de Barbillas, dentro del complejo Sotará, en el Macizo Colombiano (Jiménez, 2013), entre los municipios de San Sebastián, La Vega y Almaguer, al sur del departamento del Cauca, con una extensión de 25 Ha (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM, 2018), ubicado a 1°98" N, 76°72" W (Ramírez *et al.* 2013), en un rango altitudinal de 3280 a 4500 msnm, con temperaturas entre 6 y 12°C; pertenece al ecosistema intertropical caracterizado por su vegetación arbustiva (Pineda 2014) y a la zonas de vida Bosque pluvial Montano (bp-M) o de subpáramo (Holdridge, 1987) y subandina o de páramo (P-SA).

Bioclimáticamente se caracteriza por condiciones ambientales extremas y de fuerte impacto biológico: baja presión atmosférica, escasa densidad del aire y baja temperatura media en ausencia de radiación solar directa (Avellaneda *et al.* 2015). Tal como lo afirma Greenpeace-Colombia (2009), el clima ha variado notablemente como consecuencia del calentamiento global, la deforestación en páramos y zonas aledañas (pie de páramo), puesto que allí confluyen territorios de los resguardos Yanaconas de Pancitará, Guachicono, Kaquiona y San Sebastián, cuyas comunidades están generando deterioro ambiental.

El área de estudio se constituyó por tres hectáreas no consecutivas, donde se recolecto las semillas y se denominaron puntos de muestreo, así:

Punto de muestreo 1. Ubicado a 1° 58'47" N y 76°43'23" W. Altitud 3407 m

Punto de muestreo 2. Ubicado a 1° 58'40" N y 76°42'44" W. Altitud 3430 m

Punto de muestreo 3. Ubicado a 2° 00'03" N y 76°42'31" W. Altitud 3470 m

Los puntos de muestreo fueron ubicados en aquellos lugares con mayor presencia de individuos en floración y de topografía semiondulada, donde los vientos generaran el menor impacto posible y así satisfacer la colección de las semillas.

La fase experimental estuvo ubicada a 1° 58'02" N y 76°42'51" W. Altitud 3394 m.  
(Fig.3.12)

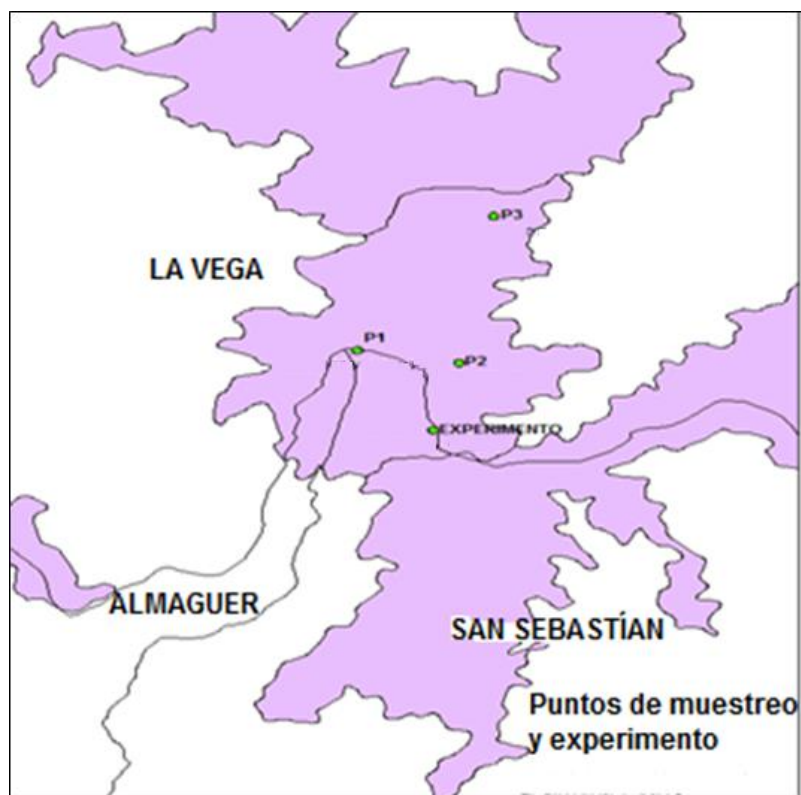


Fig. 3.12 Sitios de colección semillas y experimento en el Páramo Barbillas-Complejo Sotará.  
Fuente:<http://siac.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=b04fa3f4a45c4163a45ee5f6f6884e9b>

## 3.2 Variables de estudio

Para el cumplimiento de los objetivos se definieron las variables que se describen seguidamente, las cuales permitieron evaluar la influencia de los sustratos en la germinación de semillas, el desarrollo inicial y la sobrevivencia de plántulas, ya que las condiciones del sustrato como: la porosidad, aireación, humedad, el aporte nutricional, entre otras, son determinantes en dichas variables.

**3.2.1 Germinación.** Se considera como la primera fase de vida de cualquier especie, cuando el embrión contenido de la semilla pasa de la vida latente a la vida activa, donde se

evidencia su viabilidad y depende en gran medida del tipo de sustrato utilizado. Igualmente es fundamental para la conservación de las especies vegetales (De Luca, 2010). El porcentaje de germinación o potencia germinativa (Silvia y Murillo, 2007) se estimó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Germinación} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número total de semillas sembradas}} \times 100$$

**3.2.2 Crecimiento.** Se fundamenta principalmente en la multiplicación de las células meristemáticas, permitiendo la formación de estructuras y el prolongamiento de la plántula. La multiplicación celular depende de la suficiencia energética y la disponibilidad de nutrientes para su desarrollo exitoso. En semillas diminutas, los nutrientes son aportados por el sustrato utilizado, su evaluación contribuye a identificar aportes benéficos o, por el contrario, fitotoxinas, que pueden comportarse como inhibidoras del crecimiento (Cárdenas, Tobón, Rock y del Valle, 2018; Suárez, 2008; Ron, 2011).

**3.2.3 Diámetro del tallo.** Las condiciones benéficas de los sustratos orgánicos también evidencian en los vegetales tallos fuertes y vigorosos tanto en tamaño como en grosor para el soporte de sus estructuras aéreas (Ron, 2011), esta característica en los frailejones permite más crecimiento del follaje y una mayor floración (Figueroa y Cárdenas, 2015).

**3.2.4 Número y tamaño de hojas.** las hojas en su conjunto, forman el follaje o macollos, que determina el área fotosintética a través de la cual, la plántula se provee de las energías necesarias para el desarrollo de sus funciones metabólicas. El área fotosintética en los vegetales es directamente proporcional a la cantidad de energía transformada y metabolizada, lo que determina un crecimiento normal de las unidades con buena textura, para ello se requiere condiciones favorables de humedad, porosidad, aireación etc, que facilite la disponibilidad y absorción de nutrientes del medio o sustrato (Rojas, 2013).

**3.2.5 Sobrevivencia.** número de plántulas que, por un periodo, en el caso de este estudio cuatro meses, permanecen sin afectaciones por las adversidades del entorno. Al igual que la germinación, la sobrevivencia significa la continuidad de la vida de una nueva planta, capaz de desarrollar sus potencialidades en los órganos responsables de las funciones vitales (Vanegas y Rivera 2001; Araméndiz, Cardona, Correa 2013; Ron, 2011).

El crecimiento y la sobrevivencia son indicadores fenológicos, que reflejan la influencia del entorno sobre los seres vivos. Todo organismo es indicador de las condiciones del medio, ya que de cualquier forma su existencia en un espacio y momentos determinados responde a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales, así, un organismo está adaptado en mayor o menor grado a un ambiente específico y se refleja en los cambios fisiológicos como el crecimiento y sobrevivencia, entre otros (Ron, 2011).

### **3.3 Los sustratos, Tratamientos y diseño experimental.**

Los sustratos objeto de evaluación se diseñaron con fundamento en el criterio de la cotidianidad de su utilización, pues ofrecen mejores condiciones de porosidad, humedad, aireación, entre otras y son el principal portador de nutrientes (libre de compuestos químicos), que se utilizan en las huertas (Chagras) y cultivos orgánicos en la zona (Cerón y Burbano, 2009; Ortega y Barbosa, 2017, en entrevista a Obando W., 1 Junio 2016). Para distintos cultivos se usaban cantidades de tierra negra según la necesidad, así como para mejorar la fertilidad del suelo se agregaban distintos abonos orgánicos provenientes del procesamiento de residuos de cocina, pastos, flores, ramas, todo tipo de estiércol, barbacha (palos podridos) capote de bosque, compostas y demás (Ortega y Barbosa, 2017, en entrevista a Palechor A, 3 Abril de 2017; Valencia y Carbajal, 2011), que a su vez permitieron el cuidado de tan importante recurso natural y a futuro contribuirán en la producción agrícola amigable al ambiente (Toledo, 2002) y particularmente a la propagación del frailejón *E hartwegiana*.

El análisis de caracterización química realizado previamente mostró que el sustrato suelo (T1) es de pH ácido, los sustratos suelo + lombricompost (T2) y suelo + compost (T3) son de reacción neutra, mientras que la mezcla de suelo + mantillo (T4), es de reacción fuertemente ácida. Se evidenció un contenido alto de potasio y fósforo especialmente en los T2 y T3, mientras que en el T1 y T4 son abundantes. Los contenidos de materia orgánica se consideran altos y el T4 presenta considerable saturación de aluminio (Tabla 3.2).

Tabla 3. 2 Resultados caracterización química de sustratos para algunos nutrientes\*

Tratamientos	pH	P	K	Al	M O	Cu	Fe
		ppm	cmol/1000 sustrato	g	%	ppm	
T1	5.52	35.9	0.87		9.56	0.3	4
T2	6.65	221.0	85.77		11.36	0.2	3.2
T3	6.58	203.6	7.83		12.85	0.4	3.6
T4	4.01	46.3	0.77	2.0	15.13	0.6	8.0

\*se registraron los valores que su comportamiento no es tan común en los cuatro sustratos.

Los sustratos utilizados presentaron una baja y disarmónica relación Ca+Mg/K, donde el T2 arrojó el menor valor del cociente con altos contenidos de P y K que pudieron manifestar un efecto adverso para la germinación y sobrevivencia de las semillas. Además, contenidos muy bajos de Cu y Fe, de 0.3 ppm y 4.0 ppm respectivamente, se consideran deficitarios (Evans y Solberg, 2007) mientras que, en el T4, se obtuvieron valores de cobre y de hierro levemente superiores: 0.6 ppm, 8.0 ppm respectivamente, considerándose el nivel de cobre aún deficiente. Dichos elementos junto con el manganeso intervienen en la síntesis de la clorofila y formación de distintos compuestos como las enzimas y sustancias melanóticas, que a su vez intervienen en los procesos desde la germinación hasta la sobrevivencia de las plántulas (Ramírez y Rodríguez, 2004).

De otra parte el aluminio, que para el sustrato utilizado en el T4 expresó un valor de 2 cmol/1000 g, corresponde a la reacción fuertemente ácida y su alta saturación en el complejo de intercambio por lo general se considera inhibidora o en muchos casos, tóxica (Dafnoff, Elmer y Huber, 2002). Sin embargo, Broadley *et al.* (2012), citando a otros autores, reportan efectos positivos de altos valores de aluminio (hasta 2.5 mM) en el suelo para el desarrollo de algunas especies de plantas como el té, (*Camellia sinensis*) otras de los géneros *Melastoma* y *Quercus*. Es de notar que el valor reportado en este sustrato es 12 veces mayor al mencionado por Broadley *et al.* (2012), lo cual pone de manifiesto una alta tolerancia al aluminio por parte del frailejón.

Por otra parte, Casierra y Cárdenas (2008), estudiando el efecto del aluminio en la germinación de semillas de trigo (*Triticum aestivum*), encontraron que, en algunas especies,

la respuesta a la concentración es muy variable e incluso algunas pueden verse poco afectadas por el metal, demostrando gran variabilidad en la respuesta a la presencia de aluminio, e incluso por plantas del mismo género.

Los sustratos evaluados se denominaron tratamientos (T) en la fase experimental y se describen en la Tabla 3.3.

Tabla 3. 3 Tratamientos diseñados para evaluar los sustratos.

Tratamiento	Descripción	Tratamiento	Descripción
<b>T1</b>	Suelo	<b>T3</b>	Suelo + compost
<b>T2</b>	Suelo + lombricompost	<b>T4</b>	Suelo + mantillo de bosque

Los componentes de los sustratos fueron mezclados en relación 1:1. Se diseñaron diez bloques completos al azar (Fig. 3.13), cada tratamiento contó con diez réplicas y 1000 semillas respectivamente, distribuidas en diez moldes (réplicas) portadores del respectivo sustrato. En efecto, en los cuatro tratamientos se utilizaron un total de 4000 granos de semillas. Estos moldes con sus cien semillas conformaron la unidad experimental.

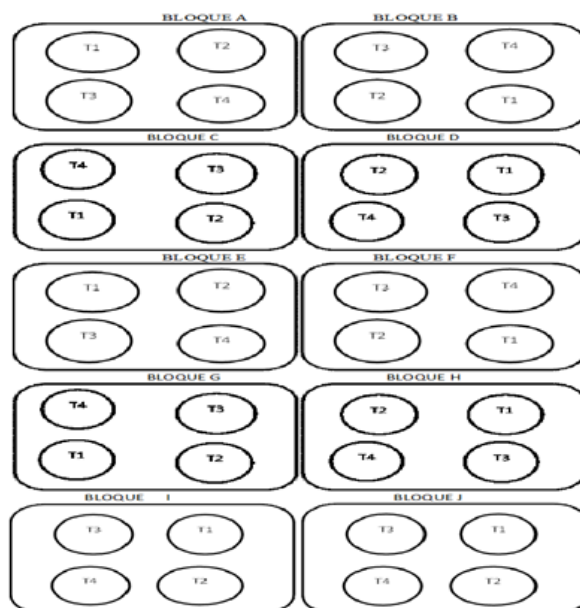


Fig. 3.13 Diseño experimental en bloques completos al azar.

### 3.4 Establecimiento del ensayo, evaluación de la germinación y de la fenología de las semillas

Para el trabajo en campo se ejecutó las actividades que se resumen en la Fig.3.14 y se explica posteriormente.

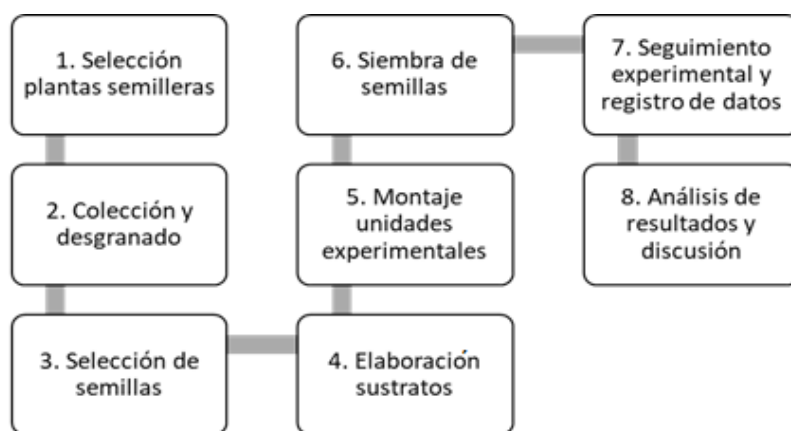


Fig. 3.14 Actividades secuenciales en la fase de campo para la presente investigación.

**3.4.1 Selección de plantas semilleras.** Esta se realizó en función del número de rosetas florales, teniendo como criterio la presencia de un mínimo de siete, considerando también el adecuado desarrollo entre 60 a 80 cm de alto y la condición sanitaria del follaje, siendo elegibles aquellas plantas libres de laceraciones causadas por agentes fungosos o bacterianos. La elección de plantas madres se llevó a cabo la primera y segunda semana de agosto del año 2017, cuando las rosetas estaban en prefloración, para su identificación se marcaron con una ficha y cinta de enmascarar como se muestra en la Fig.3.15



Fig.3.15 Identificación de plantas semilleras



**3.4.2 Colección de flores y desgranado de semillas.** El proceso se efectuó en las primeras semanas de Octubre de 2017 (Fig.3.16), para ello se tuvo en cuenta el protocolo y las recomendaciones de Gallego (2014). Cabe mencionar que no todas las flores contienen semillas, por lo tanto, se recogieron aquellas que las contenían en una cantidad considerable (20 unidades). Una vez terminado el proceso de recolección se inicia el desgrane con especial cuidado para evitar daños a las estructuras, porque de lo contrario se vería comprometida la tasa de germinación (Gallego, 2014).



Fig. 3.16 Colección de semillas

**3.4.3 Selección de semillas.** Inicialmente se colocaron en agua a temperatura ambiente para hidratarlas por el proceso de imbibición (tratamiento pre-germinativo) (Fig.3.17), posteriormente se descartaron aquellas flotantes, pues éstas carecen de embrión (vanas) o son deformes; con las unidades depositadas en el fondo del recipiente se continuó con el proceso de selección, ya que, se les considera viables. Además, se sometieron a secado al aire libre pero no expuestas a los rayos solares, ya que se puede perder la viabilidad del embrión, seguidamente se observaron al estereoscopio para descartar aquellas que presentaban fisuras o malformaciones. En concordancia con el protocolo de Gallego (2014), quien considera que los estados 4 (aquenio bueno: unidad turgente con su embrión intacto, sin signos de daños físicos y que no se deshace al ejercerle presión) y 5 (aquenio viable: con buena evidencia de actividad metabólica al realizar la prueba de tetrazolio) de las semillas son los óptimos para la germinación del género *Espeletia*.



Fig. 3 17. Hidratación de semillas de *E. hartwegiana*

**3.4.4 Elaboración de sustratos.** Los sustratos se construyeron a partir de combinaciones o mezclas previamente definidas (relación 1:1) (Fig.3.18).



Fig. 3. 18 Elaboración de sustratos

El mantillo de bosque y el suelo fueron colectados en zonas de páramo y aledaños, mientras que el lombricompost y compost fueron elaborados en la institución educativa con materiales e insumos de la región. Para la desinfección de los sustratos, se realizó un tratamiento térmico y vapor por espacio de treinta minutos haciendo uso de una olla a presión.

**3.4.5 Montaje de unidades experimentales.** En las instalaciones de la Institución Educativa Agropecuaria Yanaconas - sede Monter redondo, se acondicionó un sitio con la

finalidad de disminuir la influencia de variables climáticas como las precipitaciones fuertes e impredecibles, fluctuaciones de temperatura, fuertes vientos y heladas entre otras, que son comunes en el área de estudio. Para el experimento se utilizaron mesas, bandejas plásticas, moldes plásticos de pastelería número 64, una regadera, un cernidor, marcadores y cucharitas plásticas. En cada molde se colocó la siguiente cantidad de sustratos por tratamiento T1 1916 g, T2 1548 g, T3 1611g y T4 1310 g para obtener una capa de 7 cm de grosor, dado que el frailejón es bastante lento en su crecimiento inicial. Cada bloque se formó por dos bandejas donde se ubicaron cuatro moldes, asegurando que todos los tratamientos estuvieran presentes en una distribución al azar (bloques completos). (Fig.3.19).



Fig.3.19 Bloques completos al azar.

**3.4.6 Siembra de semillas.** Se distribuyeron las 100 semillas en cada molde procurando que quedaran equidistantes, posteriormente se cubrieron con una capa homogénea de dos mm de grosor, de residuos del mismo frailejón tales como sépalos y pétalos, lo anterior para simular las condiciones de su micrositio natural (Fig.3.20) Finalmente, se procedió a suministrar agua a las bandejas, para que se humedeciera el sustrato mediante el efecto de capilaridad.



Fig. 3. 20 Siembra y tapado de las semillas

**3.4.7 Seguimiento experimental y registro de datos.** El manejo de los ensayos consistió en mantener húmedas las bandejas, manteniendo la capacidad de campo de los sustratos. Una vez las semillas iniciaron el periodo de germinación, también se inició el registro de datos para las variables propuestas (Fig.3.21).



Fig. 3. 21 Monitoreo experimental para registro de datos.

El porcentaje de germinación se estimó con el número total de semillas germinadas y por cada tratamiento, además, se realizó un conteo semanal a los moldes (cada 7 días) por un lapso de 28 días (una vez se presentó la germinación de la primera semilla), registrando en cada muestreo el número de semillas germinadas para observar su comportamiento en el tiempo.

Igualmente, para determinar el crecimiento (altura), diámetro del tallo, conteo y tamaño de hojas, a los 120 días después de la siembra, se realizó una selección al azar de 19 plántulas por cada tratamiento, sin perjuicio de cuáles bloques o réplicas proviniesen. El motivo para proceder así, radicó en la baja tasa de germinación observada y la mortalidad presentada en el T2, que impidió incluir un mayor número de plantas en una muestra. Además, algunas de las unidades difieren en el tiempo de germinación, por lo que se trató de minimizar al máximo el sesgo y error experimental mediante el muestreo al azar.

Se midió la altura de las plántulas desde la superficie del sustrato hasta el ápice de las hojas recién formadas o más jóvenes, el diámetro del tallo fue medido al inicio de las primeras hojas, así mismo, para el tamaño de hojas se estimó su longitud desde la base del pedúnculo hasta el ápice y el ancho de la lámina foliar (limbo) como la distancia de los bordes extremos de la parte de mayor amplitud. Para las mediciones se hizo uso de un calibrador (pie de rey). Mientras que la sobrevivencia, se estimó realizando un conteo de plántulas por cada tratamiento a los 4 meses de establecido el ensayo.

Si bien la síntesis de biomasa vegetal está relacionada con la calidad de los sustratos en términos de humedad, aireación, oxigenación, así como la disponibilidad de nutrientes (Jaramillo, 2002), en la presente investigación no se estimó esta variable, pues para ello se requiere desecar las plántulas completamente, y en este caso particular, se prefirió no recurrir a pruebas destructivas, puesto que primó el principio conservacionista de resguardar la totalidad de las plántulas para destinarlas al repoblamiento de las zonas de interés en el páramo de Barbillas. Finalmente, se evaluó la respuesta a los tratamientos de diferentes sustratos a lo largo de cuatro meses en vivero.

**3.4.8 Análisis de datos.** Se realizó un análisis de varianza con post-anova y se aplicaron pruebas de Tuckey para determinar las diferencias entre las variables de salida: porcentaje de germinación, velocidad de germinación, crecimiento (altura) y sobrevivencia de plántulas, tamaño de hojas y el diámetro del tallo.



## 4. Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados y la discusión de las variables de salida para la evaluación de los cuatro sustratos en la producción de frailejón *E. hartwegiana*.

### 4.1 Germinación

El frailejón *Espeletia hartwegiana* presentó un porcentaje de germinación promedio de todos los tratamientos de 7.8%, el cual es considerado bajo. Para el ensayo se realizó la siembra de 4.000 semillas y se obtuvo un total de 312 unidades germinadas. Al Individualizar los resultados por tratamientos, se reportan los siguientes porcentajes de germinación: tratamiento 1 (suelo): 7.6%, tratamiento 2 (suelo + lombricompost): 3%, tratamiento 3 (suelo + compost): 7% y tratamiento 4 (suelo + mantillo): 13,6% (Fig.4.22); éstos valores son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) (Tabla 4. 4). Con lo anterior se evidencia que el tratamiento (T2) donde se mezcló suelo + lombricompost, presentó el porcentaje más bajo; seguido por los T1 y T3, suelo y suelo + compost respectivamente, sin que se presenten entre ellos diferencias significativas ( $p > 0.05$ ); mientras que el mayor porcentaje de germinación se evidenció en el T4 donde se mezcló suelo + mantillo vegetal.

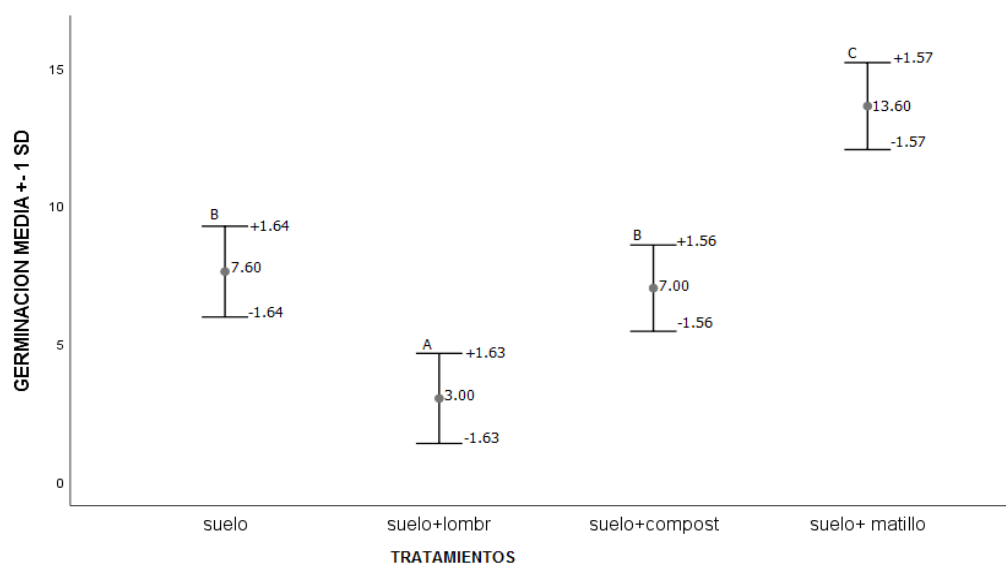


Fig. 4.22. Germinación del frailejón *E. hartwegiana* en los sustratos evaluados.

La siguiente tabla muestra los grupos en los que se ubicaron los tratamientos determinados en el análisis estadístico.

Tabla 4.4. Análisis post-Anova para la germinación

$\alpha = 0.05$	1	2	3	
Tratamientos	T2	T1	T3	T4
Tukey	3 <sup>A</sup> ± 1.63	7.6 <sup>B</sup> ± 1.64	7 <sup>B</sup> ± 1.56	13.6 <sup>C</sup> ± 1.57

Tratamientos con la misma letra no difieren estadísticamente y aquellos que sí, son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

Lo anterior explicaría las bondades que tiene el mantillo o capote usado como ingrediente de los sustratos para la germinación y sobrevivencia en especies vegetales (INATEC 2016), particularmente en semillas y plántulas de frailejón que por su adaptabilidad han generado algún grado de tolerancia a tales condiciones, pues por décadas viven en los hábitats de páramo (Jiménez, 2017) lo que pudo generar una respuesta positiva al uso del sustrato.

De otra parte, los resultados anteriormente expuestos se pueden explicar, ya que gran parte de las especies vegetales, como el frailejón *E. hartwegiana* inician la etapa de germinación con el desarrollo de la radícula, que ancla la plántula en el suelo, seguida por la plúmula (vástago) que se desarrolla acompañada de la testa de la semilla (germinación epigea). Así, la emergencia evidencia la germinación. Sin embargo, la plántula se encuentra en una situación desfavorable en la etapa previa a la formación de su raíz principal y la expansión de sus hojas (Figuroa y Cárdenas, 2015), dado que las semillas son diminutas y sus reservas nutritivas se agotan rápidamente, significando una pronta dependencia de los nutrientes del sustrato.

En general, los porcentajes de germinación en los cuatro tratamientos fueron bajos, sin embargo, Velasco (2018) reporta que este proceso fue nulo en las semillas para las tres clases de altura (4-90 cm, 91-177 cm y 178-264 cm) evaluadas en frailejón (*Espeletia curialensis*), igualmente Borques, *et al.* (2015) reportan que, de 1160 embriones cultivados *in vitro*, 433 fueron reactivos y 90 embriones germinaron. Así mismo, Figuroa y Cárdenas (2015) encontraron valores de 5,25% en germinación de *E. grandiflora* de Chisacá bajo condiciones semicontroladas, mientras que Ochoa (1994) encontró para *E. grandiflora* valores entre 5 y

25%, así los resultados obtenidos están acordes con lo reportados por otros autores; Zambrano y Bonilla (2006) encontraron porcentajes del 18% en un tratamiento de polinización natural de *E. grandiflora*. Gallego (2014) reportó que la germinación *in vitro* de las semillas de *Espeletia uribei*, fue de 19.4%. Los trabajos reportados anteriormente y el presente estudio sobre la propagación de *E. hartwegiana*, evidencian la baja capacidad de germinación del frailejón comparados con otras especies.

De igual manera, Moreno en 2008 estudiando el banco de semillas en *E. grandiflora*, en un metro cuadrado encontró entre 10 y 30 semillas, con un porcentaje de germinación entre el 1% y el 16%, evidenciándose un menor número de unidades germinadas cuando los ensayos se realizan en condiciones semi o no controladas y directamente en campo, caso contrario en los laboratorios donde se tiene un mínimo de control en luz, temperatura, humedad etc., se logra un mayor porcentaje de germinación incluso por encima al 25%. Así mismo, las bajas tasas de germinación en especies de alta montaña, se deben a las condiciones ambientales propias de estos ecosistemas y a la baja viabilidad de las semillas que retardan la velocidad del proceso germinativo (Guariguata y Azocar, 1988; Velasco 2018)

Otros ensayos y el presente difieren en la cantidad de semillas germinadas dado a los sustratos utilizados y condiciones de control, pues investigadores como Gallego (2014) empleó el medio basal MS, la humedad (80%) y temperatura (20°C-día y 10°C -noche) en laboratorio, es decir, en ambientes controlados, mientras que en el presente, se aprovecho aquellos tradicionales -suelo, suelo+ lombricompost, suelo+ compost, suelo+ mantillo- además, no se dispuso de un laboratorio, sino un sitio acondicionado para tal fin sin un control riguroso de humedad o temperatura.

Los resultados obtenidos son consistentes con lo afirmado por INATEC (2016), en el sentido de que un sustrato adecuado garantiza en gran parte el éxito de producción de plantas sanas y vigorosas, en su aspecto físico debe ser liviano, esponjoso y con buena capacidad en la retención de humedad. En cuanto a las propiedades químicas, es importante conocer la disponibilidad de nutrientes del medio de crecimiento para satisfacer las necesidades nutritivas a través de adiciones. Algunos de estos medios son: la arena, la perlita y la vermiculita, donde es imprescindible incorporar fertilizantes, a diferencia del caso de los sustratos mezclados con materiales orgánicos como: el compost, lombricompost, capote o mantillo de bosque, que aportan cantidades adecuadas de nutrientes y no requieren de fertilización adicional.



Otras consecuencias pueden ser la inhibición de la germinación de semillas o del crecimiento de raíces, efectos que pueden presentarse con mayor intensidad si se utilizan contenedores de volumen reducido, al presentarse una mayor retención de diversos metabolitos por el efecto antagónico del desequilibrio en la relación de bases intercambiables, particularmente en T2 y T3 (Varnero *et al.* 2007).

**4.1.1 Comportamiento de la germinación en el tiempo.** La germinación cuyo registro se realizó en intervalos semanales, se extendió entre los días 25 a 53, al inicio el número de unidades fue mínimo, luego se registró un aumento tal como se evidencia en la Tabla. 4. 5 y Fig. 4. 23. A partir del día 53 no se presentó germinación de semillas.

Tabla. 4.5 Germinación de *E. hartwegiana* (25 a 53 días) en periodos de 7 días.

Días registro	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Día 25	1	2	7	15
Día 32	11	4	10	27
Día 39	21	5	18	33
Día 46	23	13	22	32
Día 53	20	6	13	29
<b>TOTAL</b>	<b>76</b>	<b>30</b>	<b>70</b>	<b>136</b>

La siguiente gráfica muestra la distribución de los datos registrados para germinación en intervalos de siete días en cada tratamiento evaluado y el análisis estadístico en la tabla 4.6.

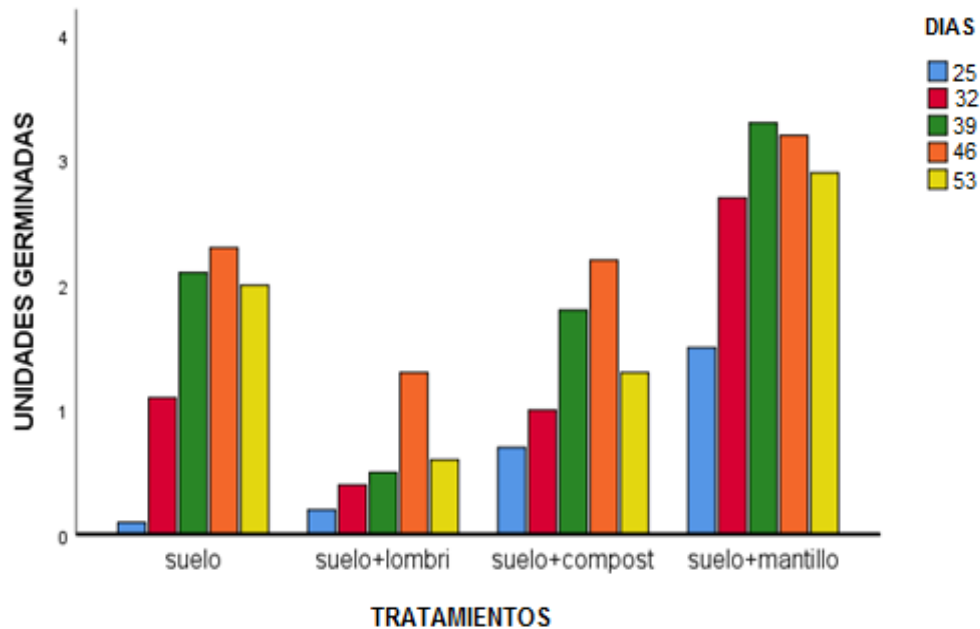


Fig. 4.23 Comportamiento de la germinación de *E. hartwegiana*, de 25 a 53 días.

Tabla 4.6 Comportamiento de la germinación en el tiempo.

	Día 25	Día 32	Día 39	Día 46	Día 53
<b>T1</b>	0.10 A	1.10 A	2.10 B	2.30 AB	2.00 B
<b>T2</b>	0.20 A	0.40 A	0.50 A	1.30 A	0.60 A
<b>T3</b>	0.70 A	1.00 A	1.80 B	2.20 AB	1.30 B
<b>T4</b>	1.50 B	2.70 B	3.30 C	3.20 B	2.90 C

Tratamientos con la misma letra no difieren estadísticamente y aquellos que sí, son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

De la gráfica anterior, también puede notarse que al inicio de la germinación (día 25) los tratamientos T1 y T2 presentan los valores más bajos, siendo superados levemente por el T3, mientras que T4 alcanza un mayor valor en unidades germinadas. Así mismo T1, T2 y T3 alcanzan el máximo de semillas germinadas al día 46, es decir 21 días después de iniciado el proceso, mientras que el T4, lo hace al día 39 o sea a los 14 días. En general el mínimo de

unidades germinadas se presenta en el T1, contrariamente el T4 presenta los mayores valores siendo éste, significativamente diferente a los demás ( $p < 0.05$ ).

Lo anterior contrasta con los resultados de autores como: Gallego (2014), quien reportó en su ensayo bajo condiciones controladas el máximo de germinación a los 15 días y su finalización a los 39 días, Borques *et al.* (2015), quienes en su investigación la obtuvieron después de 30 días, igualmente Mendoza y Martínez (2011), afirman que la observaron trascurridos 40 días después de la siembra.

El inicio de este proceso en el tiempo mencionado, puede deberse a que en la etapa de selección de semillas, estas fueron hidratadas por imbibición en agua a temperatura ambiente (método pre-germinativo) para separar las vanas, vacías y mal formadas, así también se busca el paso del líquido y oxígeno al interior de cada unidad para posibilitar una nueva vida (De Luca, 2010). Los métodos de tratamiento en húmedo son efectivos para resolver tanto la latencia exógena física (ablandar la corteza o testa) como también la exógena química (remoción de hormonas de inhibición) (INATEC, 2016). Por otra parte, los sustratos utilizados pudieron variar en su composición química y pH, influyendo de igual manera en la aceleración germinativa de las semillas.

## **4.2 Crecimiento.**

El crecimiento de las plántulas registrado a los 120 días en los cuatro tratamientos evidenció un patrón de comportamiento similar al de la germinación (Fig. 4.24). El tratamiento con menor desarrollo en sus plántulas fue T2 (suelo + lombricompost) y T4 (suelo + mantillo) manifestó el mayor desarrollo. El análisis de varianza muestra que hay diferencias significativas entre los valores registrados en los tratamientos ( $p < 0.05$ ) (Tabla 4. 7).

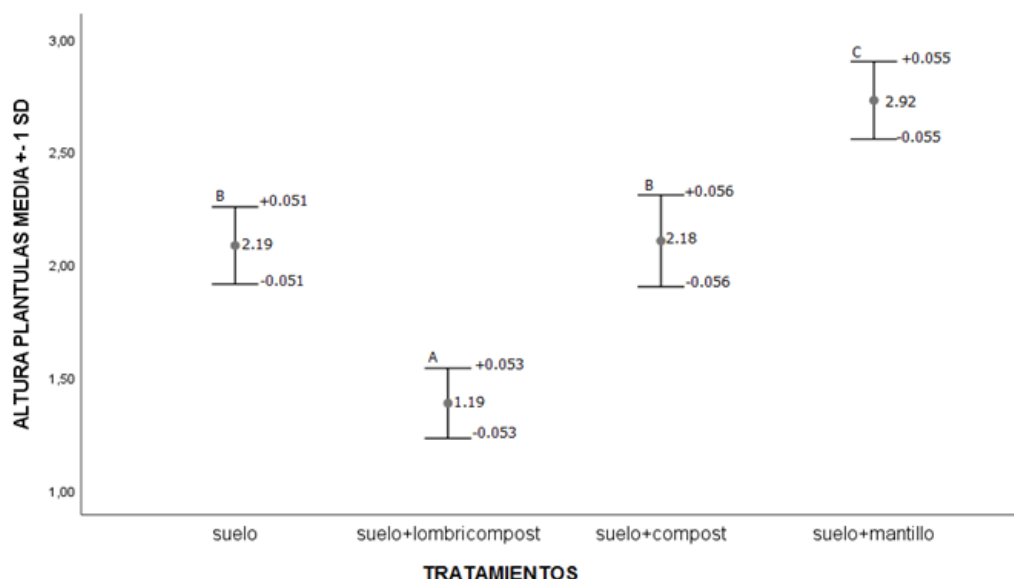


Fig. 4.24 Crecimiento de las plántulas de *E. hartwegiana* en los cuatro tratamientos (cm)

La siguiente tabla muestra los grupos en los que se ubicaron los tratamientos determinados en el análisis estadístico.

Tabla.4.7 Análisis post-Anova para el crecimiento (cm).

$\alpha = 0.05$	1	2	3	
Tratamientos	T2	T1	T3	T4
Tukey	1.19 <sup>A</sup> ±0.053	2.19 <sup>B</sup> ±0.051	2.18 <sup>B</sup> ±0.056	2.92 <sup>C</sup> ±0.055

Tratamientos con la misma letra no difieren estadísticamente y aquellos que sí, son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

Igualmente, Mendoza y Martínez (2011) encontraron que después de un año, el 60% de las plántulas de frailejón midieron 5 cm; otro 25%, 3 cm y el 15% restante, menos de 3 cm, contrastando con sus revisiones bibliográficas, según las cuales, el frailejón en vivero y condiciones controladas crece 8 cm anuales, por su parte Verweij y Kok (1992) evaluando la regeneración en sitios de paramo donde son habituales las quemadas, reportan un crecimiento 8.8 cm al año en plántulas de *E. hartwegiana*, tales estudios se realizaron anualmente y no reportan datos de crecimiento a los 120 días, sin embargo, realizando una proyección potencial a los datos por tratamiento, se puede esperar que éstos se ubicarían en los rangos de valores

reportados y que es posible alcanzar los 8 cm en condiciones controladas de vivero, especialmente en el tratamiento T4.

### 4.3 Diámetro de tallo.

Los resultados de diámetro del tallo, registrados a la altura de las primeras hojas, arrojó los siguientes resultados: los tratamientos T2 y T3 presentan similitud en el comportamiento ( $p>0.05$ ) mientras que, el tratamiento T1 difiere significativamente ( $p<0.05$ ) y finalmente el tratamiento T4 superó significativamente ( $p<0.05$ ) a los demás tratamientos en este parámetro (fig. 4. 25 y Tabla 4.8).

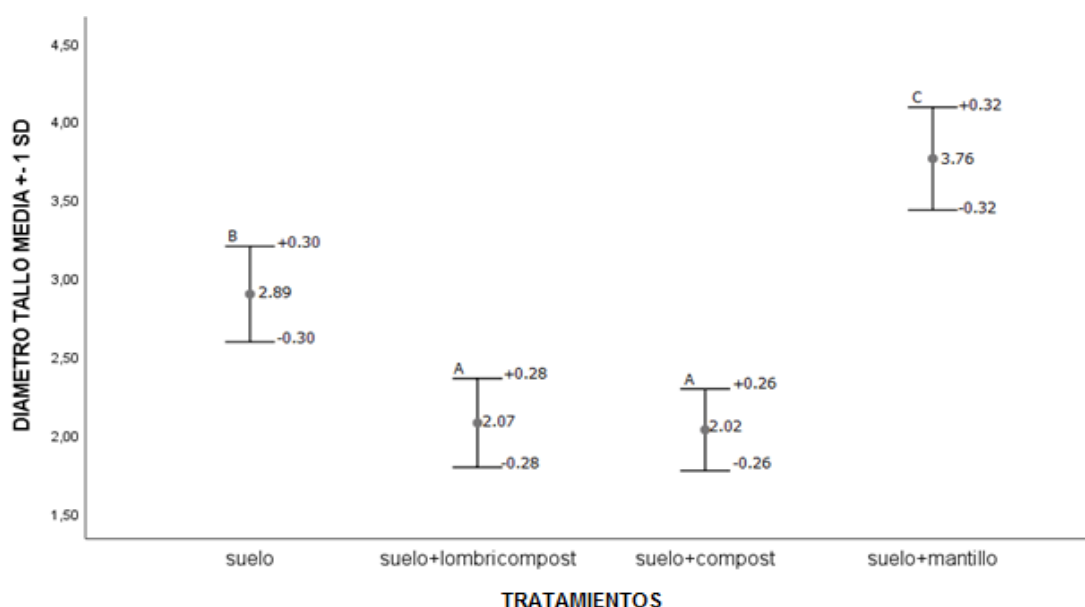


Fig. 4.25 Diámetro tallo de las plántulas de *E. harwegiana* a los 120 días (mm)

La siguiente tabla muestra los grupos en los que se ubicaron los tratamientos determinados en el análisis estadístico.

Tabla 4.8 Análisis post-Anova para el diámetro del tallo de frailejón (mm)

$\alpha = 0.05$	1	2	3	
Tratamientos	T3	T2	T1	T4
Tukey HSD	2.02 <sup>A</sup> ±0.26	2.07 <sup>A</sup> ±0.28	2.89 <sup>B</sup> ±0.30	3.76 <sup>C</sup> ±0.32

Tratamientos con la misma letra no difieren estadísticamente y aquellos que sí, son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

#### 4.4 Número y tamaño de Hojas.

Las hojas del frailejón se distribuyen en forma pareada y opuesta, por lo cual no es posible observar números impares (Fig 4. 26). Se evidenció que a los 120 días se habían definido dos pares, por tanto, no se establecieron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos. Seguidamente para el tamaño se optó por estimar la longitud y el ancho del limbo de dos pares de hojas, para obtener el promedio como dato a registrar. Finalmente, se estimó el diámetro del tallo a la altura de las primeras hojas. El anterior procedimiento se le realizó a una muestra de 19 plántulas por tratamiento.



Fig. 4.26 Hojas pareadas y opuestas en plántulas de *E. hartwegiana*.

**4.4.1 Longitud de hoja (mm).** En la longitud de hojas, se estableció que los tratamientos T2 y T3 no presentan diferencias significativas entre sí ( $p>0.05$ ). Por el contrario, el T1 presenta diferencias ( $p<0.05$ ) respecto a los demás tratamientos (Tabla 4. 9). También en lo referente a la longitud de hoja, el tratamiento T4 presentó los mayores valores de este parámetro (Fig.4.27).

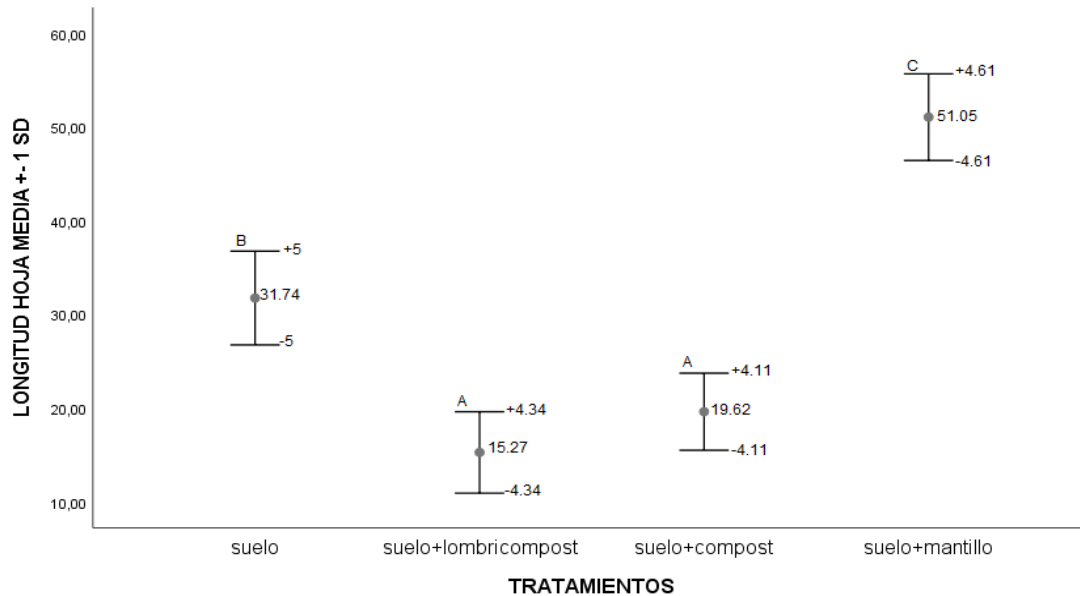


Fig. 4. 27 Longitud de las hojas de *E. hartwegiana* en los cuatros sustratos evaluados (mm)

La siguiente tabla muestra los grupos en los que se ubicaron los tratamientos determinados en el análisis estadístico.

Tabla 4. 9 Análisis post-Anova de longitud de las hojas en frailejón (mm).

$\alpha = 0.05$	1	2	3	
Tratamientos	T2	T3	T1	T4
Tukey	15.27 <sup>A</sup> ±4.34	19.62 <sup>A</sup> ±4.11	31.74 <sup>B</sup> ±5.00	51.05 <sup>C</sup> ±4.61

Tratamientos con la misma letra no difieren estadísticamente y aquello que sí, son significativamente diferentes ( $P<0.05$ ).

**4.4.2 Ancho del limbo o lámina foliar (mm).** En cuanto al ancho de las hojas, los resultados del tratamiento T2 fueron los más bajos, superados en orden ascendente por el

tratamiento T3 y el tratamiento T1, mientras que el tratamiento T4 superó significativamente a los demás ( $p < 0.05$ ) (Fig. 4. 28 y Tabla 4.10).

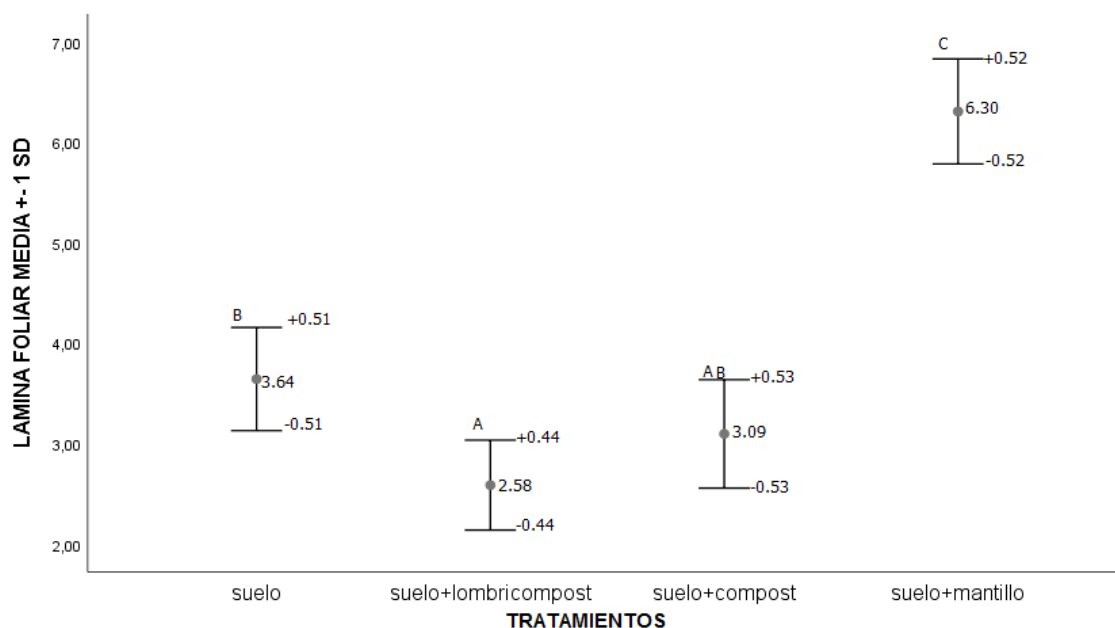


Fig. 4.28 Ancho de lámina foliar de hojas (mm)

La siguiente tabla muestra los grupos en los que se ubicaron los tratamientos determinados en el análisis estadístico.

Tabla 4.10 Análisis post-Anova para ancho del limbo de las hojas de frailejón (mm)

$\alpha = 0.05$	1		2		3
Tratamientos	T2	T3	T1	T3	T4
Tukey HSD	2.58 <sup>A</sup> ±0.44	3.09 <sup>A</sup> ±0.53	3.64 <sup>B</sup> ±0.51	3.17 <sup>B</sup> ±0.55	6.30 <sup>C</sup> ±0.52

Tratamientos con la misma letra no difieren estadísticamente y aquellos que sí, son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

Lo expuesto coincide con lo hallado por Raché y Pacheco (2009), quienes reportan que después de un periodo de aclimatación de 90 días en plántulas de *E. muiska*, el mayor porcentaje (60%) de unidades viables se registró en el sustrato tierra de capote, sugiriendo que la textura y estructura de este sustrato favoreció el desarrollo caulinar y radical de las plántulas. El capote (mantillo), presenta alta porosidad, elevada retención de agua, buena



aireación, pH bajo y textura fina (Valencia y Ramírez, 1993), esto permitió el desarrollo y crecimiento del frailejón (Fig 4. 29). Así mismo, Bohorques *et al.* (2016) sostienen que la mezcla de capotetierra (mantillo) utilizada como sustrato, en conjunto con las demás condiciones tenidas en cuenta durante el endurecimiento de las plántulas, favoreció la subsistencia y desarrollo inicial de *E. paipana*.

Igualmente, Novoa (2010) reporta que el sustrato donde se utilizó suelo y residuos vegetales de páramo respondió favorablemente al prendimiento y número de brotes por estacas del mortiño (*Vaccinium floribundum*), concluyendo que dicha especie mejora el comportamiento en sustratos provenientes de lugares donde se desarrolla naturalmente, Bueno (2011) por su parte enfatiza que la mezcla de distintos sustratos producen el medio idóneo para el desarrollo del cultivo, siendo eficaces aquellos donde se usan residuos vegetales como la hojarasca entre sus componentes, además se consideran accesibles y económicos. De igual manera, el comportamiento de los tratamientos evaluados en el presente estudio, con respecto a la altura, diámetro del tallo y tamaño de hojas evidencia y ratifica que el mantillo proporciona mejores condiciones para el desarrollo de las plántulas de *E. hartwegiana* (Fig 4.30), puede atribuírsele a que es sustrato liviano y esponjoso que favorece la humedad, aireación y una mayor disponibilidad de nutrientes.



Fig. 4.29 Crecimiento y desarrollo inicial de las plántulas de *E. hartwegiana* en los cuatro sustratos evaluados.

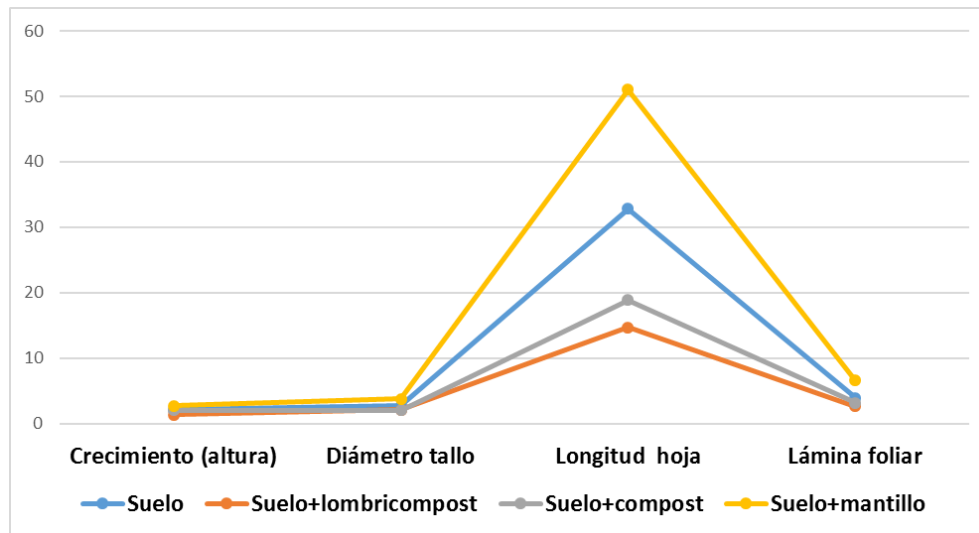


Fig 4.30 Comportamiento de las plántulas en cada sustrato, promedio en altura, diámetro de tallo y tamaño de hojas.

Es importante recordar que las diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) de germinación, crecimiento y sobrevivencia del frailejón en los sustratos, no pueden obedecer únicamente a la magnitud de disponibilidad de los nutrientes. Durante el período de germinación también ocurren numerosos procesos fisiológicos en respuesta a factores ambientales, propiedades físicas, concentración y madurez de sustratos o a la presencia de niveles fitotóxicos de metales como el cobre, el níquel o el zinc, entre otros (Shober *et al.*, 2003), que pueden interferir alterando la viabilidad de la semilla y el desarrollo normal de las plántulas (Sobrero y Ronco, 2004).

## 4.5 Sobrevivencia (supervivencia).

La sobrevivencia a los 120 días conjuntamente en los cuatro tratamientos fue de 291 plántulas normales, es decir, 92,97% mientras que la mortalidad, fue de 21 unidades con un 7,028% (Tabla 4.11). Los individuos iniciaron enraizamiento y el desarrollo de su parte aérea de manera normal, es decir, sin malformaciones como enrollamiento de hojas o raíz atrofiadas, sin problemas de elongación y anomalías fitosanitarias. El número de plántulas con vida puede catalogarse como alto y la mortalidad se considera baja, al comparar con lo reportado por Gallego (2014), donde tres meses después de la germinación, solo un 23% de las semillas

permanecían con la radícula, pero sin crecimiento o elongación visible; más del 50% tenían el embrión dañado y solo el 3% elongaron su radícula muy levemente, sin presencia del hipocótilo o de las primeras hojas. Este fenómeno solo se observó después de cinco meses y únicamente en tres semillas del total. De igual manera, los autores argumentan que “la mortalidad en esta etapa es alta y se relaciona con la falta de agua, nutrientes, luz, entre otros”; sin embargo, en el presente ensayo la mortalidad de plántulas fue baja con un 3,84% dado que el seguimiento experimental se realizó de una manera eficiente y controlada.

Igualmente, Figueroa y Cárdenas (2015) revelaron que la sobrevivencia de las plántulas fue del 11,7% hasta un desarrollo de seis hojas en condiciones semicontroladas, pero luego de las 12 semanas observaron que la tasa de mortalidad aumentó con la progresiva marchitez de las plántulas al detenerse el crecimiento.

Tabla 4.11 Supervivencia de las plántulas de *E. hartwegiana* a 120 días

Tratamientos	Unidades germinadas	Unidades vivas	Unidades muertas
Suelo (T1)	76	71	5
Suelo+lombricompost (T2)	30	19	11
Suelo+ compost(T3)	70	66	4
Suelo+ mantillo(T4)	136	135	1
<b>Totales</b>	<b>312</b>	<b>291</b>	<b>21</b>

Se evidencia que la mejor respuesta de supervivencia en unidades se presenta en el sustrato suelo + mantillo de bosque (T4).

El resultado del conteo de plántulas a los 120 días también mostró un comportamiento similar a la germinación. Se logró observar que el tratamiento T2 presentó un menor índice de sobrevivencia, el T1 y el T3 fueron similares, mientras que en el T4 se registró el mejor comportamiento, es decir, el mayor índice de sobrevivencia (Fig. 4. 31). Este valor fue significativamente diferente de los demás tratamientos ( $p < 0.05$ ) (Tabla 4.12).

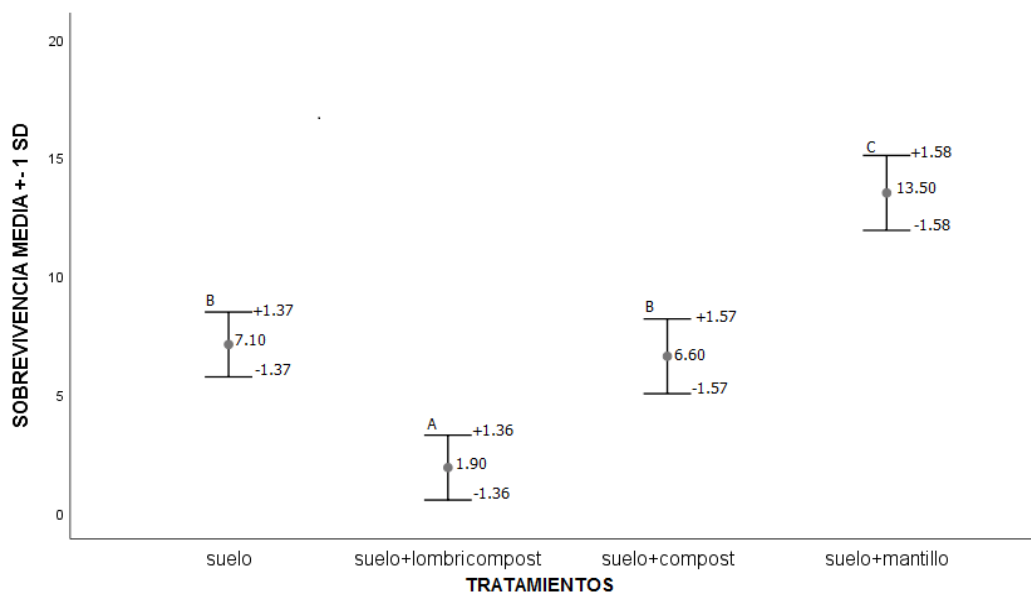


Fig. 4. 31 Sobrevivencia de plántulas de *E. hartwegiana* a los 120 días.

La siguiente tabla muestra los grupos en los que se ubicaron los tratamientos determinados en el análisis estadístico.

Tabla. 4.12. Análisis post-Anova para la sobrevivencia.

$\alpha = 0.05$	1	2	3	
Tratamientos	T2	T1	T3	T4
Tukey	1.90 <sup>A</sup> ±1.36	7.10 <sup>B</sup> ±1.37	6.60 <sup>B</sup> ±1.57	13.50 <sup>C</sup> ±1.58

Tratamientos con la misma letra no difieren estadísticamente y aquellos que sí, son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

Como se mencionó anteriormente, los datos registrados evidenciaron que el sustrato suelo + mantillo presentó el más alto índice de sobrevivencia, en concordancia con autores mencionados anteriormente como Castañeda (2007), Noboa (2010) y Bueno (2011) en sus investigaciones con especies de páramo, mencionan que el capotetierra (mantillo) ofreció mejores condiciones para su adaptabilidad y desarrollo logrando estabilidad en un corto periodo de tiempo. Por su parte, Rache y Pacheco (2009) argumentan que el sustrato compuesto por tierra de capote, favoreció el enraizamiento y crecimiento de las plántulas de *E. muiska*.

Aunque no estaba propuesto en los objetivos, es necesario mencionar observaciones adicionales en la sobrevivencia, pues también contribuyen a la evaluación de los sustratos, argumentando que en tratamientos donde se mezcló suelo+lombricompost y suelo+compost se evidenciaron síntomas de amarillamiento (clorosis) de las hojas y retraso en el desarrollo de plántulas. Estos fenómenos se atribuyen en gran parte, a la deficiencia especialmente de aquellos nutrientes que expresaron valores muy bajos en la caracterización química de los sustratos, tales como: el cobre, hierro y manganeso, coincidiendo con varios reportes (Wild y Russel 2000; Kyrkby y Römheld, 2008; Alloway y Tills, 1984); así mismo, se evidenció una reacción neutra a levemente ácida y disarmonía en la relación de bases intercambiables, pudiendo restringir la captura de calcio (Rahimi y Bussler 1973; Yruela, 2009).

Contrastando con lo anterior, en el tratamiento suelo + mantillo de bosque, con reacción fuertemente ácida y alta saturación de aluminio, no se evidenciaron tales síntomas, sugiriendo una condición acidófila de *E. hartwegiana*. Las plántulas de frailejón de este tratamiento lograron aprovechar eficientemente el cobre, hierro y manganeso. Los resultados de los tratamientos sugieren que el frailejón no es ávido de calcio, magnesio y potasio al no evidenciar comportamientos diferenciados.

Cabe resaltar que como resultado de este estudio, también se estableció un protocolo exitosamente aplicable en las condiciones del Páramo de Barbillas, este incluye la selección de plantas semilleras en épocas de prefloración, que para el caso de *E. hartwegiana*, corresponde a dos épocas: la primera, comprendida entre los meses de Agosto y Septiembre, donde la colección de semillas se realiza aproximadamente a finales de Octubre e inicio de Noviembre y la segunda, entre Enero y Febrero y su colección finalizando Marzo e iniciando Abril.

El desgrane se realiza inmediatamente después de su colección; posteriormente, la selección de semillas mediante la hidratación y finalmente, la siembra se realiza en sustrato elaborado mezclando suelo + mantillo en proporción 1:1 peso-peso. Para lo anterior, se usan bandejas y sobre ellas se ubican los moldes de 64 onzas los cuales garantizan una profundidad mínima de 7 cm. En cada uno de ellos se siembran 100 semillas equidistantes y por último, el agua se deposita en las bandejas para que el sustrato se humedezca por efecto de la capilaridad.

## 5. Conclusiones

Los sustratos más utilizados en la región altoandina del Macizo Colombiano son de origen orgánico, entre ellos el compost, lombricompost y el mantillo de bosque, con la finalidad de satisfacer las necesidades de siembra y manejo de diferentes especies.

De los tratamientos estudiados, el suelo + mantillo de bosque (T4) evidenció un mayor número de semillas germinadas, un mejor crecimiento inicial, notorio desarrollo del follaje y una baja mortalidad de las plántulas de *E. hartwegiana*, en los cuatro meses evaluados. Esto debido a la naturaleza porosa y liviana del mantillo, que confiere buenas condiciones de humedad, aireación, y acceso a nutrientes.

En los sustratos en que se utilizaron compost y lombricompost, las plántulas presentaron amarillamiento foliar y desarrollo bastante lento, indicando deficiencia nutricional, que se atribuye a la disarmonía de la relación de bases intercambiables que restringe la captura del calcio, mientras que en el tratamiento que incluyó mantillo, no se evidenciaron tales síntomas, notándose un mejor desarrollo de plántulas, lo que sugiere la adaptabilidad a condiciones ácidas y la tolerancia al aluminio de *E. hartwegiana*.

El protocolo desarrollado facilita la germinación de semillas, crecimiento y sobrevivencia de frailejón (*E. hartwegiana*), recurriendo a sustratos tradicionales de uso recurrente en la región y de fácil obtención, cuyos resultados pueden ser útiles para la restauración, la protección y la conservación de los ecosistemas de páramo.

## 6. Recomendaciones

Utilizar mantillo de bosque + suelo como sustrato para la propagación del frailejón y continuar las investigaciones enfocadas a las proporciones de mezclas en sustratos, especialmente suelo + mantillo apuntando a superar a los resultados obtenidos.

Realizar la escarificación y pruebas del tetrazolio a las semillas para facilitar su germinación

Realizar actividades de repoblación en el páramo con frailejón *E. hartwegiana* y otras especies propias de dicho ecosistema. Aquellas zonas de pie de páramo, requieren exclusivamente de aislamiento y protección para lograr una regeneración natural.

Realizar estudios que abarquen otras especies vegetales del ecosistema de paramo con una visión integral para afinar las tácticas o estrategias de repoblación.

El Páramo de Barbillas es un ecosistema estratégico con un valor ambiental significativo, por tanto, se hace un llamado a las entidades ambientales a nivel municipal, regional y nacional, tales como instituciones de educación superior, Gobernación del Cauca y ministerios, para que en conjunto con la comunidad Yanacona implementen estrategias que permitan una mejor conservación del ecosistema.

## 7. Bibliografía

Acevedo, Ingrid C. y Pire, Reinaldo. (2004). *Efectos del Lombricompost como enmienda de un sustrato para el crecimiento del lechoso (Carica papaya L.)*. *Interciencia*, 29(5), 274-279. Recuperado en 22 de febrero de 2018, de: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S037818442004000500009&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037818442004000500009&lng=es&tlng=es).

Álvarez, S. J. y Naranjo G, E. 2003. *Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México*. Primera edición. Instituto de Ecología, A. C., Instituto de Biología y Facultad de Ciencias, UNAM. Xalapa. 288 p. Recuperado de: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=sibe01.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=028036>

Alloway, B. J., y Tills, A. R. (1984). *Copper deficiency in world crops*. *Outlook on agriculture*, 13(1), 32-42. Recuperado de: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/003072708401300105>

Araméndiz T, H., Cardona A, C. y Correa Ñ, E. (2013). *Efecto de diferentes sustratos en la calidad de plántulas de berenjena (Solanum melongena L.)*. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 7 (1) p. 55-612011-2173. Recuperado de: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=bac.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=065141>.

Araque B, E. J., Bohórquez Q, M. D. y Pacheco M, J. C. (2016). *Micropropagación of Espeletopsis rabanalensis* S. Díaz & Rodr.-Cabeza. *Biotecnología Aplicada*, 33(1), 1211-1217. Recuperado de: <http://www.medigraphic.com/pdfs/biotecapl/ba-2016/ba161b.pdf>

Avellaneda T, L Torres, E. y León, T. (2015). *Alternativas ante el conflicto entre autoridades ambientales y habitantes de áreas protegidas en páramos colombianos*. *Mundo Agrario*, 16(31). Recuperado de: <http://www.mundoagrario.unlp.edu.ar/article/view/MAv16n3>



- Ball, B. A., Hunter, M. D., Kominoski, J. S., Swan, C. M., & Bradford, M. A. (2008). *Consequences of non-random species loss for decomposition dynamics: experimental evidence for additive and non-additive effects*. *Journal of ecology*, 96(2), 303-313.
- Coleman D. C., Crossley D. A. y Hendrix P. F. 2004. *Fundamentals of soil ecology*. Segunda Edición. Elsevier Academic Press. San Diego. 205 p. Recuperado de: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2745.2007.01346.x>
- Ballester O, J. F. (1993). *Substratos para el cultivo de plantas ornamentales*. Recuperado de: [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1992\\_11.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1992_11.pdf)
- Barcelo, J., G. Nicolás, B. Sabater y R. Sanchez.1992. *Fisiología vegetal. Ciencia y técnica*. Madrid. Ediciones Pirámides. S.A. Recuperado de: [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Barcelo%2C+J.%2C+G.+Nicol%C3%A1s%2C+B.+Sabater+y+R.+Sanchez.1992.+Fisiolog%C3%ADa+vegetal.+Ciencia+y+t%C3%A9cnica.+Madrid.+Ediciones+Pir%C3%A1mides.+S.A.&btnG](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Barcelo%2C+J.%2C+G.+Nicol%C3%A1s%2C+B.+Sabater+y+R.+Sanchez.1992.+Fisiolog%C3%ADa+vegetal.+Ciencia+y+t%C3%A9cnica.+Madrid.+Ediciones+Pir%C3%A1mides.+S.A.&btnG)
- Baskin, C.C. y J.M. Baskin. (1998). *Seeds, Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy, and Germination*. *Vegetation* 152: 204. Begon. Recuperado de: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=vXfNCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=baskin+%26+baskin+1998&ots=qeITcGOxg&sig=OzWORlobQ82D9OnE11UOpQI3FHc#v=onepage&q=baskin%20%26%20baskin%201998&f=false>
- Bohórquez, M. A., Araque, E. J. y Pacheco, J. C. (2016). *Propagación in vitro de Espeletia paipana* S. Díaz y Pedraza, frailejón endémico en peligro de extinción. *Actualidades Biológicas*, 38(104), 23-36. Recuperado de: [http://matematicas.udea.edu.co/~actu/biol/actualidadesbiologicas/3MssRAB38\(104\)2016.pdf](http://matematicas.udea.edu.co/~actu/biol/actualidadesbiologicas/3MssRAB38(104)2016.pdf)
- Bueno O, M. y Sanchez B, M. F. (2011). *Efecto del sustrato en el desarrollo de girasol enano en maceta*. Recuperado de: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2316/miriam%20bueno%20olivera.pdf?sequence=1>

- Büttner R., Dellino P. y Zinranowski B. (1999). "*Identifying magma – water interaction from the surface features of ash particles*". *Nature*, Vol., 401, No. 6754, pp. 688-690. Recuperado de: <https://www.nature.com/articles/44364>
- Broadley, M., Brown, P., Cakmak, I., Rengel, Z., & Zhao, F. (2012). *Function of nutrients: micronutrients. In Marschner's mineral nutrition of higher plants* (pp. 191-248). Academic Press. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123849052000078>
- Cárdenas, M. F., Tobón, C., Rock, B. N., & del Valle, J. I. (2018). *Ecophysiology of frailejones (Espeletia spp.), and its contribution to the hydrological functioning of páramo ecosystems*. *Plant Ecology*, 219(2), 185-198. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11258-017-0787-x>
- Casierra P, F., Cárdenas H, J. F., y Roa, H. A. (2008). *Efecto del aluminio sobre la germinación de semillas de trigo (Triticum aestivum L.) y de maíz (Zea mayz)*. Recuperado de: L.). *Orinoquia*, 12(1) .<http://www.redalyc.org/html/896/89612105/>
- Castañeda, S. L., Garzón, Á. E., Cantillo, M. Á., Torres, M. P., y Silva, L. J. (2007). *Análisis de la respuesta de ocho especies nativas del bosque alto andino ante dos métodos de propagación*. *Colombia forestal*, 10(20), 79-90. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/4239/423939610004.pdf>
- Castillo, A. E., Quarín, S. H., y Iglesias, M. C. (2000). *Vermicompost chemical and physical characterization from raw and mixed organic wastes*. *Agricultura Técnica*, 60(1), 74-79. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Maria\\_Iglesias13/publication/27789150\\_Vermicompost\\_Chemical\\_and\\_Physical\\_Characterization\\_from\\_Raw\\_and\\_Mixed\\_Organic\\_Wastes/links/55393ade0cf226723aba153c/Vermicompost-Chemical-and-Physical-Characterization-from-Raw-and-Mixed-Organic-Wastes.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Maria_Iglesias13/publication/27789150_Vermicompost_Chemical_and_Physical_Characterization_from_Raw_and_Mixed_Organic_Wastes/links/55393ade0cf226723aba153c/Vermicompost-Chemical-and-Physical-Characterization-from-Raw-and-Mixed-Organic-Wastes.pdf)
- Cerón, J. I., & Burbano, N. C. (2009). *Formas de producción de las comunidades indígenas para responder a las demandas del mercado globalizado*. *Revista de Investigaciones UNAD*, 8(1), 185-200. Recuperado de: <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/revista-de-investigaciones-unad/article/view/628/1347>

Coleman, D. C., Callaham, M. A., y Crossley Jr, D. A. (2017). *Fundamentals of soil ecology*. Academic press. Recuperado de: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id =tgRQCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Fundamentals+of+soil+ecology.+&ots=OoIBj0OmEK&sig=PXEBlaTE0nsHFDroiWSM1h7HM40#v=onepage&q=Fundamentals%20of%20soil%20ecology.&f=false>

Congreso de Colombia. (27 Julio 2018). *Por medio de la cual se dictan disposiciones para la gestión integral de los páramos en Colombia*. Ley 1930.

Chilon, E. (2013). *El Compost altoandino como sustento de la Fertilidad del suelo frente al cambio climático*. *JOURNAL de CIENCIA y TECNOLOGIA AGRARIA*, 2, 456. Recuperado de: [http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S207214042013000100004&script=sci\\_arttext&lng=es](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S207214042013000100004&script=sci_arttext&lng=es)

Datnoff, L. E., Elmer, W. H., & Huber, D. M. (2007). *Mineral nutrition and plant disease*. American Phytopathological Society (APS Press). Recuperado de: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20083015989>

Defrieri, R. L., Jimenez, M. D. L. P., Efron, D., y Palma, M. (2005). *Utilización de parámetros químicos y microbiológicos como criterios de madurez durante el proceso de compostaje*. *Agriscientia*, 22(1), 25-31. Recuperado de: [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Utilizacion+de+par%C3%A1metros+qu%C3%ADmicos+y+microbiol%C3%B3gicos+como+criterios+de+madurez+durante+el+proceso+de+compostaje&btnG](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Utilizacion+de+par%C3%A1metros+qu%C3%ADmicos+y+microbiol%C3%B3gicos+como+criterios+de+madurez+durante+el+proceso+de+compostaje&btnG)

De Luca, N. (31, 05, 2010). *Características de las semillas, tratamientos pregerminativos, técnicas de recolección y almacenamiento*. Recuperado de: <https://cursoreforestacion.files.wordpress.com/2010/05/tecnicas-y-tratamientos-pregerminativos.pdf>

Dimas, N. R., Ríos, P. C., Viramontes, U. F., Gil, A. P., Chávez, E. F., Reyna, V. D. P. Á. y Reséndez, A. M. (2008). *Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz*

como sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(3), 265-272. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/610/61031310.pdf>

Duchaufour, P. (1984). *Abrégé de pédologie*. Recuperado de: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2015028336>

Enríquez Benavides, D. H. (2017). Evaluación de cuatro sustratos en la multiplicación de variedades de Menta (*Mentha piperita* y *Mentha spicata*) (Bachelor's thesis, El Angel: UTB, 2017). Recuperado de: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3193>

Evans, I., Solberg, E., y Huber, D. M. (2007). *Copper and plant disease. Mineral nutrition and plant disease*, 177-188. Recuperado de: [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Evans+y+solberg+2007&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Evans+y+solberg+2007&btnG=)

Fernández, M. T. (2007). *Fósforo: amigo o enemigo. ICIDCA. Sobre los derivados de la Caña de Azúcar*, 41(2). Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/2231/223114970009.pdf>

Figuroa, L. y Cárdenas, J. E. (2017). *Aspectos de la propagación sexual de espeletia grandiflora en un sector intervenido del Páramo de Chisacá (pnn Sumapaz, Colombia)* (Master's thesis), Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano). Recuperado de: <http://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/1747>

Forget, P.M., J.E. Lambert., P.E. Hulme y S.B. Van der Wall. 2005. *Seed Fate: Predation, Dispersal and seedling establishment*. CABI Publishing. USA. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ihR04gkBbqUC&oi=fnd&pg=PR13&dq=Seed+Fate:+Predation,+Dispersal+and+seedling+establishment.+CABI+Publishing.+USA&ots=Zaa36w2Vo6&sig=DRnnjMu4Di8yXQd0O4ufP4YDEE#v=onepage&q=Seed%20Fate%3A%20Predation%2C%20Dispersal%20and%20seedling%20establishment.%20CABI%20Publishing.%20USA&f=false>

Florez, V; Pedroza, J. (2006) *Germinación y dormancia de las semillas*. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Popayán. Universidad del Cauca.

- Gallego, A. M. (2014) *Oferta de semillas, germinabilidad y micrositios de establecimiento de Espeletia uribei* cuatrec. 1978. en el Parque Nacional Natural Chingaza–Cundinamarca (Tesis maestría), Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/47917/>
- Gallego, A. M. y Bonilla, M. A. (2016). *Caracterización de micrositios para el establecimiento de plántulas de Espeletia uribei (Asteraceae)*. Acta Biológica Colombiana, 21(2), 387. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v21n2.50164>
- García, R. G. (2014). *Sustrato para viveros*. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/raulgonzalogarciavargas/sustratos-para-viveros>
- Gerding, V., Grez, R., & Rondanelli, G. V. (1994). *Descomposición de corteza de árboles nativos para la formación de sustratos para el cultivo de plantas*. Bosque, 15(2), 11-18. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/profile/Victor\\_Gerding/publication/1277131711\\_Descomposicion\\_de\\_corteza\\_de\\_arboles\\_nativos\\_para\\_la\\_formacion\\_de\\_sustratos\\_para\\_el\\_cultivo\\_de plantas/links/55622abf08ae6f4dcc952ca3.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Victor_Gerding/publication/1277131711_Descomposicion_de_corteza_de_arboles_nativos_para_la_formacion_de_sustratos_para_el_cultivo_de plantas/links/55622abf08ae6f4dcc952ca3.pdf)
- Goldstein, L., Glas, F., Marzin, J. Y., Charasse, M. N., & Le Roux, G. (1985). *Growth by molecular beam epitaxy and characterization of InAs/GaAs strained-layer superlattices*. Applied Physics Letters, 47(10), 1099-1101. Recuperado de: [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Goldstein++1985&oq=Goldstein++1985](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Goldstein++1985&oq=Goldstein++1985)
- Gómez T, L., y Gómez C, M. Á. (2016). *El huerto familiar orgánico, diversificado y agroecológico: la experiencia del módulo jurásico en Chapingo, estado de México*. Handbook TI, 131. Recuperado de: [http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/64946/Handbook%20Prod\\_Comerc.pdf?sequence=1#page=140](http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/64946/Handbook%20Prod_Comerc.pdf?sequence=1#page=140)
- González, M., Orellana R., Martorell, A. M., Díaz, M., Cruz, A., Sosa, M. O., y Rodríguez, J. (2007). *Propiedades hidrofísicas del humus de lombriz para su uso como sustrato*. Revista Agrotecnia de Cuba, 31(1),4.[http://www.actaf.co.cu/revistas/agrotecnia\\_05\\_2008/agrot2007-1/Nutrici%F3n%20Vegetal/Nutricion%20Vegetal22.pdf](http://www.actaf.co.cu/revistas/agrotecnia_05_2008/agrot2007-1/Nutrici%F3n%20Vegetal/Nutricion%20Vegetal22.pdf)

- Guariguata, M., Azocar, A. (1988). Seed bank dynamics and germination ecology in *Espeletia timotensis* (Compositae), an Andean giant rosette. *BIOTROPICA* 20(1): 54- 59. Recuperado de: [http://www.udla.edu.co/revistas/index.php/ingenierias-y-amazonia/article/view/336/pdf\\_26](http://www.udla.edu.co/revistas/index.php/ingenierias-y-amazonia/article/view/336/pdf_26)
- Greenpeace, Colombia. (2009). *Cambio climático*. Recuperado de: <http://www.greenpeace.org/colombia/es/campanas/cambio-climatico/#tab,3>.
- Hartmann, H. T. y Kester, D. E. (1975). *Plant propagation: principles and practices*. Prentice-Hall. Recuperado de: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19750330690>
- Hashemimajd K, Kalbasi, M., Golchin, A., Shariatmandari, H. (2004) *Comparison of vermicompost and compost as potting media for growth of tomatoes*. *J. Plant Nutr.* 27:1107-1123. Recuperado de: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1081/PLN-120037538>
- Hättenschwiler, S., & Gasser, P. (2005). Soil animals alter plant litter diversity effects on decomposition. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(5), 1519-1524. Recuperado de: <https://www.pnas.org/content/102/5/1519.short>
- Hernández, S.L. (2012). *El frailejón un caballero con altura I y II. Recopilaciones de experiencias proyecto PÁRAMO andino*. Venezuela. Universidad de los Andes (ULA), Recuperado de: <https://documentslide.org/el-frailej-n-un-caballero-de-altura-0>
- Hofstede, R. (2001). *El impacto de las actividades humanas sobre el páramo. Los páramos del Ecuador. Particularidades, problemas y perspectivas*. Abya Yala/Proyecto Páramo, Quito, Ecuador, 161-185. Recuperado de: [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0,5&qsp=1&q=visi%C3%B3n+preliminar+p%C3%A1ramos+andinos](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0,5&qsp=1&q=visi%C3%B3n+preliminar+p%C3%A1ramos+andinos)
- Holdridge, L. R. (1987). *Ecología basada en zonas de vida* (No. 83). Agroamérica. Recuperado de: [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=holdridge+zonas+de+vida&oq=holdri](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=holdridge+zonas+de+vida&oq=holdri)

Hoyos, M.; Cogollo, A. y Villa, D. (2007). *Silvicultura Urbana para Medellín, Medellín, Fondo editorial Jardín Botánico de Medellín* Recuperado de: [https://www.medellin.gov.co/servicios/siamed\\_portal/siamed/documentos/Digital/Manual%20de%20Silvicultura%20urbana%20para%20Medell%C3%ADn%202007.pdf](https://www.medellin.gov.co/servicios/siamed_portal/siamed/documentos/Digital/Manual%20de%20Silvicultura%20urbana%20para%20Medell%C3%ADn%202007.pdf)

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) [Citado 22 junio 2018] Recuperado de: [documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005192/macizo/pdf/Capitulo5.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005192/macizo/pdf/Capitulo5.pdf)

Instituto Nacional Tecnológico Dirección General de Formación Profesional [INATEC], (2016). *Manual del Protagonista, Viveros y Semilleros. Revista Científica de FAREM-Esteli*, 5, 1-18. Recuperado de: [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&as\\_ylo=2014&q=inatec+2016&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&as_ylo=2014&q=inatec+2016&btnG=)

Jara, L F. (1996). *Biología de las semillas forestales. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza*. Turrialba (Costa Rica). Spa Danide Forest. Recuperado de: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=6dqzQnaVTsUC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Biolog%C3%ADa+de+las+semillas+forestales&ots=3DaHGBUSz6&sig=NDMgWijMVJwcbz0aWRj2X84J0o#v=onepage&q=Biolog%C3%ADa%20de%20las%20semillas%20forestales&f=false>

Jaramillo, D. F. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/>.

Jaramillo Vargas, A. M. (2014). *Modelos alométricos para estimar biomasa aérea del frailejón del páramo de Anaimé, Cajamarca, Tolima, Colombia*. Recuperado de: <http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/1175/1/RIUT-AAA-spa-2014%20Modelos%20alom%C3%A9tricos%20para%20estimar%20biomasa%20a%C3%A9rea%20del%20frailej%C3%B3n%20del%20p%C3%A1ramo%20de%20Anaim%C3%A9%20Cajamarca%20Tolima.pdf>

- Jiménez M, R., y Caballero R, M. (1990). *El cultivo industrial de plantas en maceta* (No. Sirsi) i9788497729000). Recuperado de: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/? IsisScript=SUV.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=001425>
- Jimenez R, D. I. (2017). *Complejo de páramos de Sotará, municipios de Santa Rosa y La Vega, Cauca, Colombia: reconocimiento en salida de campo delimitación de páramos*. Recuperado de: <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31268/13218PS.pdf?sequence=1>.
- Kyrkby, E., y Römheld, V. (2008). *Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorcion y movilidad*. Informaciones agronómicas, 68, 1-3. Recuperado de: <http://www.portalfruticola.com/assets/uploads/2016/12/MicronutrientesenlaFisiologia.pdf>
- Lizcano, A., Herrera, M. C., & Santamarina, J. C. (2006). *Suelos derivados de cenizas volcánicas en Colombia*. Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura, 155(6), 2. Recuperado de: [http://egel.kaust.edu.sa/Documents/Papers/Lizcano\\_2006a.pdf](http://egel.kaust.edu.sa/Documents/Papers/Lizcano_2006a.pdf)
- López M, J. D., Díaz E, A., Martínez R, E., & Valdez C, R. D. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Terra latinoamericana, 19(4). Recuperado de: <https://www.redalyc.org/html/573/57319401/>
- López, M. P. (2009). *Efecto del diplópodos Messicobolus sp. y la riqueza del mantillo sobre la descomposición en un bosque mesófilo de montaña en Chiapas, México*. Recuperado de: [https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/1878/1/1000000\\_477\\_92\\_documento.pdf](https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/1878/1/1000000_477_92_documento.pdf)
- Malagón, D.; Pulido, C., y Llinas, R. (1991). *Andisoles*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección de Agrología 3: 1, Bogotá, 118p. Recuperado de: [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=D+Malag%C3%B3n%2C+C+Pulido%2C+R+Llinas+andisoles&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=D+Malag%C3%B3n%2C+C+Pulido%2C+R+Llinas+andisoles&btnG=)



- Mavarez, M. (2013). *Los frailejones son especies importantes para la medicina y regulación hídrica*. Recuperado de: [www.diarioeltiempo.com.ve/V3\\_Secciones/index.php?id=47302013](http://www.diarioeltiempo.com.ve/V3_Secciones/index.php?id=47302013)
- Mendoza, A.L y J.E. Martinez, (2011). *Propagación, adaptación y crecimiento del frailejón Espeletia conglomerata en vivero*. (Tesis maestría). Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga. Santander. Recuperado de: <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/184>
- Moreno G, L. A. (2008). *Estrategias de reclutamiento de Espeletia grandiflora Humb. & Espeletia killipii Cuatrec. en el Parque Nacional Natural Chingaza*. (Tesis de maestría en Ciencias)-Línea ecología. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias.
- Moreno M, D., y Menchaca G, R. A. (2007). Efecto de los compuestos orgánicos en la propagación in vitro de Stanhopea tigrina Bateman (Orchidaceae). *Foresta veracruzana*, 9(2). Recuperado de: <https://www.redalyc.org/html/497/49790204/>
- Muñoz, R. (1984) *Análisis de suelos. Seminario de Actualización en Tecnología Agrícola*. 75. Recuperado de: [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/18386/43216\\_50990.pdf?sequence=1#page=76](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/18386/43216_50990.pdf?sequence=1#page=76)
- Muñoz Gómez, F. A., Otero Sarmiento, J. D. y Humberto Pérez, E. (2014). *Susceptibilidad a La Erosión Hidrica De Suelos en La Zona Andina Del Departamento Del Cauca Colombia*. *Journal of Research of the University of Quindío*, 26(1), 43–48. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=119959549&lang=es&site=eds-live>
- Ndegwa, P. M., Thompson, S. A., & Das, K. C. (2000). *Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids*. *Bioresource technology*, 71(1), 5-12. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852499000553>.

Niembro, R. A., y Fierro, G. A. (1990). *Factores ambientales que controlan la germinación de las semillas de pinos. Memoria mejoramiento genético y plantaciones forestales*. Chapingo: Centro de Genética Forestal, 124-44. Recuperado de [https:// scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Factores+ambientales+que+controlan+la+germinaci%C3%B3n+de+las+semillas+de+pinos&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Factores+ambientales+que+controlan+la+germinaci%C3%B3n+de+las+semillas+de+pinos&btnG=)

Noboa S, V. F. (2011). *Efecto de seis tipos de Sustratos y tres dosis de Ácido a Neftalenacético en la propagación vegetativo de Mortiño (Vaccinium floribundum Kunth)* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/713/1/33T0067.pdf>

Noir, F., y Ruiz, M. I. (1988). *Laboratorio de semillas forestales*. In 6. Congreso Forestal Argentino. Santiago del Estero (Argentina). 16-20 Ago 1988. (Vol. 2, pp. 475-478). Recuperado de <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=SAGYP.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=004384>

Ochoa, K. (1994). *Banco de semillas y aspectos ecofisiológicos de la germinación de Espeletia grandiflora HBK en el páramo el Granizo (Cundinamarca)* (Doctoral dissertation, Tesis de Grado. Universidad Javeriana. Bogotá. Colombia). Recuperado de: [https://scholar.google.es/scholar?as\\_vis=0&q=Banco+de+semillas+y+aspectos+ecofisiol%C3%B3gicos+de+la+germinaci%C3%B3n+de+Espeletia+grandiflora+HBK+en+el+par%C3%A1mo+el+Granizo+\(Cundinamarca\)&hl=es&as\\_sdt=0,5](https://scholar.google.es/scholar?as_vis=0&q=Banco+de+semillas+y+aspectos+ecofisiol%C3%B3gicos+de+la+germinaci%C3%B3n+de+Espeletia+grandiflora+HBK+en+el+par%C3%A1mo+el+Granizo+(Cundinamarca)&hl=es&as_sdt=0,5)

Orellana Gallego, R. y colaboradores (2006): Tecnología de manejo agrofísico de sustratos para plantas ornamentales en contenedores. Informe Final del Proyecto 2115 del PRCT de Plantas ornamentales como contribución al desarrollo económico – social – ambiental y cultural del pueblo cubano. INIFAT, Ministerio de la Agricultura, 42 pp.

Ortega N, S. M., y Barbosa, G. C. (2017). *La sabiduría de los mayores. Una propuesta de reivindicación del alimento ancestral: plantas olvidadas, semillas nativas y malezas–buenezas en el resguardo ancestral de Rioblanco-Cauca comunidad indígena Yanacona*. Recuperado de: <http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/1796/TE-20916.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pastor, J. 2000. Utilización de sustratos en viveros. Recuperado de: Terra 17(3): 231-235.

Pérez B, P., Ouro, G., Merino, A., y Macías, F. (1998). *Descomposición de materia orgánica, biomasa microbiana y emisión de CO<sub>2</sub> en un suelo forestal bajo diferentes manejos selvícolas*. Edafología, 5, 83-93. Recuperado de: <http://www.secs.com.es/data/Revista%20edafo/Volumen%205.%20Diciembre%201998.%20pag%2083-93.pdf>

Pérez, A., Céspedes, C., y Núñez, P. (2008). *Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana*. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(3), 10-29. Recuperado de: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-27912008000300002&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-27912008000300002&script=sci_arttext)

Pérez, H. (1994). *Producción de biofertilizantes con la cría de la lombriz roja californiana (Eisenia foetida), utilizando cuatro tipos de sustratos diferentes en condiciones semicontroladas*. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología*, 12, 88. Recuperado de: [https://scholar.google.es/scholar?cluster=12391084785337545783&hl=es&as\\_sdt=2005&scioldt=0,5](https://scholar.google.es/scholar?cluster=12391084785337545783&hl=es&as_sdt=2005&scioldt=0,5)

Pierini, V., Ratto, S., Avedissian, F., Zubillaga, M., & Arancio, J. (2010). *Propiedades físicas de un compost obtenido a partir de residuos de poda*. *Rev. Fac. Agron. UBA*, 30, 95-99. Recuperado de: <http://ri.agro.uba.ar/files/download/revista/facultadagronomia /2010/Pierini.pdf>

Pineda R, M. L. (2014) Principios de ecología. Bogotá. Colombia. Universidad ECCI

Piñuela, A., Guerra, Á., & Pérez-Sánchez, E. *Guía*. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/profile/Alvaro\\_Guerra5/publication/278679789\\_GUIA\\_PARA\\_EL\\_ESTABLECIMIENTO\\_Y\\_MANEJO\\_DE\\_VIVEROS\\_AGROFORESTALES/links/5583763e08ae8bf4ba6f9289/GUIA-PARA-EL-ESTABLECIMIENTO-Y-MANEJO-DE-VIVEROS-AGROFORESTALES.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alvaro_Guerra5/publication/278679789_GUIA_PARA_EL_ESTABLECIMIENTO_Y_MANEJO_DE_VIVEROS_AGROFORESTALES/links/5583763e08ae8bf4ba6f9289/GUIA-PARA-EL-ESTABLECIMIENTO-Y-MANEJO-DE-VIVEROS-AGROFORESTALES.pdf)

- Pire, R., y Pereira, A. (2014) *Evaluación de la estabilidad de las propiedades físicas de sustratos hortícolas de uso común en el estado Lara, Venezuela*. Recuperado de: [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=estabilidad+de+las+propiedades+fisica+de+los+sustratos+horticolas+de+uso+comun+&btnG=#d=gs\\_cit&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AxwqPPWqECqUJ%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D7%26hl%3Des](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=estabilidad+de+las+propiedades+fisica+de+los+sustratos+horticolas+de+uso+comun+&btnG=#d=gs_cit&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AxwqPPWqECqUJ%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D7%26hl%3Des)
- Rache, C. y Pacheco, M. (2009). *Micropropagation of Espeletopsis muiska (Cuatrecasas), frailejon'from Rancheria Natural Park-Boyaca, Colombia*. *Agronomía Colombiana*, 27(3), 349-358. Recuperado de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S012099652009000300008&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S012099652009000300008&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Rahimi, A., y Bussler, W. (1973). *The effect of copper deficiency on the tissue structure of higher plants*. *Z. Pflanzenernaehr. Bodenk*, 135, 183-95. Recuperado de: [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=rahimi+and+bussler+++1973&dq=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=rahimi+and+bussler+++1973&dq=)
- Ramírez C, A., y Rodríguez T, D. A. (2004). *Efecto de calidad de planta, exposición y micrositio en una plantación de Quercus rugosa*. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 10(1). Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/629/62910101.pdf>
- Ramírez P, B., Sánchez, A., Córdoba, J., Cerón M y Solarte, D. (2013) *Herbario universidad del Cauca. Colección Espeletia hartwegiana. 19 sep 2013. CAUP 0037090. 22733. Cauca. Popayán.*
- Ramón, P. B., Iñiguez, V., Crespo, P., Cisneros, P., & Cisneros, F. *Características fisicoquímicas de histosoles y andosoles de los páramos de Quimsacocha, Ecuador*. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/profile/Felipe\\_Cisneros/publication/265529530\\_caracteristicas\\_fisico\\_quimicas\\_de\\_histosoles\\_y\\_andosoles\\_de\\_los\\_paramos\\_de\\_quimsacocha\\_ecuador/links/54b1542d0cf220c63ccf9720.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Felipe_Cisneros/publication/265529530_caracteristicas_fisico_quimicas_de_histosoles_y_andosoles_de_los_paramos_de_quimsacocha_ecuador/links/54b1542d0cf220c63ccf9720.pdf)
- Riveros, R., L, D. (2016). *Evaluación a la efectividad de sustratos en el desarrollo vegetativo de cinco especies arbóreas nativas de la inspección de san francisco*. Recuperado de: <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/6171>

- Rojas Z, Ó. A. (2013). *Reubicación de plantas para el enriquecimiento con especies nativas en la restauración ecológica de áreas potrerizadas de páramo* (Parque Nacional Natural Chingaza, Colombia) (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/10681/>.
- Ron M, M. L. (2011). *Evaluación de efectividad de la zona de amortiguamiento en la reserva ecológica el Ángel utilizando la sobrevivencia y crecimiento de frailejón (Espeletia pichophylla Cuatrec) como bioindicador* (Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2011.). Recuperado de: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/2292>.
- Sáez, P., y Narciso, J. (1999). *Utilización de sustratos en viveros*. Terra Latinoamericana, 17(3). Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/573/57317307.pdf>
- Sánchez E, J. A. y Rubiano S, Y. (2015). *Procesos Específicos De Formación en Andisoles, Alfisoles Y Ultisoles en Colombia*. Revista EIA, E85–E97. Recuperado de: <https://doi.org/10.14508/reia.2015.11.E2.85-97>
- Sendoya, S. F., y Bonilla, M. A. (2005). 12. *La necromasa de Espeletia grandiflora como habitat para la artropofauna del páramo. Estrategias adaptativas de plantas del páramo y del bosque altoandino en la cordillera oriental de Colombia*, 197. Recuperado de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=9pLQ1Q8O1\\_kC&oi=fnd&pg=PA197&dq=Sendoya+%26+Bonilla,+2005&ots=aSK85Wdm13&sig=ac8C8T1sK7t3KgtLiFdJnJOcBg#v=onepage&q=Sendoya%20%26%20Bonilla%2C%202005&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=9pLQ1Q8O1_kC&oi=fnd&pg=PA197&dq=Sendoya+%26+Bonilla,+2005&ots=aSK85Wdm13&sig=ac8C8T1sK7t3KgtLiFdJnJOcBg#v=onepage&q=Sendoya%20%26%20Bonilla%2C%202005&f=false)
- Silva, j. A. P., y Murillo, j. L. T. (2007). *Avances en el estudio de la germinación y almacenamiento de las semillas y manejo de plantas en vivero de ocho especies de palmas en la jurisdicción de corantioquia*. Recuperado de: [http://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/FLORA/AIRNR\\_CN\\_7347\\_2007.pdf](http://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/FLORA/AIRNR_CN_7347_2007.pdf)
- Simpson, R.L., M. Allesio y V.T. Parker. (1989). *Seed banks: General concepts and methodological issues*. En: *Ecology of soil seed banks*. Academic Press INC San

Diego. New York. Singh, H.P., R.K. Kohli y D.R. Batish. Recuperado de: <http://ci.nii.ac.jp/naid/10010257415/>

Schmidt, L. (2000). *Guide to handling of tropical and subtropical forest seed* (p. 511). Humlebaek: Danida Forest Seed Centre. Recuperado de [https://research.ku.dk/search/?pure=en/publications/guide-to-handling-of-tropical-and-subtropical-forest-seed\(04448600-8813-11df-928f-000ea68e967b\).html](https://research.ku.dk/search/?pure=en/publications/guide-to-handling-of-tropical-and-subtropical-forest-seed(04448600-8813-11df-928f-000ea68e967b).html)

Smith, J. L., Paul, E. A., Bollag, J. y Stotzky, G. (1990). The significance of soil microbial biomass estimations. *Soil biochemistry*. Vol. 6, 357-396. Recuperado de: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=QRwuDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT307&dq=The+determination+of+microbial+biomass+paul&ots=LTEQVasC2c&sig=CILwvjvVM\\_Y\\_THC3Rf7ZfskE5Xoc#v=onepage&q=The%20determination%20of%20microbial%20biomass%20paul&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=QRwuDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT307&dq=The+determination+of+microbial+biomass+paul&ots=LTEQVasC2c&sig=CILwvjvVM_Y_THC3Rf7ZfskE5Xoc#v=onepage&q=The%20determination%20of%20microbial%20biomass%20paul&f=false)

Sobrero, M. C., & Ronco, A. (2004). *Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga (Lactuca sativa L.). Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas*. IDRC/IMTA. Canadá, Capítulo, 4, 71-79. Recuperado de: <https://micrositios.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/573/cap4.pdf>

Soliva, M., y López, M. (2004). *Calidad del compost: Influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso. En Formación de técnicos para el tratamiento y gestión de lodos de depuradora*. Recuperado de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38969255/calidad\\_compost.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1548888296&Signature=2bDnde%2FNfjNHeEwch%2FBfIYTXH%2F8%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DCalidad\\_compost.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38969255/calidad_compost.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1548888296&Signature=2bDnde%2FNfjNHeEwch%2FBfIYTXH%2F8%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DCalidad_compost.pdf)

Suárez, D y L.M. Melgarejo. (2010). *Biología y germinación de semillas. Laboratorio de fisiología y bioquímica vegetal*. (Tesis maestría). Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia. Recuperado de: [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=suarez+y+melgarejo+2010&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=suarez+y+melgarejo+2010&btnG=)

- Suárez Duque, D. (2008). *Formación de un corredor de hábitat de un bosque montano alto en un mosaico de páramo en el norte del Ecuador*. *Ecología Aplicada*, 7(1-2), 9-15. Recuperado de: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162008000100002](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162008000100002)
- Suarez P. M., Moreno A. J., y Campos M. A. (2014). *Mantillo del Bosque*. *Ciencia y desarrollo*. Artículos en línea. Recuperado de: <http://www.cyd.conacyt.gob.mx/270/articulos/mantillo-del-bosque.html>
- Shober, A. L., & Sims, J. T. (2003). *Phosphorus restrictions for land application of biosolids*. *Journal of Environmental Quality*, 32(6), 1955-1964. Recuperado de: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/jeq/abstracts/32/6/1955>
- Shoji, S. (2002). *Estudio físico de suelos de dos sitios para determinar la factibilidad del establecimiento de Caoba (Swietenia humilis Zucc.) y Teca (Tectona grandis Lf) (Bachelor's thesis, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2014.)* Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11036/2287>
- Toledo, V. M. (2002). *Ethnoecology: a conceptual framework for study of indigenous knowledge of nature*. In: J.R. Stepp et al. (Eds), *Etnobiology biocultural diversity*. International Society of Etnobiology, Georgia, USA:511-522.
- Urrestarazu, M., Salas, M. C., Padilla, M. I., Moreno, J., Elorrieta, M. A., & Carrasco, G. A. (2001). *Evaluation of different composts from horticultural crop residues and their uses in greenhouse soilless cropping*. *Acta horticultrae*. Recuperado de: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300973859>
- Valencia, M. L. C. de y Ramírez, F. (1993). *Notas sobre la morfología, anatomía y germinación del Agraz (Vaccinium meridionale Swartz.)*. *Agronomía Colombiana*, 10(2), 151-159. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/21275>
- Vanegas, M. V. (2001). *Estructura poblacional y fenología de Espeletia argentea H. & B. en campos cultivados del páramo de Cruz Verde (Cundinamarca, Colombia)* (Tesis de

posgrado. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia). Recuperado de: [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Estructura+poblacional+y+fenolog%C3%ADa+de+Espeletia+argentea+H.+%26+B.+en+campos+cultivados+del+p%C3%A1ramo+de+Cruz+Verde+%28Cundinamarca%2C+Colombia%29&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Estructura+poblacional+y+fenolog%C3%ADa+de+Espeletia+argentea+H.+%26+B.+en+campos+cultivados+del+p%C3%A1ramo+de+Cruz+Verde+%28Cundinamarca%2C+Colombia%29&btnG=).

Valencia, M. H. F., y Carvajal, L. N. V. (2011) *Thul Nasa: huerto casero tradicional, modelo de desarrollo alternativo en el resguardo indígena de yaquivá*. Recuperado de: <http://www.sustentabilidades.usach.cl/sites/sustentable/files/paginas/06-03.pdf>

Vargas C, O. L. (2017). *Distribución Altitudinal, Papel en los Ecosistemas y Amenazas de las Poblaciones del Género Espeletia (Asteraceae) en Colombia*. Recuperado de: <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/5453>.

Varnero, M. T., Rojas, C., y Orellana, R. (2007). *Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje*. Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal, 7(1), 28-37. Recuperado: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S071827912007000100003&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S071827912007000100003&script=sci_arttext&tlng=pt)

Vásconez, P. M., y Hofstede, R. (2006). *Los páramos ecuatorianos. Botánica económica de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. Recuperado de: <http://www.beisa.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2006.pdf>.

Vásquez, C. (1997). *La reproducción de las plantas: semillas y meristemos. Semillas*. Recuperado de: [bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/lcpt157.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/lcpt157.htm)

Vázquez, C. y Orozco, A. (1990). *Seed dormancy in the tropical rain forest. Reproductive ecology of tropical forest plants*. Recuperado de: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=tHFay3R190QC&oi=fnd&pg=PA247&dq=Seed+dormancy+in+the+tropical+rain+forest&ots=6CYmasmV8F&sig=FnlwfaOhMrDhkYnou7DgvOACuY#v=onepage&q=Seed%20dormancy%20in%20the%20tropical%20rain%20forest&f=false>



- Velasco S, V. M. (2018). *Biología Reproductiva De Una Población Espeletia Curialensis Var Exigua Rodr-Cabeza & S Díaz*,(Cordillera Oriental, Colombia). Recuperado de: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/7699/1/Final%20publicable1.pdf>.
- Verweij, P. A. y Kok, K. (1992). *Effects of fire and grazing on Espeletia hartwegiana populations*. Páramo. An Andean ecosystem under human influence. Academic, London, England, 215-229. Recuperado de :<http://www.condesan.org/mtnforum/sites/default/files/publication/files/1200.pdf>
- Wild, A. y Russel, E. 2000 *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas*. Madrid: Munndi Prensa Libros,. p. 95-135
- Wohletz, K., y Krinsley, D. (1982). *Scanning electron microscopy of basaltic hydromagmatic ash*. Los Alamos Scientific Laboratory. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0377027383900616>
- Yruela, I. (2009). *Copper in plants: acquisition, transport and interactions*. *Functional Plant Biology*, 36(5), 409-430. Recuperado de: <http://www.publish.csiro.au/fp/fp08288>
- Zambrano, J. S. y Bonilla, M. A. (2006). *Evaluación de la reproducción sexual de Espeletia grandiflora VAR. Multiflora en la Reserva Forestal Municipal de Cogua* (Cundinamarca, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 11(1), 146. Recuperado de: <https://search.proquest.com/openview/212f535ccca5ba1f1bafd92f9cfa54f3/1?pqorigsite=gscholar&cbl=2035750>
- Zonn, S. V. (1986). *Tropical and subtropical soil science*. Tropical and subtropical soil science. Mr publishers; Moscow. 423 pag. Recuperado de: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19881924657>

# 8. Anexos

## 8.1 Caracterización química de los sustratos



**Gobernación del Cauca**  
Secretaría de Agricultura  
y Desarrollo Rural

Nombre: Nestor Tintinago Majin  
Finca: Pancitara  
Tel / Fax:  
Vereda: La Vega  
Municipio: La Vega  
Dpto: 10. Cauca

DD MM AA  
Fecha entrada : 20 11 2017  
Fecha salida : 16 12 2017  
Material : Suelo  
Tipo de análisis : COMPLETO



T 1

RESULTADOS DEL ANALISIS																						
N° Muestra	Codigo Lab.	Prof. (cm)	pH 1:2,5	N-total	M.O			P (ppm)	Sat Al (%)	Al (%)	Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	K (meq/100g)	Na (meq/100g)	ClCe	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Co	Mo
					0-1000	1000-2000	2000-3000															
2	42563	0,2	5,52	0,48	9,56		35,3	0,00		3,50	0,40	0,87	0,40		5,17	0,34	0,3	4,0	4,6	1,3	0,3	0,4

**CONSULTE AL AGRONOMO DE ASISTENCIA TECNICA PARA SELECCIONAR LOS FERTILIZANTES, METODOS Y EPOCAS DE APLICACION**

Interpretación de los resultados: A. Contenido "sulfonil" a alto más no excesivo. B. Contenido "sulfonil" a adecuado. C. Contenido "sulfonil" a adecuado. D. Contenido "sulfonil" a adecuado. E. Valor muy alto "Sulfonil" que puede ser perjudicial. F. Contenido bajo o "muy bajo". Para pH: A. Alcalino B. Neutro C. Ligera acidez D. Moderadamente ácido. E. Fuertemente ácido. F. Muy ácido. Para M.O: A. Alto B. Medio B. Bajo

N° Muestra: 2	Cod. Lab.: 42563	Cultivo: Suelo	TEXTURA: G4 Franco Arenoso EVIDENCIA DE CENIZAS VOLCANICAS: SI T = TRAZAS
---------------	------------------	----------------	---

**RECOMENDACION**

El análisis efectuado a este suelo está indicando que su pH se encuentra dentro del rango moderadamente ácido lo que demuestra que este grado de acidez por el momento no está incidiendo en la disponibilidad de los nutrientes nativos o los agregados.  
El Fosforo se encuentra ligeramente por encima del nivel normal pero este suelo responde a la aplicación de una baja fertilización a base de elementos.  
El Calcio su concentración está dentro del concepto normal. El Magnesio está por debajo de su nivel normal.  
El Potasio se puede calificar como alto, por lo anterior no amerita la adición al suelo de este elemento.  
El Sodio su nivel es normal y no presenta dificultad para el cultivo.  
En lo relacionado con elementos menores todos están por debajo de los niveles normales.  
No hay presencia de Carbonatos de Calcio CaCO<sub>3</sub>.

**RECOMENDACION FERTILIZACION**  
Nutrientes paros en Kg/ha/Año

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO

**Metodos de Analisis**

Atenciones: ED: RIC M.O. Walsby & Bick.  
F. Bep S.  
Ca, Mg, K y Na: ANONAL 90 pH T.  
Cu, Fe, Zn, Mn: Doble Acido.  
B: Absorcion Atomica via Absorcion.

Consulte con su Ing. Agrónomo Asesor.  
Carrera 6 calle 22N Obras Publicas Departamentales. Tel: Laboratorio (2)8237893 Telefax SADR (2)8231043  
E-mail: lab.sueloscauca@hotmail.com



ve Se

Análisis: Ricardo Benítez - Viviana Muñoz  
Elaboró: Henry Sánchez  
Revisó: Ing. Hernando Sánchez Escobar



**Gobernación del Cauca**  
Secretaría de Agricultura  
y Desarrollo Rural

Nombre: Nestor Tintinago Majin  
Finca: Pancitara  
Tel / Fax:  
Vereda: La Vega  
Municipio: La Vega  
Dpto: 10. Cauca

DD MM AA  
Fecha entrada : 20 11 2017  
Fecha salida : 16 12 2017  
Material : Suelo  
Tipo de análisis : COMPLETO



T 2

RESULTADOS DEL ANALISIS																						
N° Muestra	Codigo Lab.	Prof. (cm)	pH 1:2,5	N-total	M.O			P (ppm)	Sat Al (%)	Al (%)	Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	K (meq/100g)	Na (meq/100g)	ClCe	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Co	Mo
					0-1000	1000-2000	2000-3000															
3	42564	0,2	6,55	0,57	11,30		221,0	0,00		11,70	6,41	65,77	0,63	104,51	0,29	0,2	3,2	19,9	9,9	0,6	0,4	

**CONSULTE AL AGRONOMO DE ASISTENCIA TECNICA PARA SELECCIONAR LOS FERTILIZANTES, METODOS Y EPOCAS DE APLICACION**

Interpretación de los resultados: A. Contenido "sulfonil" a alto más no excesivo. B. Contenido "sulfonil" a adecuado. C. Contenido "sulfonil" a adecuado. D. Contenido "sulfonil" a adecuado. E. Valor muy alto "Sulfonil" que puede ser perjudicial. F. Contenido bajo o "muy bajo". Para pH: A. Alcalino B. Neutro C. Ligera acidez D. Moderadamente ácido. E. Fuertemente ácido. F. Muy ácido. Para M.O: A. Alto B. Medio B. Bajo

N° Muestra: 3	Cod. Lab.: 42564	Cultivo: Suelo + lombrí compost	TEXTURA: G4 Franco Arenoso EVIDENCIA DE CENIZAS VOLCANICAS: SI T = TRAZAS
---------------	------------------	---------------------------------	---

**RECOMENDACION**

Esta mezcla suelo lombricompost analizada sus componentes están demostrando que sus concentraciones (elementos mayores) están en muy buena disponibilidad físico química para ser utilizado como suplemento nutricional para el sistema radicular de las plantas.  
En lo relacionado con elementos menores todos los analizados menos el Zinc cuya concentración se califica como alto están por debajo de los niveles normales.  
La muestra indica un muy buen pH.  
No hay presencia de Carbonatos de Calcio CaCO<sub>3</sub>.

**RECOMENDACION FERTILIZACION**  
Nutrientes paros en Kg/ha/Año

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO

**Metodos de Analisis**



Atenciones: ED: RIC M.O. Walsby & Bick.  
F. Bep S.  
Ca, Mg, K y Na: ANONAL 90 pH T.  
Cu, Fe, Zn, Mn: Doble Acido.  
B: Absorcion Atomica via Absorcion.

Consulte con su Ing. Agrónomo Asesor.  
Carrera 6 calle 22N Obras Publicas Departamentales. Tel: Laboratorio (2)8237893 Telefax SADR (2)8231043  
E-mail: lab.sueloscauca@hotmail.com



ve Se

Análisis: Ricardo Benítez - Viviana Muñoz  
Elaboró: Henry Sánchez  
Revisó: Ing. Hernando Sánchez Escobar

 <b>Gobernación del Cauca</b> Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural		Nombre: Nestor Tintinago Majin Finca: Pancitara Tel / Fax: Vereda: Municipio: La Vega Dpto: 10. Cauca		DD MM AA Fecha entrada : 20 11 2017 Fecha salida : 15 12 2017 Material : Suelo Tipo de análisis : COMPLETO																		
		T 3																				
RESULTADOS DEL ANALISIS																						
Nº Muestra	Codigo Lab.	Prof. (cm)	pH 1:2,5	N-total	M.O			P (ppm)	Sat Al (%)	Al	Ca	Mg	K	Na	ClCa	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Co	Mo
					0-1000	1000-2000	2000-3000															
1	42862	0,2	6,58	0,64	12,35		293,6	0,00		11,75	5,80	7,83	0,62	26,00	0,46	0,4	3,6	19,0	10,6	0,8	0,8	
										A	A	A	E	C	A	F	F	B	A	C	C	

**CONSULTE AL AGRONOMO DE ASISTENCIA TECNICA PARA SELECCIONAR LOS FERTILIZANTES, METODOS Y EPOCAS DE APLICACION**

Interpretación de los resultados: A. Contenido "abundante" o alto más no excesivo. B. Contenido "nutritivo" o adecuado. C. Contenido "moderado" o adecuado. D. Contenido "bajo" o deficiente. E. Valor muy alto "Excesivo" que puede ser perjudicial. F. Contenido inferior a "muy ácido".

Para pH: A. Alcalino. B. Neutro. C. Ligeramente ácido. D. Moderadamente ácido. E. Fuertemente ácido. F. Muy ácido. Para M.O: A. Alto. B. Medio. C. Bajo.

**TEXTURA:** DE Franco Arenosa  
**EVIDENCIA DE CENIZAS VOLCANICAS:** SI  
**T = TRAZAS**

**RECOMENDACION**  
 El material analizado y que representa esta muestra esta demostrando que el pH es optimo, el Fosforo, el Calcio, el magnesio se encuentran en niveles altos, el Potasio esta en concentración muy Alto y esta ya siendo un elemento que puede ser perjudicial para algunos cultivos, obstaculizando la disponibilidad de algunos nutrientes nativos o los agregados.  
 Es importante tener en cuenta que NO se debe agregar estos elementos a este material si se utiliza para siembra directa sobre él.  
 En cuanto a elementos menores sería de gran ayuda la aplicación de soluciones temporales que contenga estos elementos.  
 No hay presencia de Carbonatos de Calcio.  
 No hay presencia de Carbonatos de Calcio CaCO3.



**RECOMENDACION FERTILIZACION**  
 Nutrientes puros en Kg/ha/Año

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO

**Metodos de Analisis**  
 Análisis elemental: KCl 1M, M.O: Walkley & Black, P: Bray II, Ca, Mg, K y Na: AcOH 1N pH=7, Cu, Fe, Zn, Mn: Doble Acido, B: Absorcion Atómica y/o AAS.

Consulte con su Ing. Agrónomo Asesor.  
 Carrera 8 calle 22N Obras Publicas Departamentales. Tel. Laboratorio (2)6237993 Telefax SADR (2)8231043  
 E-mail: labueloscauca@hotmail.com

Análisis: Ricardo Bonilla - Viviana Muñoz  
 Elaboró: Henry Sánchez  
 Revisó: Ing. Hernando Sánchez Escobar

 <b>Gobernación del Cauca</b> Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural		Nombre: Nestor Tintinago Majin Finca: Pancitara Tel / Fax: Vereda: Municipio: La Vega Dpto: 10. Cauca		DD MM AA Fecha entrada : 20 11 2017 Fecha salida : 15 12 2017 Material : Suelo Tipo de análisis : COMPLETO																		
		T 4																				
RESULTADOS DEL ANALISIS																						
Nº Muestra	Codigo Lab.	Prof. (cm)	pH 1:2,5	N-total	M.O			P (ppm)	Sat Al (%)	Al	Ca	Mg	K	Na	ClCa	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Co	Mo
					0-1000	1000-2000	2000-3000															
4	42865	0,2	4,01	0,76	15,13		46,3	34,78	2,00	1,50	1,20	0,77	0,28	3,75	0,31	0,6	8,0	30,7	4,2	T	T	
										F	D	A	F	F	B	D	D	A	F	F	F	

**CONSULTE AL AGRONOMO DE ASISTENCIA TECNICA PARA SELECCIONAR LOS FERTILIZANTES, METODOS Y EPOCAS DE APLICACION**

Interpretación de los resultados: A. Contenido "abundante" o alto más no excesivo. B. Contenido "nutritivo" o adecuado. C. Contenido "moderado" o adecuado. D. Contenido "bajo" o deficiente. E. Valor muy alto "Excesivo" que puede ser perjudicial. F. Contenido inferior a "muy ácido".

Para pH: A. Alcalino. B. Neutro. C. Ligeramente ácido. D. Moderadamente ácido. E. Fuertemente ácido. F. Muy ácido. Para M.O: A. Alto. B. Medio. C. Bajo.

**TEXTURA:** DE Franco Arenosa  
**EVIDENCIA DE CENIZAS VOLCANICAS:** SI  
**T = TRAZAS**

**RECOMENDACION**  
 Esta mezcla esta indicando un pH muy ácido lo que limita la disponibilidad de los elementos analizados y reportados en este análisis.  
 En cuanto a elementos menores solo el Manganeso y el Zinc sus concentraciones son altas los restantes se califican como bajos y su aporte hacia el sistema radicular de las plantas es poca.  
 La Materia Orgánica es alta pero la influencia de tan alta acidez NO permite una buena mineralización y por lo anterior pobre aporte de nutrientes al suelo y por ende a las plantas.

**RECOMENDACION FERTILIZACION**  
 Nutrientes puros en Kg/ha/Año

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO

**Metodos de Analisis**  
 Análisis elemental: KCl 1M, M.O: Walkley & Black, P: Bray II, Ca, Mg, K y Na: AcOH 1N pH=7, Cu, Fe, Zn, Mn: Doble Acido, B: Absorcion Atómica y/o AAS.

Consulte con su Ing. Agrónomo Asesor.  
 Carrera 8 calle 22N Obras Publicas Departamentales. Tel. Laboratorio (2)6237993 Telefax SADR (2)8231043  
 E-mail: labueloscauca@hotmail.com

Análisis: Ricardo Bonilla - Viviana Muñoz  
 Elaboró: Henry Sánchez  
 Revisó: Ing. Hernando Sánchez Escobar