



**UDEEC**  
UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA  
-FUSAGASUGA-

21.1

Fusagasugá, 7 de Mayo de 2018


Doctor  
**Repositorio**  
Universidad de Cundinamarca  
Ciudad Fusagasugá

Reciban de antemano un respetuoso y cordial saludo

La presente tienen como fin comunicar que la información contenida en el documento de trabajo de grado el cual tiene como título **comportamiento germinativo y tolerancia a la desecación de semillas de *Espeletopsis corymbosa* en condiciones de laboratorio**, trabajo realizado por el estudiante Walter Ramirez Cabrera identificado con Cedula de Ciudadanía 1012404544 es considerada de tipo confidencial y de carácter restringida para su divulgación, debido a que esta hace parte del marco de inversión 1121 del Jardín Botánico del Bogotá entidad participante del proyecto.

Agradeciendo su atención,

Atentamente,


  
BIBIANA DEL PILAR ROYERO BENAVIDES  
Directora programa ingeniería agronómica

Transcriptor: Walter Ramirez Cabrera

12.1.16.1

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 7 de 8</b>



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



**Nota:**

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. TRABAJO GRADO2018.pdf	Texto
2.	
3.	
4.	


En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafa)
Ramirez Cabrera Walter	<i>walter Ramirez Cabrera</i>

12.1.50

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 1 de 8</b>

26.

<b>FECHA</b>	lunes, 7 de mayo de 2018
--------------	--------------------------

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA  
 Ciudad


<b>UNIDAD REGIONAL</b>	Sede Fusagasugá
<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	Trabajo De Grado
<b>FACULTAD</b>	Ciencias Agropecuarias
<b>NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO</b>	Pregrado
<b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>	Ingeniería Agronómica

El Autor(Es):

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b>
Ramirez Cabrera	Walter	1012404544

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 2 de 8</b>

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>
Ariza Castillo	Cesar Alfonso
Suarez Ballesteros	Carlos Iván

<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>
<b>COMPORTAMIENTO GERMINATIVO Y TOLERANCIA A LA DESECACIÓN DE SEMILLAS DE <i>ESPELETIOPSIS CORYMBOSA</i> EN CONDICIONES DE LABORATORIO.</b>

<b>SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)</b>

<b>TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía</b>
INGENIERIO AGRONOMO

<b>AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO</b>	<b>NÚMERO DE PÁGINAS</b>
07/05/2018	44

<b>DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)</b>	
<b>ESPAÑOL</b>	<b>INGLÉS</b>
1. Germinación de semillas	seed germination
2. Semillas de plantas	Plant seed
3. Tolerancia a la desecación	dewatering tolerance
4. Giberelinas	giberelic
5. Viabilidad de semillas	seed viability
6.	

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
NIT: 890.680.062-2

Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 3 de 8</b>

### RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

Se evaluó la capacidad germinativa y la tolerancia a la desecación de semillas de *Espeletopsis corymbosa* en condiciones de laboratorio, en el cual se mantuvieron semillas en cajas de Petri con papel filtro humedecido e introducidas en incubadora a  $\pm 20^{\circ}\text{C}$  y 12 horas luz durante un periodo de 121 días y 70 días. Para el estudio se utilizaron semillas de dos colectas realizadas en el páramo de Guacheneque (Villa Pinzón Cundinamarca) el 13 de junio de 2016 y 18 de septiembre de 2017. Para lograr esto se describió la morfología de las semillas por medio 10 descriptores y 28 cualidades, determinando que son semillas pequeñas, de bajo peso, con ausencia de estructuras de dispersión y endospermo; se evaluó la capacidad de germinación de las semillas bajo un diseño experimental factorial en el cual se contemplaron cuatro tratamientos pre germinativos mediante imbibición en ácido giberélico (GA3) a diferentes concentraciones, durante 24 horas: w2=200mg GA3, w3=300mg GA3, W4=400mg GA3, W0= inmerso en agua (factor 1) y dos contenidos de humedad % INICIAL y 5% (factor dos); cada tratamiento contó con cuatro réplicas de 50 semillas cada uno. La variable germinación estadísticamente indico que solo el tratamiento de 200mg de GA3 con un contenido de humedad inicial para cada una de las colectas presento una germinación significativa (p valor 0,0134 primer colecta) y (p valor 0,0065 segunda colecta), comparada con los demás tratamientos, donde la primera colecta alcanzo un 6% de germinación y la segunda, un 13,5%. Con la intención de determinar el porcentaje de semillas viables se realizó la prueba de viabilidad por tetrazolio evaluando dos contenidos de humedad, prueba que permitió identificar que semillas de la segunda colecta presentan mayor viabilidad de sus embriones (67%CHi Y 62,5%CH5%) comparado con semillas de la primera colecta (44%CHi Y 32,5CH5%), además se identificó que las semillas de la especie son semillas de tipo ortodoxas, debido a que no se presentó estadísticamente una diferencia entre contenidos de humedad (p valor 0,0841 primer colecta) (p valor 0,0701 segunda colecta). Los datos de germinación fueron comparados con los resultados de la prueba de tetrazolio, con el fin de entender la baja germinación que se presentó, comparación que permitió inferir que las semillas de la especie presentan una posible dormancia fisiológica, la cual pudo ser de tipo profunda en semillas sometidas a eventos de deshidratación. Conocido esto, se determinó que las semillas de la especie son tolerantes a la desecación y posiblemente son aptas para conservación *ex situ*.

Esta investigación aportó información relacionada con procesos de conservación *ex situ* de *Espeletopsis corymbosa*, específicamente a comportamiento germinativo y tolerancia a la desecación de la especie, la cual es una especie relevante para los páramos localizados en Cundinamarca.



	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 4 de 8</b>

### AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:  
Marque con una "X":

<b>AUTORIZO (AUTORIZAMOS)</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos)



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 5 de 8</b>

el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

**NOTA:** (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

**Información Confidencial:**

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

**SI  NO .**

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

**LICENCIA DE PUBLICACIÓN**

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:


Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
NIT: 890.680.062-2



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 6 de 8</b>

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).
- b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.
- c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) El(Los) Autor(es), garantizo (amos) que el documento en cuestión, es producto de mi (nuestra) plena autoría, de mi (nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy (somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.
- e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”
- i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 7 de 8</b>



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



**Nota:**

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

<b>Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)</b>	<b>Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)</b>
1. TRABAJO GRADO2018.pdf	Texto
2.	
3.	
4.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

<b>APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>FIRMA (autógrafa)</b>
Ramirez Cabrera Walter	

12.1.50



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 8 de 8</b>

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)  
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

**Comportamiento germinativo y tolerancia a la desecación de semillas de *Espeletiopsis corymbosa* en condiciones de laboratorio.**

Realizado por  
RAMIREZ CABRERA WALTER

Opción de grado para optar por el título de  
INGENIERO AGRÓNOMO

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
CIENCIAS AGROPECUARIAS  
INGENIERIA AGRONOMICA

Fusagasugá

2018

**Comportamiento germinativo y tolerancia a la desecación de semillas de *Espeletiopsis corymbosa* en condiciones de laboratorio.**

Realizado por

RAMIREZ CABRERA WALTER

Director

CESAR ALFONSO ARIZA CASTILLO

Ingeniero agrónomo- Docente Universidad de Cundinamarca.

Codirector

CARLOS IVAN SUAREZ BALLESTEROS

Biólogo- investigador Jardín Botánico de Bogotá DC.

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

CIENCIAS AGROPECUARIAS

INGENIERIA AGRONOMICA

Fusagasugá

2018

## Contenido

RESUMEN .....	7
ABSTRACT .....	8
1 INTRODUCCION.....	9
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	10
3 JUSTIFICACION .....	11
4 OBJETIVOS .....	12
4.1 Objetivo general .....	12
4.2 Objetivos específicos.....	12
5 MARCO REFERENCIAL .....	13
5.1 semillas.....	14
5.2 germinación .....	15
5.2.1 factores que afectan la germinación.....	15
5.2.1.1 Latencia fisiológica .....	16
5.2.1.2 Latencia morfológica.....	16
5.2.1.3 Latencia morfofisiológica .....	16
5.2.1.4 Latencia física .....	17
5.2.1.5 Latencia combinada.....	17
5.3 Viabilidad de semillas .....	18
5.4 Tolerancia a la desecación.....	18
6 MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
6.1 Especie de estudio .....	19
6.2 Distribución geográfica .....	19
6.3 Caracterización morfológica.....	20
6.4 Curva de imbibición .....	20
6.5 Tolerancia a la desecación.....	21
6.5.1 Determinación de curvas de secado .....	21
6.5.2 Viabilidad de semillas .....	21
6.5.3 Germinación de semillas .....	22
7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	23

8 RESULTADOS .....	24
8.1 Morfología .....	24
8.2 Curva de imbibición .....	25
8.3 Curvas de secado .....	25
8.4 Viabilidad de semillas .....	26
8.5 Germinación .....	27
8.6 Tolerancia a la desecación .....	28
9 DISCUSION .....	30
9.1 Morfología .....	30
9.2 Curva imbibición .....	30
9.3 Curvas de secado .....	31
9.4 Germinación .....	31
9.5 Tolerancia a la desecación .....	32
10 CONCLUSIONES .....	33
11 RECOMENDACIONES .....	34
12 BIBLIOGRAFIA .....	35
13 ANEXOS .....	39

## INDICE DE FIGURAS

Figura 5-1 geo localización de paramos cordillera de los andes (Vásquez <i>et al.</i> , 2015).....	13
Figura 5-2 Fases de la germinación (Courtis, 2013) .....	15
Figura 8-1 Características internas y externas de semillas de <i>Espeletiopsis corymbosa</i> .....	24
Figura 8-2 fases de la germinación a) imbibición, b) activación enzimática de semillas de <i>E. corymbosa</i> Durante 12 horas de evaluación. ....	25
Figura 8-3 Curva de secado de semillas de <i>E. corymbosa</i> de dos fechas de colecta a) 13 junio de 2016, b) 18 de septiembre de 2017, semillas sometidas a contacto con sílice gel (2:1) (v: v).....	26
Figura 8-4 Viabilidad de semillas de <i>Espeletiopsis corymbosa</i> a) viva, b) muerta.....	27
Figura 8-5 Porcentaje de viabilidad de semillas a dos contenidos de humedad a). Primera colecta (13 de junio de 2016), b). Segunda colecta (18 de septiembre de 2017) .....	27
Figura 8-6 Capacidad germinativa acumulada de semillas <i>E. corymbosa</i> de dos fechas de colecta a) (13 de junio de 2016), b)(18 de septiembre de 2017), tratamientos con un porcentaje mayor al 1% de germinación, a) W2= 200mg GA3 CHi, W4= 400mg GA3 CH 5%, b) W9= testigo.....	28
Figura 8-7 Capacidad germinativa acumulada de semillas <i>E. corymbosa</i> primera colecta (13 de junio de 2016), tratamientos con un porcentaje mayor al 1% de germinación. W1= testigo CHi, W2= 200mg GA3 CHi, W3= 300mg GA3 CHi, W5= testigo CH 5%, W6= 200mg GA3 CH 5%. Tratadas en propagación in vitro .....	28
Figura 8-8 Viabilidad de semillas de <i>E. corymbosa</i> de dos colectas a) 13 de junio de 2016, b) 18 de septiembre de 2017, evaluadas a dos contenidos de humedad (inicial y reducido al 5%).....	29
Figura 8-9 Germinación acumulada de semillas de <i>E. corymbosa</i> de dos fechas de colecta a) 13 junio de 2016, b) 18 de septiembre de 2017, evaluados cuatro tratamientos (1, 2, 3, 4) y dos contenidos de humedad (1) CHi, (2) CH5%. ....	29

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 características cuantitativas referentes a morfología de semillas de <i>Espeletiopsis corymbosa</i> .....	24
---	----

## ANEXOS

1. Descriptores y cualidades morfológicas de semillas de <i>Espeletiopsis corymbosa</i> . .....	39
2. Prueba de Kruskal Wallis para germinación de semillas colectadas el 13 de junio de 2016. ....	40
3. Prueba de Kruskal Wallis para tiempo medio de germinación de semillas de semillas colectadas el 13 de junio de 2016.....	41
4. Prueba de Kruskal Wallis para germinación de semillas colectadas el 18 de septiembre de 2018 .....	42
5. Prueba de Kruskal Wallis para tiempo medio de germinación de semillas colectadas el 18 de septiembre de 2017 .....	43
6. Prueba de Kruskal Wallis para germinación de semillas método in vitro colectadas el 13 de septiembre de 2016. ....	43
7. Prueba t para semillas de <i>Espeletiopsis corymbosa</i> colectadas el 13 de junio de 2016 y 18 de septiembre de 2017, semillas evaluadas a dos contenidos de humedad. ....	44
8. Prueba t para semillas de <i>Espeletiopsis corymbosa</i> colectadas el 13 de junio de 2016 y 18 de septiembre de 2017, diferencia de colectas. ....	44



## RESUMEN

Se evaluó la capacidad germinativa y la tolerancia a la desecación de semillas de *Espeletiopsis corymbosa* en condiciones de laboratorio, en el cual se mantuvieron semillas en cajas de Petri con papel filtro humedecido e introducidas en incubadora a  $\pm 20^{\circ}\text{C}$  y 12 horas luz durante un periodo de 121 días y 70 días. Para el estudio se utilizaron semillas de dos colectas realizadas en el páramo de Guacheneque (Villa Pinzón Cundinamarca) el 13 de junio de 2016 y 18 de septiembre de 2017. Para lograr esto se describió la morfología de las semillas por medio 10 descriptores y 28 cualidades, determinando que son semillas pequeñas, de bajo peso, con ausencia de estructuras de dispersión y endospermo; se evaluó la capacidad de germinación de las semillas bajo un diseño experimental factorial en el cual se contemplaron cuatro tratamientos pre-germinativos mediante imbibición en ácido giberélico (GA3) a diferentes concentraciones, durante 24 horas: w2=200mg GA3, w3=300mg GA3, W4=400mg GA3, W0= inmerso en agua (factor 1) y dos contenidos de humedad % INICIAL y 5% (factor dos); cada tratamiento contó con cuatro réplicas de 50 semillas cada uno. La variable germinación estadísticamente indico que solo el tratamiento de 200mg de GA3 con un contenido de humedad inicial para cada una de las colectas presento una germinación significativa (p valor 0,0134 primer colecta) y (p valor 0,0065 segunda colecta), comparada con los demás tratamientos, donde la primera colecta alcanzo un 6% de germinación y la segunda, un 13,5%. Con la intención de determinar el porcentaje de semillas viables se realizó la prueba de viabilidad por tetrazolio evaluando dos contenidos de humedad, prueba que permitió identificar que semillas de la segunda colecta presentan mayor viabilidad de sus embriones (67%CH<sub>i</sub> Y 62,5%CH<sub>5</sub>) comparado con semillas de la primera colecta (44%CH<sub>i</sub> Y 32,5%CH<sub>5</sub>), además se identificó que las semillas de la especie son semillas de tipo ortodoxas, debido a que no se presentó estadísticamente una diferencia entre contenidos de humedad (p valor 0,0841 primer colecta) y (p valor 0,0701 segunda colecta). Los datos de germinación fueron comparados con los resultados de la prueba de tetrazolio, con el fin de entender la baja germinación que se presentó, comparación que permitió inferir que las semillas de la especie presentan una posible dormancia fisiológica, la cual pudo ser de tipo profunda en semillas sometidas a eventos de deshidratación. Conocido esto, se determinó que las semillas de la especie son tolerantes a la desecación y posiblemente son aptas para conservación *ex situ*.

Esta investigación aportó información relacionada con procesos de conservación *ex situ* de *Espeletiopsis corymbosa*, específicamente a comportamiento germinativo y tolerancia a la desecación de la especie, la cual es una especie relevante para los páramos localizados en Cundinamarca.

Palabras clave: Semilla de plantas, germinación de semillas, tolerancia a la desecación, viabilidad de semillas, contenido de humedad, reguladores de crecimiento vegetal.

## ABSTRACT

The germinative capacity and the tolerance was evaluated to the desiccation of seeds of *Espeletiopsis corymbosa* in laborator conditions, in which seeds were kept in Petri's boxes with paper filter got wet and interfered in incubator to  $\pm 20^{\circ}\text{C}$  and 12 hours light during a period of 121 days and 70 days. For the study there were in use seeds of two collections realized in Guacheneque high plateau (Villa Pinzón Cundinamarca) on June 13, 2016 and September 18, 2017. To achieve this the morphology of the seeds described for way 10 describers and 28 qualities, determining that are small seeds, of low weight, with absence of structures of dispersion and endospermo; there evaluated the capacity of germination of the seeds under an experimental design factorial in which four treatments were contemplated pre germinative by means of imbibing in acid giberélico (GA3) to different concentrations, for 24 hours: W2=200mg GA3, w3=300mg GA3, W4=400mg GA3, W0 = immersed in water (factor 1) and two contents of dampness INITIAL % and 5 % (factor 2); every treatment possessed four replies of 50 seeds each one. The variable germination statistically Indian that alone the treatment of 200mg of GA3 with a content of initial dampness for each of the collections I present a significant germination (p value 0,0134 first collects) and (p value 0,0065 comes second collects), Compared with other treatments, where the first collection I reach 6 % of germination and the second one, 13,5 %. With the intensesness of determining the percentage of viable seeds the test of viability was realized for tetrazolio evaluating two contents of dampness, test that allowed to identify that seeds of the second collection present major viability of his embryos (67%CH ì And 62,5%CH5 %) compared with seeds of the first collection (44%CH ì And 32,5CH5 %), In addition there was identified that the seeds of the species are orthodox seeds of type, due to the fact that one did not present statistically a significant difference between contents of dampness (p value 0,0841 first collects) (p value 0,0701 comes second it collects). The information of germination was compared with the results of the test of tetrazolio, in order to understand the low germination that one presented, comparison that allowed to infer that the seeds of the species present a possible physiological dormancia, which could be of type deep in seeds submitted to events of dehydration. Acquaintance this, decided that the seeds of the species are tolerant to the desiccation and possibly they are suitable for conservation ex-situ.

Key words: Plant seed, seed germination, dewatering tolerance, seed viability, moisture content, plant growth regulators.

## 1 INTRODUCCION

Aunque se han realizado numerosos estudios que buscan comprender los procesos de germinación, se ha encontrado que el comportamiento de la germinación depende de las especies evaluadas y por lo tanto los datos no pueden ser extrapolados (Baskin & Baskin, 1998). Por otra parte, los esfuerzos en comprender la germinación de semillas se han enfocado principalmente en el manejo y conservación de especies agrícolas y menos del 1% de las investigaciones en este campo son realizadas a especies con otra vocación (Rao. *et al.*, 2007). En concordancia con lo anteriormente expuesto existe poca información acerca métodos de propagación y conservación *in situ* y *ex situ* de especies altoandinas, donde dicha escasez para Diazgranados & Barber (2012) es más marcada en la familia Asteraceae la cual cuenta con menor accionar investigativo comparado con familias como Orchidaceae, Melastomataceae, Poaceae, entre otras, aun cuando esta familia es la más representativa y con mayor riqueza biológica en los ecosistemas de alta montaña (Morrillo & Briceño, 2000; Van der Hammen & Rangel, 1997).

La presente investigación tuvo como fin generar información acerca del comportamiento germinativo y tolerancia a la desecación de semillas de *Espeletiopsis corymbosa* Para lograr generar dicha información se realizó una caracterización morfológica, un análisis de la viabilidad de semillas mediante la prueba de tetrazolio, acompañado de una evaluación de la germinación, y una evaluación de la tolerancia a la desecación que presentaban las semillas.

La información obtenida a partir de la presente investigación contribuye en la generación de conocimiento de *Espeletiopsis corymbosa* especie representativa de la región altoandina y al desarrollo de la meta 11 del proyecto de inversión 1121 llevada a cabo por el grupo Especies y Propagación (EYP) del Jardín Botánico de Bogotá (JBB), en el cual se busca caracterizar integralmente 50 especies representativas para los ecosistemas de alta montaña que rodean a la ciudad de Bogotá.

## 2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La falta de información relacionada con manejo y conservación de los ecosistemas alto andinos, hacen relevante el desarrollo de investigaciones acerca de la conservación de las especies vegetales que allí habitan. Esto debido a que los complejos de alta montaña que se encuentran en Colombia durante el periodo comprendido entre 2000-2005 presentaron un aumento acelerado en la tasa de transformación del suelo y la vegetación típica, vegetación que disminuyó rápidamente debido principalmente a procesos de intervención humana como la deforestación (Sarmiento. *et al.*, 2013); por ende, para amortiguar los procesos de transformación, se han planteado en los últimos años algunas estrategias, como lo son la delimitación de zonas de reserva, el uso adecuado de tierras, la investigación de especies con fines de conservación y restauración (Cabrera, 2014), estos últimos son los ejes fundamentales para la preservación de la biodiversidad aun existente.

En concordancia con lo anteriormente mencionado, se afirma que el desarrollo y la aplicación de diferentes estrategias con fines de conservación de la vegetación, ofrecen una oportunidad única para evaluar y comparar la efectividad de diferentes prácticas en diferentes escenarios (Llambí & Cuesta, 2014), aun conociendo que la mayoría de estudios acerca de la diversidad de los ecosistemas de alta montaña se han analizado en situaciones de manejo convencional, los cuales han arrojado poca información acerca del efecto de las estrategias y alternativas de manejo de poblaciones vegetales. Por tal razón la FAO (2014) asegura que los bancos de semillas permiten conservar la diversidad biológica fuera de su hábitat natural, logrando preservar dicha diversidad a través del tiempo, para luego generar información que va desde procesos de adquisición, almacenamiento y futuro aprovechamiento, este último sería el eje fundamental de una posible recuperación de los espacios afectados por la intervención.

Dentro de la gran diversidad vegetal presente en los ecosistemas de páramo, algunos géneros como *Espeletia* y *Espeletiopsis* pertenecientes a la familia Asteraceae juegan un papel fundamental en la regulación hídrica, tomando un rol de gran valor para la nación, estos géneros se han visto afectados por la intervención humana, la cual ha generado afectación graves, hasta el punto de colocar en peligro su existencia, para evitar dicha afectación, es de vital importancia generar información no presente en la literatura que contenga métodos de manejo y conservación.

### 3 JUSTIFICACION

Los páramos son ecosistemas frágiles de alta montaña que evolucionaron en total aislamiento geográfico, esta condición conlleva a que no estuvieran sometidos a disturbios permanentes, por tal razón estos no desarrollaron adaptaciones especiales para resistir a alteraciones estructurales y por consiguiente sus umbrales de resistencia y resiliencia son muy bajos (Rios, 2013), en los últimos años este tipo de ecosistemas han sido blanco de afectaciones ocasionadas principalmente por la intervención humana, como transformación del suelo y la deforestación, afectando drásticamente el equilibrio de este. Debido a dichas afectaciones que se presentan en este tipo de ecosistemas Corzo (2013) afirma que la conservación y mantenimiento de estos espacios no solo deben depender de la declaración y manejo de áreas protegidas propuestas por el gobierno, sino que también los mecanismos de conectividad y funcionalidad deben ser complementarios, para generar la conservación de la biodiversidad de los ecosistemas de alta montaña.

Una alternativa útil para la conservación de la biodiversidad perteneciente a los ecosistemas de alta montaña es la conservación por métodos *in situ* y *ex situ*, esta última según FAO (2014) puede garantizar mediante los distintos bancos de germoplasma del mundo la existencia de la biodiversidad vegetal y la documentación de las mismas para el futuro, además de garantizar material para una posible repoblación del ecosistema. Contextualizado esto, el Banco de Semillas del Jardín Botánico de Bogotá tiene como fin la conservación de semillas de especies de ecosistemas alto andinos, específicamente ecosistemas de páramos, por tal razón es de vital importancia identificar y evaluar fuentes de material vegetal de excelente calidad para así lograr un desarrollo óptimo de las investigaciones llevadas a cabo, como la planteada actualmente. Por estas razones el desarrollo de trabajos dirigidos a evaluar el comportamiento germinativo, tolerancia a la desecación y procesos de almacenamiento de semillas aporta información puntual, acerca de los recursos fitogenéticos de las especies.

## 4 OBJETIVOS

### **4.1 Objetivo general**

Evaluar el comportamiento germinativo y la tolerancia a la desecación de semillas de *Espeletiopsis corymbosa* en condiciones controladas de laboratorio.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar morfológicamente semillas de *Espeletiopsis corymbosa*.
- Evaluar la viabilidad de semillas *Espeletiopsis corymbosa* mediante la prueba de tetrazolio.
- Evaluar el comportamiento germinativo de semillas de *Espeletiopsis corymbosa* con adición de giberelinas.
- Analizar el comportamiento de semillas de *Espeletiopsis corymbosa* sometidas a prueba de tolerancia a la desecación.

## 5 MARCO REFERENCIAL

El páramo es catalogado como un ecosistema natural estratégico y complejo, encargado de la regulación del ciclo hídrico de la mayoría de las fuentes de agua, está ubicado por encima del límite superior de los bosques alto andinos, siendo este uno de los ecosistemas de mayor altitud e irradiación solar del planeta (Chaparro & Chaparro, 2012). Según lo propuesto por IAvH (2007) el páramo presenta su formación aproximadamente hace unos cinco millones de años debido al levantamiento final de la cordillera de los andes, este tipo de ecosistema se encuentra por encima de los 3000 msnm. Los páramos geográficamente se localizan desde las regiones más altas del norte del Perú atravesando, Ecuador, Colombia y Venezuela con algunas ramificaciones hacia el norte de Costa Rica y Panamá (Monasterio, 1980), Colombia posee el 49% de la superficie de este ecosistema, el cual alberga una enorme y singular diversidad biológica (Corzo, 2013), diversidad que puede ser entendida a una escala espacial continental la cual abarca los distintos países, en los cuales se presentan patrones complejos de variación a través de los gradientes geológicos y edáficos, como los suelos, el clima, y altitud que representan los sub páramos y páramos (Pantoja, 2013).



Figura 5-1 geo localización de paramos cordillera de los andes (Vásquez et al., 2015)

Para Colombia estos ecosistemas albergan alrededor de 3.379 especies de plantas vasculares y 1.243 especies de briofitos y líquenes según lo reportado por Cleef (2013), muchas de estas especies son catalogadas como endémicas del páramo; dentro de esta riqueza biológica del ecosistema las Asteráceas son el grupo de plantas más abundante de la región altoandina, seguido de otras familias como lo son Melastomataceae, Poaceae, Orchidaceae. En la familia Asteraceae se destaca la subtribu Speletinae la cual está conformada por ocho géneros siendo los más representativos *Espeletia*, *Ruilopezia* y *Espeletiopsis* (Diazgranados & Barber,

2012). Se han registrado para los géneros *Espeletia* y *Espeletiopsis* 66 y 22 especies respectivamente, los cuales están mejor representadas en la cordillera oriental (Piedrahita & Rodríguez, 2010).

### **5.1 semillas**

La semilla es el principal órgano reproductivo o medio de dispersión de la mayoría de las plantas, desempeña una función de renovación de poblaciones y aporta a la alimentación de animales y humanos (Vázquez *et al.*, 1997). la semilla se forma a partir de la polinización, proceso en el cual hay una transferencia del polen (célula masculina) desde los estambres hasta el estigma, haciendo posible la fecundación, este proceso como lo menciona Megías *et al.*, (2015) y Vázquez *et al.*, (1997) comienza desde que el polen es transportado hasta el estigma, una vez ahí se emite una prolongación denominada tubo polínico. En los granos de polen se ha identificado que van tres núcleos, uno denominado vegetativo y dos denominados generativos, el núcleo vegetativo es el responsable de la formación y alargamiento del tubo polínico, el cual crece hasta llegar al saco embrionario del rudimento seminal, en el ovario del pistilo se produce la fecundación, además en plantas angiospermas un núcleo generativo se une con la ovocela y el otro con los núcleos centrales, también llamados polares, permitiendo una doble fecundación. El embrión tiene su origen en la fusión de un núcleo con la ovocela, la célula diploide resultante de la fecundación comienza efectuar una primera mitosis (división) que da origen a dos células, donde la célula más interna da origen al embrión y la más externa por divisiones mitóticas posteriores forma la estructura denominada suspensor, que tiene como misión unir el embrión a los otros tejidos rudimentarios, en semillas de especies dicotiledóneas la célula que inicialmente forma el embrión se divide en dos, por medio de un tabique longitudinal lo que permite la formación de los cotiledones; en las angiospermas se presenta la fusión de un núcleo generativo con los núcleos centrales del saco embrionario formando un tejido triploide, el tejido resultante es denominado endospermo, el cual es la principal fuente de nutrientes que tiene el embrión en el proceso de germinación (Yanes. *et al.*, 1997)

Reconocer la semilla como principal fuente de supervivencia de la planta conlleva a pensar en sus rasgos históricos de vida, pues la planta es dependiente de estos para poder pasar de semilla a plántula, dicha historia está adaptada a factores bióticos y abióticos los cuales influyen en sus procesos fisiológicos (Crawley, 2000). Las semillas pueden diferenciarse y clasificarse gracias a una característica evolutiva adquirida que permitió a especies sobrevivir, esta característica se denomina tolerancia a la desecación, la cual hace referencia a la capacidad de la semilla para tolerar la pérdida de agua de su sistema, lo cual permite optimizar sus recursos manteniendo su maquinaria fisiológica activa, bajo este criterio las semillas se clasifican en tres grupos: ortodoxas, recalcitrantes e intermedias: las semillas ortodoxas toleran perder más del 90% de la totalidad de agua y presentan la característica de que no pierden su viabilidad, las recalcitrantes son semillas de metabolismo activo que no toleran perder agua de su sistema ya que al perder humedad se genera una peroxidación oxidativa que reduce la viabilidad del embrión, las semillas intermedias como su nombre lo



dice lo son semillas que toleran una reducción de su contenido de humedad a un nivel medio y no pueden ser tratadas igual que las ortodoxas (Berjak & Pammenter, 2004).

## 5.2 germinación

La germinación está determinada por un conjunto de procesos o fenómenos que se producen en las semillas los cuales encadenados permiten al embrión empezar su desarrollo hasta formar un individuo completamente independiente (Gutiérrez & Camacho, 2011; López, 2015). Para que tenga lugar la germinación Courtis (2013) destaca que se tienen que presentar una serie de condiciones ambientales como lo son: disponibilidad de agua, temperaturas óptimas, radiación, intercambio gaseoso entre otros. En la germinación se resaltan tres etapas las cuales son, primero imbibición, en la cual el embrión se activa con la absorción de agua, en esta etapa ocurre un aumento importante en la respiración acompañado de una hidratación celular, segundo, activación metabólica, en esta hay una rápida división celular que produce una regeneración de tejidos afectados por procesos de maduración e hidratación ocurrida en la etapa anterior, en esta también se presenta una síntesis de proteínas, además de presentarse la degradación de las paredes del endospermo, generando la ruptura de la testa y salida de la radícula y tercero, crecimiento y desarrollo del embrión (Suárez & Melgarejo, 2007).

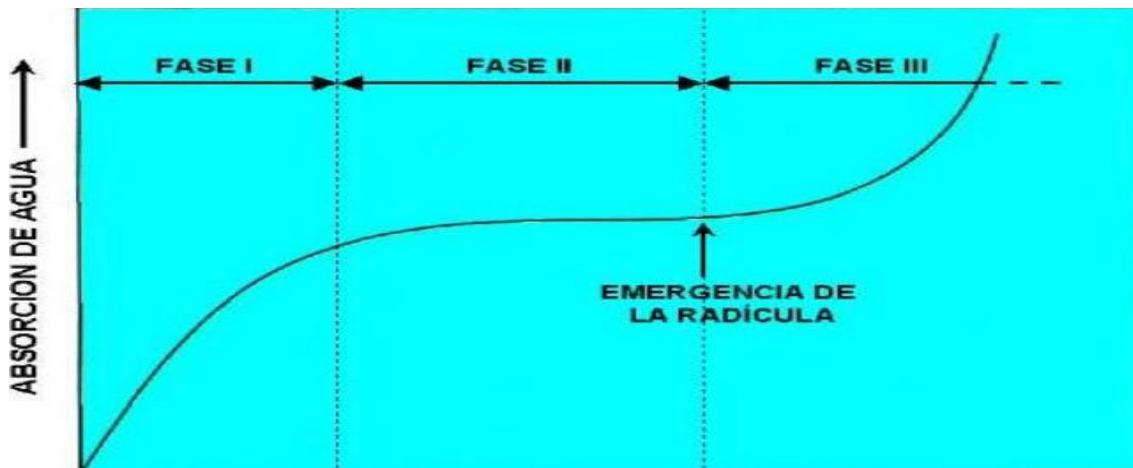


Figura 5-2 Fases de la germinación (Courtis, 2013)

### 5.2.1 factores que afectan la germinación

Courtis (2013) destaca dos factores que interrumpen o afectan la germinación de las semillas, el primero es ocasionado por factores externos como ausencia de agua, intercambio de gases, temperatura y luz; el segundo es ocasionado por factores internos los cuales son ocasionados por embriones fisiológicamente inmaduros, inhibidores o reguladores de crecimiento, presencia de tegumentos duros, viabilidad de la semilla, presencia de fitocromos y

embriones rudimentarios. Por otro lado Baskin & Baskin (2004) resalta que la germinación para algunas especies se ve afectada por una estrategia adquirida a través del tiempo denominada latencia o dormancia que principalmente es influenciada por los factores anteriormente mencionados, los cuales se presentan en cinco distintas expresiones.

#### **5.2.1.1 Latencia fisiológica**

Esta se genera por un desbalance hormonal de las semillas, en esta algunos patrones de cambio fisiológico son atribuidos a la temperatura y reguladores de crecimiento (Baskin & Baskin, 2004), esta dormancia se divide en tres tipos: profunda, no profunda e intermedia. La latencia profunda hace referencia a embriones no desarrollados debido a promotores de crecimiento, y es necesario realizar estratificación durante tres o cuatro meses en frío para permitir la ruptura de esta latencia; la latencia no profunda se debe a la respuesta de las semillas a la temperatura y su sensibilidad a los reguladores de crecimiento, en esta se presentan cinco niveles en las cuales según el nivel o rango de temperatura a la que es expuesta ocurre la germinación y por último, latencia intermedia, en la cual se encuentran embriones desarrollados pero que no germinan en algunos casos ya sea por temperatura o por un regulador de crecimiento, esta no requiere periodos de tiempo tan largos como la latencia profunda y se puede romper mediante estratificación de dos a cuatro semanas y almacenamiento en seco, además de la utilización de reguladores de crecimiento.

#### **5.2.1.2 Latencia morfológica**

Esta se presenta según Baskin & Baskin (2004) en embriones subdesarrollados los cuales no son fisiológicamente maduros, estas semillas no son latentes y por tanto no necesitan pretratamiento alguno, solo es necesario tiempo para permitir su desarrollo, lo cual confirma De la Cuadra (1992), e indica que se deben manejar tiempos de maduración, además estas se pueden favorecer mediante incubación a temperaturas  $\pm 15^{\circ}$  C. por otro lado Melgarejo. *et al.*, (2010) exaltan que la aplicación del fito regulador giberelinas beneficia desarrollo de embriones inmaduros y permite romper este tipo de latencia.

#### **5.2.1.3 Latencia morfofisiológica**

Esta se presenta en embriones subdesarrollados y con fisiología latente, es decir presentan un embrión inmaduro acompañado posiblemente de un desbalance hormonal en su sistema (Baskin & Baskin, 2004), para poder romper este tipo de latencia es necesario un tiempo mayor y se debe realizar la ruptura por partes, principalmente tiempo acompañado de estratificación, este tipo de latencia presenta ocho niveles los cuales son, epicotilo no profundo simple, epicotilo intermedio simple, epicotilo profundo simple, profundo simple doble, no profundo, complejo, complejo intermedio, complejo profundo.

#### **5.2.1.4 Latencia física**

Según Baskin & Baskin (2004) esta es causada por capas impermeables o por un recubrimiento perteneciente al fruto denominado empalizadas, este tipo de latencia impide la entrada de agua, el intercambio gaseoso y en algunos casos hay presencia de fenoles, los mismos autores afirman que para poder romper este tipo de latencia se debe realizar una escarificación química o mecánica lo cual admite la entrada de agua, permitiendo la inhibición y finalmente la germinación.

#### **5.2.1.5 Latencia combinada**

Esta ocurre en embriones fisiológicamente inmaduros o inactivos, acompañados de una impermeabilidad de las capas que protegen el embrión, en este tipo de latencia se puede presentar de dos tipos, la primera es de tipo profunda y la segunda de tipo no profunda, si es no profunda se recomienda manejar estratificación en frío y una escarificación, si es profunda los pre-tratamientos deben ser más rigurosos debido a que se debe romper por partes (Baskin & Baskin, 2004).

En concordancia con lo mencionado anteriormente las plantas han desarrollado estrategias de supervivencia con las cuales afrontan cambios ambientales (Melgarejo. *et al.*, 2010), algunos procesos que asume la planta para adaptarse a dichos cambios son la reducción de su metabolismo y la producción y uso de reguladores de crecimiento, siendo estos responsables de diversos eventos fisiológicos como la germinación, crecimiento y desarrollo. Los principales grupos de reguladores de crecimiento son: auxinas, compuestos con la capacidad de estimular la elongación de algunas células meristemáticas en constante división celular, además permiten reprimir el crecimiento de otras (Vazquez, 2005); giberelinas son compuestos diterpenoides que cumplen un importante papel en el desarrollo fisiológico de semillas, ya que poseen la capacidad de romper barreras germinativas como la latencia fisiológica y la inmadurez del embrión (Melgarejo. *et al.*, 2010); Citoquininas son consideradas como el regulador encargado de los procesos de división celular, maduración de cloroplastos, diferenciación celular y control de la senescencia (Francescangeli & Zagabria, 2010); etileno, está implicado en la maduración y la senescencia, este cumple un rol de la degradación de clorofila, marchitamiento floral y degradación de tejidos de frutos (Jordán & Casaretto, 2006); ácido abscísico actúa como un antagonista de las hormonas de crecimiento como auxinas, giberelinas y Citoquininas dentro de la planta, es considerado como el regulador del estrés, ya que su síntesis se ve favorecida en condiciones adversas para la planta, básicamente por estrés hídrico, entre sus múltiples funciones, se incluye la inducción de síntesis de proteínas LEA, con lo cual se promueve la tolerancia del embrión a la deshidratación y acumulación de proteínas de almacenamiento.

### **5.3 Viabilidad de semillas**

La gran mayoría de las plantas generan semillas para reproducirse, pero en muchas ocasiones tras la maduración y dispersión estas no germinan, posiblemente por algún tipo de dormancia o porque las condiciones ambientales no lo favorecen (Pérez & Pita, 2014). Para determinar puntualmente cual es la causa que genera este problema se han desarrollado una serie de protocolos para evaluar la viabilidad de las semillas y estimar la condición biológica de las especies lo cual se logra mediante pruebas bioquímicas producidas en la célula, procesos de germinación o con el uso de instrumentos como los rayos X (Vázquez. *et al.*, 1997). Algunos autores han investigado dicha condición para especies perteneciente a la familia Asteraceae, investigaciones como la realizada por Cavazos (2003) en la cual se determina por medio de pruebas de viabilidad que semillas de Yacón (*S. sonchifolius*), presentan bajos porcentajes de viabilidad, lo cual impide obtener material para producción y por ende es una especie poco útil comercialmente, por tanto la búsqueda nuevos híbridos o materiales que presenten porcentajes mayores de viabilidad de sus semillas es fundamental; también la realizada por Cruz (2010) en la cual se evaluaron características como la existencia de una latencia morfológica, una latencia fisiológica y el efecto del fuego sobre la germinación de tres malezas distintas (S, Palisae, S, Salzami y S, muleri), investigación en la cual se determinó que las semillas de las tres especies no tienen la capacidad de germinar bajo las condiciones evaluadas.

### **5.4 Tolerancia a la desecación**

Todas los frutos tienen un contenido de humedad variable, el cual en el momento de la madurez fisiológica es mayor, donde el contenido de humedad presente en los frutos en algunas ocasiones no es distinto al que contienen las semillas (Jara, 2007). Por otro lado el contenido de humedad de las semillas puede ser variable según las condiciones ambientales en las que se encuentra, este es un rasgo catalogado por la ciencia, como una estrategia adaptativa de la planta; la FAO (2014) indica que no todas las semillas adquieren la capacidad de soportar bajos niveles de agua en su sistema y por tanto se pueden clasificar en tres grupos según su grado de tolerancia a la desecación, primero, ortodoxas, semillas que presentan la capacidad de resistir pérdidas de humedad de su sistema hasta alcanzar de un 7% a 5%, sin presentar afectaciones fisiológicas, segundo, recalcitrantes, son semillas que al contrario no toleran perder agua de su sistema y deben estar siempre en ambientes húmedos soportando niveles entre el 15% y 50% de humedad en su sistema y tercero, intermedias, las cuales son semillas que presentan un grado de sensibilidad a la deshidratación y por tanto no pueden ser sometidas a los mismos procesos que las semillas ortodoxas, estas alcanzan entre un 12.5% y un 10% de contenido de humedad.

Rao. *et al.*, (2007) aseguran que uno de los principales elementos de conservación en los bancos de germoplasma son las semillas, la cual aporta información útil para identificar el tipo de manejo y sus características de conservación. Para lograr esto es fundamental identificar

qué tipo de semilla se tiene y a qué tipo de proceso de conservación puede ser sometida, contextualizado esto se conoce que los bancos de semillas suelen identificar principalmente aspectos como: el grado de tolerancia a la desecación, el contenido de aceite presente, la germinación, la viabilidad y la longevidad que puede presentar (De Viana. *et al.*, 2009; Rao. *et al.*, 2007), procesos que se detallan en algunos estudios como el realizado por de Viana. *et al.*, (2009) los cuales evaluaron la respuesta de dos especies de chaco salteño (*Erithryna falcata Benth.* y *Tecoma garrocha Hieron*), el desarrollado por Rangel. *et al.*, (2011) en que se evaluaron tres orígenes genéticos de cacao (*Teobroma cacao*), especies sometidas a procesos de desecación, evaluadas en condiciones ambientales distintas pero con la misma finalidad, determinar el potencial de germinación, el grado de tolerancia a la desecación y su potencial de almacenamiento. también el realizado por Jaimes *et al.*, (2014) en el cual se evaluó la tolerancia a la desecación y la longevidad de semillas de (*Byrsonima crassifolia* L.) a distintos contenidos de humedad, esto con el fin de conocer la capacidad germinativa, el grado de tolerancia a la humedad y su comportamiento pos almacenamiento.

## 6 MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Especie de estudio

*Espeletiopsis corymbosa* es una Caulirosula simple erecta de hasta tres metros de altura. Con vainas foliares ovadas o semicirculares; lamina 22-48 \* 2, 2-7 cm, ovadas u oblongas que se angosta hacia la base. inflorescencias dos veces la roseta, pedúnculo desnuda, improvisado de hojas o brácteas; corola del disco más o menos pilosas, con pelos glandulares, filarias anchas ovadas o triangulares (Cuatrecasas, 1996).

Especie del Reino Plantae, Phylum Magnoliophyta, Clase Magnoliopsida, del Orden Asterales, Familia Asteraceae, del Genero *Espeletiopsis*, Especie *Espeletiopsis corymbosa* (Bonpl.) Cuatrec.

### 6.2 Distribución geográfica

*Espeletiopsis corymbosa* se ha registrado en Cundinamarca en los municipios de Cingara, Choachí, Guacheneque, Guasca, Tabio, Villa Pinzón, Zipaquirá, entre los 2600 y los 3700 metros de altitud. En Bogotá D.C ha sido registrada en los páramos Usaquén, Verjon, Monserrate, Chico y en el embalse de Chisacá entre los 2600 y 3300 m de altitud (Cuatrecasas, 1996; Jardín Botánico De Bogotá, n.d.; Piedrahita & Rodríguez, 2010; Universidad Nacional de Colombia, 2007).

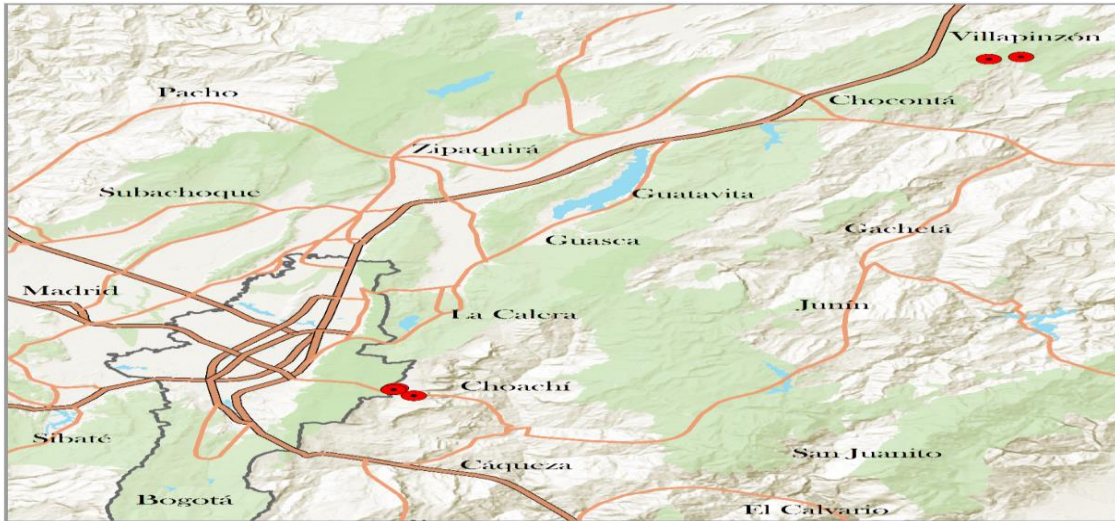


Figura 6-2 Geo localización de *Espeletiopsis corymbosa* en Cundinamarca. Fuente: Caracterización integral línea EYP, elaboro Mónica Álvarez.

Este estudio se desarrolló con semillas recolectadas el 13 de junio de 2016 y el 18 de septiembre de 2017 en el páramo de Guacheneque ( $5^{\circ}12'52.8''$  N -  $73^{\circ}31'33.5''$  W; 3325 m de altitud), municipio de Villa pinzón (Cundinamarca).

Las semillas colectadas el 13 de junio de 2016 fueron conservadas en el Banco de Semillas del Jardín Botánico de Bogotá a una temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$  durante 10 meses, bajo la accesión JBB119-A2, el material obtenido el 18 de septiembre de 2017 se toma como retroalimentación de la accesión JBB119-A2.

### 6.3 Caracterización morfológica

Se realizó descripción morfológica a 20 semillas de *E. corymbosa* siguiendo 10 descriptores y 28 cualidades de estructuras externas e internas basado en la guía para caracterizar e identificar semillas propuesta por Niembro (1989). Para la estructura externa se tuvieron en cuenta cinco descriptores morfológicos (morfometría, cubierta seminal, papús, alas) y 11 cualidades, mientras que para las estructuras internas se tuvieron en cuenta seis descriptores (testa, tegmen, endospermo, embrión, cotiledones, radícula) y 17 cualidades (anexo 1). Para realizar las descripciones morfológicas se realizaron cortes trasversales y longitudinales mediante el uso de un estereoscopio (SMZ-168), estas están soportadas con registros fotográficos generados por medio del software motic plus 3.0.

### 6.4 Curva de imbibición

Se evaluaron 200 semillas de *Espeletiopsis corymbosa*, las cuales fueron pesadas en una balanza analítica y luego puestas en imbibición en agua estéril durante 12 horas, tiempo en el cual se realizó monitoreo de ganancia de peso cada hora hasta alcanzar un peso constante.

## 6.5 Tolerancia a la desecación

El secado de las semillas es fundamental para el proceso de conservación de los recursos fitogenéticos, este proceso implica la reducción del contenido de humedad (CH) de las semillas hasta niveles recomendados, utilizando técnicas que no deterioren su viabilidad y que contribuyan en la preservación de su calidad fisiológica (Correa *et al.*, 2013), calidad que se puede evaluar mediante pruebas de viabilidad y germinación, procesos que se mencionan a continuación.

### 6.5.1 Determinación de curvas de secado

Se determinó el contenido de humedad inicial de semillas de dos fechas de colecta (13 de junio de 2016 y 18 de septiembre de 2018), a partir de un peso inicial, dichos lotes se colocaron individualmente en un analizador de humedad (OHAUS MB 45) a una temperatura de 150°C durante  $\pm$  cuatro minutos, el contenido de humedad inicial se estimó gracias a la estabilidad de la curva de pérdida de peso presentada por el analizador. Los datos de peso inicial y contenido de humedad inicial obtenido al final de la prueba fueron sometidos a la siguiente formula:

$$\text{PESO INICIAL} * \left[ \frac{100-\text{CH INICIAL}}{100-\text{CH PREVISTO}} \right] = \text{PESO FINAL DEL LOTE AL 5\% DE CH}$$

Formula en la cual se determina el peso final que deben presentar las semillas a un CH del 5%; para lograr disminuir el CHi hasta el rango del (5%) se sometieron los lotes a contacto con sílice gel, proporción (2:1 v: v), a una temperatura ambiente  $\pm$ 19°C y en oscuridad. Se realizó monitoreo de peso cada hora hasta llegar a al peso establecido en la formula. Los datos fueron registrados y analizados en una gráfica que representa el secado de las semillas, este procedimiento se realizó para cada una de las colectas.

### 6.5.2 Viabilidad de semillas

Se evaluaron 200 semillas de *Espeletopsis corymbosa* para cada una de las colectas (13 de junio de 2016 y 18 de septiembre de 2018), las semillas dispuestas para cada colecta fueron divididas en cuatro lotes de 50 semillas. Estas fueron sumergidas en agua estéril por 24 horas, posteriormente se realizó un corte a la testa para facilitar el contacto de las estructuras internas con cloruro de tetrazolio (2, 3, 5 trifenil tetrazolio), a cada réplica se le adicionó una concentración del 1% de cloruro de tetrazolio, este montaje fue realizado bajo condiciones de oscuridad, para luego ser llevadas a un horno a una temperatura de 40°C durante 24 horas, cumplido el tiempo las semillas fueron enjuagadas con agua micro filtrada estéril.

Para evaluar la prueba se extrajeron los embriones de las semillas los cuales fueron divididos en tres grupos: embriones viables (color rojo intenso), embriones inviables (sin coloración rojiza) y semillas sin embrión.

### 6.5.3 Germinación de semillas

#### Siembra de semillas en cámara germinadora.

La evaluación se realizó bajo un diseño experimental factorial en el cual se contemplaron cuatro tratamientos pre-germinativos sometidos a imbibición en ácido giberelico (GA3) a diferentes concentraciones durante 24 horas: w1=200mg GA3, w2=300mg GA3, W3=400mg GA3, W0= inmerso en agua (factor 1) y dos contenidos de humedad 11.56% y 5% (factor dos), (figura 6-2); cada tratamiento conto con cuatro réplicas de 50 semillas. Cumplido el tiempo de imbibición las semillas fueron sometidas a un proceso de desinfección en Hipólito de sodio (NaOCl) al 1% durante cinco minutos, posteriormente las semillas fueron enjugadas y sembradas en cajas de Petri con papel filtro humedecido con agua micro filtrado estéril y mantenidas bajo condiciones de cámara germinadora a un fotoperiodo de 20 horas luz y 10 horas oscuridad a una temperatura de  $\pm 20^{\circ}\text{C}$ .

Este montaje se realizó en tiempos distintos para cada colecta además se realizó monitoreo de la variable germinación los días martes y viernes durante 17 semanas para la primer colecta y 10 semanas para la segunda colecta.

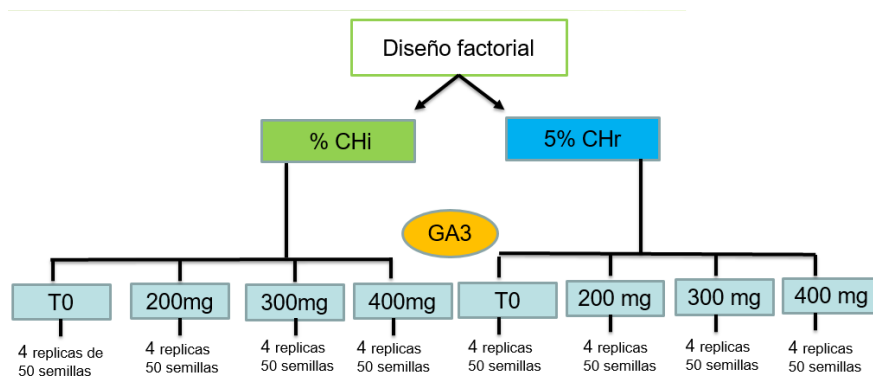


Figura 6-3 Diseño experimental, montajes pre germinativos.

#### Siembra de semillas bajo condiciones *in vitro*.

Para el ensayo de germinación *in vitro* se utilizaron semillas de la primera colecta (13 de junio de 2016) semillas que se evaluaron a dos contenidos de humedad (11,56% y 5%) también se aplicaron los mismos tratamientos pre-germinativos utilizados en la siembra en cámara de germinación, en este montaje se utilizaron cuatro réplicas de 25 semillas cada uno, las semillas fueron sembradas en medio de cultivo Murashige y Skoog (Murashige & Skoog,



1962). Para garantizar las condiciones de asepsia necesarias en procedimientos *in vitro*, antes de la siembra las semillas fueron sometidas a tres procedimientos de desinfección superficial; el primero se realizó antes de la inhibición en la solución de GA3, esta consto en la inmersión de las semillas en agua y Tween20® (0,1ml/L) por cinco minutos, luego en Benomy1® (1gr/L) durante seis horas, posteriormente se lavaron con agua estéril y se sometieron a los tratamientos pre germinativos. Previo a la siembra en cámara de flujo laminar se realizó un segundo procedimiento de desinfección, que consistió en: lavado con agua destilada estéril y Tween20® (0,1ml/L) durante cinco minutos, inmersión en alcohol al 70% durante 30 segundos e hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5% (v: v) durante 25 minutos, y tres lavados consecutivos con agua micro filtrada estéril, tercero, debido a que las semillas de la colecta del 13 junio de 2016 se encontraban almacenadas durante 10 meses en cuarto frío, la proliferación de microorganismos podría afectar y expresarse en el medio cultivo, por ende previo a la siembra fueron introducidas en una solución de cloranfenicol (1mg/L) durante tres minutos solución esterilizada por micro filtración. La siembra de semillas se realizó en cajas de Petri con 20 ml de medio MS (Murashige y Skoog), las cuales fueron mantenidas en sala de incubación en iluminación continua y una temperatura  $\pm 27$  °C durante 70 días; el seguimiento de germinación se realizó mediante el registro cada tres días del número de semillas germinadas durante ocho semanas.

Para la capacidad germinativa se evaluaron las variables:

- Porcentaje o potencial de germinación ( $PG = (SG/SS) * 100$ ), en el cual se expresa el porcentaje final de semillas germinadas (Sg) con relación al número total de semillas (Ss).
- Tiempo medio de germinación  $TMG = (T_1N_1 + T_2N_2 + \dots + T_nN_n) / N$ , mediante este parámetro se busca medir la velocidad y la dispersión de la germinación.

## 7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados fueron procesados en el programa estadístico infostat versión estudiantil (Di Rienzo *et al.*, 2011). Se realizaron pruebas t para analizar el potencial viable de las semillas antes y después de secado, también se realizaron pruebas de kruskal wallis para viabilidad y germinación de semillas con el fin de conocer la tolerancia a la desecación que presentan estas. Se compararon los valores de germinación entre tratamientos y el TMG mediante la prueba de varianza, la cual al no cumplir los supuestos de normalidad por Shapiro-Wilks, fueron sometidos a la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis. Para analizar los datos se generaron graficas de porcentajes de viabilidad, y porcentaje de germinación.

## 8 RESULTADOS

### 8.1 Morfología

Semillas de *Espeletiopsis corymbosa* presentaron, margen entero, forma cuneada, largo de entre 2,34 mm a 2,55 mm, un ancho de 1,18 mm a 1,3 mm, un peso promedio por semilla de 0,00138 gr. Las semillas presentan superficie lustrosa, consistencia coriácea de textura corrugada y color castaño oscuro, no presentan papús ni alas, semillas de testa delgada y dura, embrión con un largo de entre 0,92 mm a 1,06 mm, un ancho de 1,9 mm a 2,06 mm, de posición basal con una superficie lustrosa, de margen entero y de color amarillo, posee dos cotiledones de apariencia gruesa con forma elíptica unidos entre ellos y más grandes que la radícula, esta última es recta y totalmente incrustada en los cotiledones (figura 8-1)

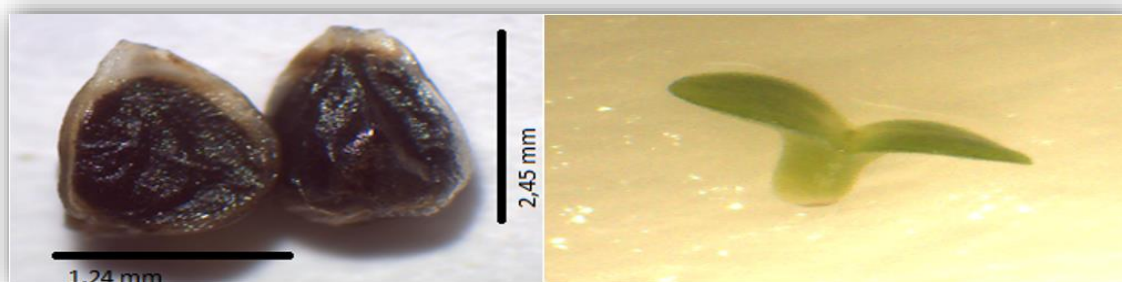


Figura 8-1 Características internas y externas de semillas de *Espeletiopsis corymbosa*.

Tabla 1 características cuantitativas referentes a morfología de semillas de *Espeletiopsis corymbosa*

ID	ACCESIÓN JBB119-A2	PROMEDIO	MAXIMO	MINIMO	DESVIACION ESTANDAR	INTERVALO PUNTO CONFIANZA
Semilla completa	LARGO (mm)	2,45	2,81	2,02	0,23	2,34 - 2,55
	ANCHO (mm)	1,24	1,52	0,96	0,13	1,18 - 1,3
	PESO FRESCO(gr)	0,00139	0,00139	0,00139	4,45	— 1,95 - 1,95
Embriones	LARGO (mm)	0,99	1,33	0,76	0,17	0,92 - 1,06
	ANCHO (mm)	1,98	2,2	1,57	0,18	1,9 - 2,06

## 8.2 Curva de imbibición

En la curva de imbibición de semillas de *Espeletiopsis corymbosa* presentada en la gráfica 8-2 se evidencia la rápida absorción de agua que presentaron hasta las 11 horas de monitoreo, este primer momento de absorción es tomado como la primera fase (a) denominada imbibición, fase en la cual se permite apreciar el incremento de peso con relación a la toma de agua, incremento que es debido al diferencial de potencial matricio presente entre la semilla y su exterior. En la misma grafica se denota que transcurridas 8 horas se presentó una estabilidad en la curva hasta las 11 horas de monitoreo, momento en el cual hay una caída en la toma de agua, estableciendo que la primera fase finalizó y la semilla entro en la fase II (b) llamada activación enzimática en la cual hay una rápida división celular, produciéndose una regeneración de tejidos afectados por procesos de maduración e hidratación, en esta también se presenta una síntesis de proteínas, además de presentarse la degradación de las paredes del endospermo generando la ruptura de la testa y salida de la radícula, esta última no se evidenció debido a que solo se monitoreo durante 12 y según datos obtenidos por el mismo estudio, en cámara germinadora, se necesitan alrededor de 20 y 30 días para que las semillas germinen, lo cual por disposición de horarios no se pudo realizar, ya a que el horario laboral de la entidad no supera las 12 horas día y este es un monitoreo de tipo constante.

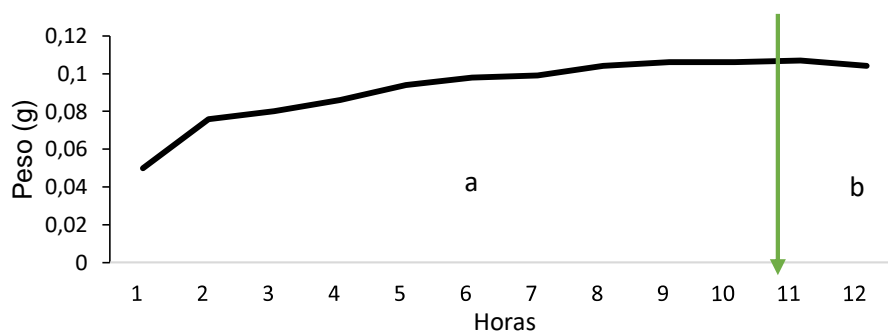


Figura 8-2 fases de la germinación a) imbibición, b) activación enzimática de semillas de *E. corymbosa* Durante 12 horas de evaluación.

## 8.3 Curvas de secado

La figura 8-3. Presenta la curva de secado obtenida para las semillas de *Espeletiopsis corymbosa* de dos fechas de colecta, semillas que al ser introducidas en frascos herméticamente selladas con sílice gel proporción (2:1) (v: v) y mantenidas a una temperatura  $\pm 20^{\circ}$  C. Presentaron una disminución de su contenido de humedad (CHi). En ambos casos las curvas obtenidas son útiles para predecir el tiempo requerido para la obtención de un contenido de humedad determinado a partir de la humedad inicial de las semillas 11,56 (primera colecta) y 20,01(segunda colecta). En el caso actual se analizaron las semillas hasta alcanzar un contenido de humedad del 5%, donde la primera fecha de colecta presento un

menor contenido de humedad que las semillas de la segunda colecta alcanzó el CH previsto luego de 26 horas transcurridas, tiempo que se duplica para las semillas de la segunda colecta, las cuales alcanzaron el CH previsto a partir de las 50 horas transcurridas. Este análisis acompañado de una prueba de viabilidad por tetrazolio permitió determinar que las semillas de *Espeletiopsis corymbosa* son de tipo ortodoxas, es decir son semillas que toleran reducir su contenido de humedad sin perder viabilidad.

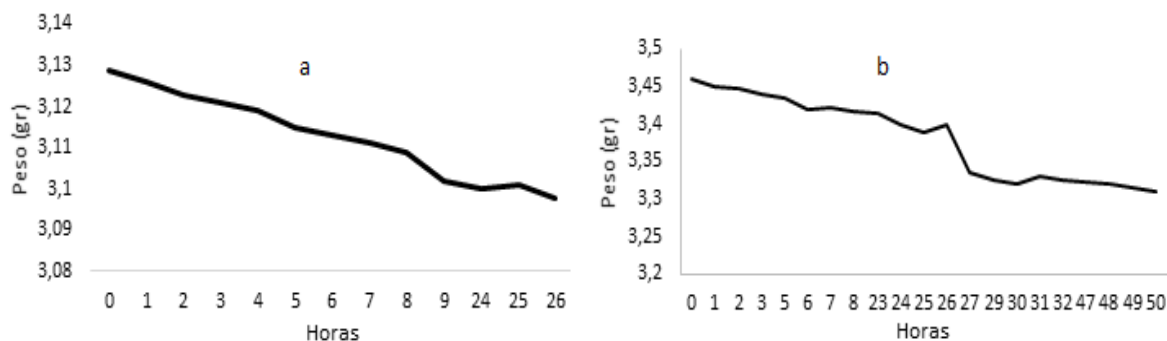


Figura 8-3 Curva de secado de semillas de *E. corymbosa* de dos fechas de colecta a) 13 junio de 2016, b) 18 de septiembre de 2017, semillas sometidas a contacto con sílice gel (2:1) (v: v)

#### 8.4 Viabilidad de semillas

Se determinó el porcentaje de viabilidad de semillas mediante la prueba de tetrazolio, evaluación realizada para semillas dos fechas de colecta (13 de junio de 2016 y 18 de septiembre de 2017) esta prueba permitió identificar la capacidad biológica que presenta la semilla mediante una coloración rojiza la cual es producto de una oxidación producida en las células vivas (figura 8-4), el análisis se realizó en dos oportunidades para cada montaje la primera evaluación se realizó a semillas con un contenido de humedad inicial (CH<sub>i</sub>) y el segundo se realizó a semillas con un contenido de humedad reducido a un 5%. obteniendo que semillas de la colecta 13 de junio 2016 tienen un porcentaje de viabilidad del 44% al inicio y un 32,5% luego de sufrir un proceso de deshidratación; para la colecta del 18 de septiembre 2017 se obtuvo un 67,5% de viabilidad a contenido de humedad inicial (CH<sub>i</sub>) y un 62,5% luego de ser sometidas a deshidratación (figura 8-5). la viabilidad estadísticamente (p valor 0,0841 primer colecta) (0,0701 segunda colecta) no se presentó una diferencia significativa referente a viabilidad de semillas a dos contenidos de humedad distintos; por otra parte las semillas de las dos colectas estadísticamente presentaron una diferencia significativa (p valor 0,0195) lo que indica que las semillas de la primer colecta presentaron un menor potencial de viable de sus embriones comparado con semillas de la segunda colecta, debido posiblemente a que estas estuvieron conservadas durante 10 meses.



Figura 8-4 Viabilidad de semillas de *Espeletopsis corymbosa* a) viva, b) muerta.

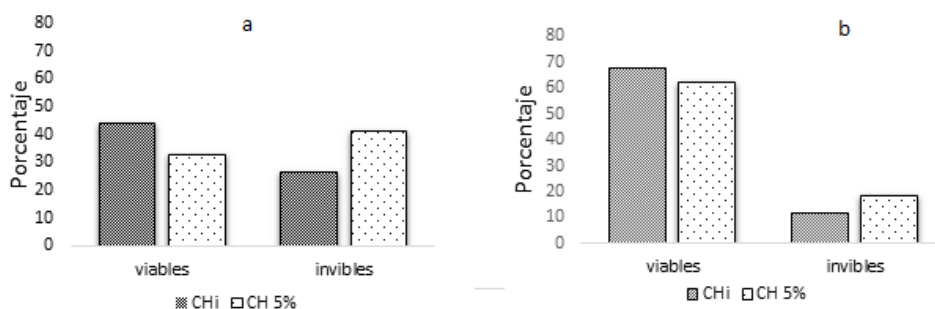


Figura 8-5 Porcentaje de viabilidad de semillas a dos contenidos de humedad a). Primera colecta (13 de junio de 2016), b). Segunda colecta (18 de septiembre de 2017)

### 8.5 Germinación

Como se observa en la figura 8-5 las semillas de *Espeletopsis corymbosa* exhibieron un porcentaje de viabilidad mayor al 44% y alrededor de un 20% de inviabilidad para las dos colectas evaluadas, estos porcentajes de semillas viables no se expresaron en su totalidad en los resultados de germinación. Se determinó que semillas colectadas el 18 de septiembre de 2017 presentaron una germinación mayor, la cual alcanzó un 13,5% comparado con las semillas obtenidas en la colecta del 13 de junio de 2016 las cuales solo obtuvieron un 6% (figura 8-6), donde la mayor germinación se expresó en el tratamiento dos, imbibición en 200mg de GA<sub>3</sub>/L a un contenido de humedad inicial esto referente para los dos montajes evaluados, expresión que se verificó estadísticamente mediante la prueba de Kruskal Wallis, la cual arrojó una diferencia significativa (p valor 0,0134 primer colecta) (p valor 0,0065 segunda colecta) para el tratamiento 200mg de GA<sub>3</sub> CHi vs los demás tratamientos. Por otro lado los tratamientos pre-germinativos evaluados mediante método *in vitro* estadísticamente (p valor 0,9897) no presentaron diferencias significativas para la variable germinación, variable la cual no superó el 3,5% (figura 8-7).

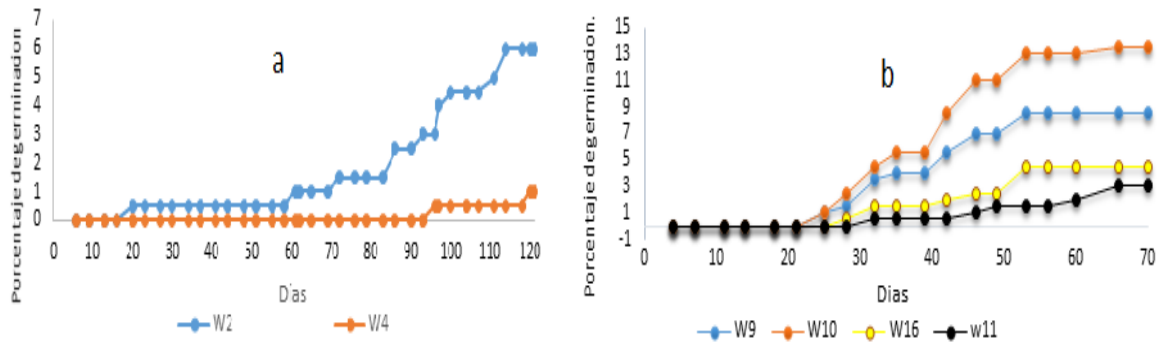
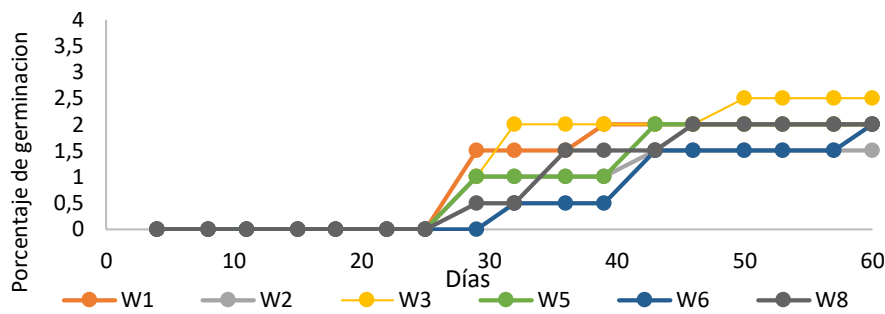


Figura 8-6 Capacidad germinativa acumulada de semillas *E. corymbosa* de dos fechas de colecta a) (13 de junio de 2016), b) (18 de septiembre de 2017), tratamientos con un porcentaje mayor al 1% de germinación, a) W2= 200mg GA3 CHi, W4= 400mg GA3 CH 5%, b) W9= testigo



8.6

Figura 8-7 Capacidad germinativa acumulada de semillas *E. corymbosa* primera colecta (13 de junio de 2016), tratamientos con un porcentaje mayor al 1% de germinación. W1= testigo CHI, W2= 200mg GA3 CHi, W3= 300mg GA3 CHi, W5= testigo CH 5%, W6= 200mg GA3 CH 5%. Tratadas en propagación in vitro

### Tolerancia a la desecación

Identificar el grado de tolerancia a la desecación que presentan las semillas, implica reducir el contenido de humedad de estas hasta un nivel en el cual no se presenten daños fisiológicos, grado el cual fue evaluado mediante la prueba de viabilidad, obteniéndose que someter las semillas a un evento de deshidratación hasta un 5% disminuyó la viabilidad de semillas de la primera colecta en un 26% y un 7% para semillas de la segunda colecta, analizados los datos para cada una de estas se determinó estadísticamente (p valor 0,0841 primer colecta)(0,0701 segunda colecta) que no se presenta una diferencia significativa para la variable viabilidad a dos contenidos de humedad distintos, identificando que las semillas de *Espeletopsis corymbosa* son de tipo ortodoxas. Por otro lado el potencial viable que presentan las semillas para generar un nuevo individuo no se ve reflejado en los resultados de las pruebas de germinación, ya que como se menciona en ítem germinación y se evidencia en la gráfica (figura 8-9) solo se presentó germinación significativa en el tratamiento de 200mg de GA3 a un CHI (p valor 0,0134 primer colecta)(p valor 0,0065 segunda colecta),

donde la primera obtuvo 6% y la segunda un 13,5%, vs los demás tratamientos los cuales para la primer colecta no supero el 1% de germinación y un 8% para la segunda colecta, evidenciando una posible dormancia fisiológica que pudo ser de tipo profunda al someterse las semillas a eventos de deshidratación.

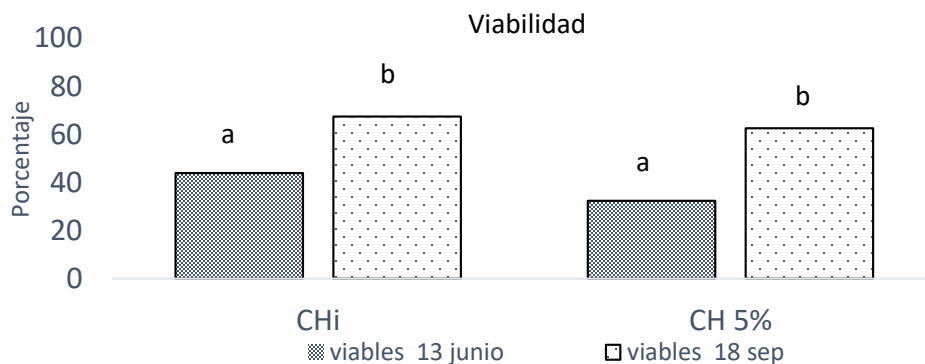


Figura 8-8 Viabilidad de semillas de *E. corymbosa* de dos colectas a) 13 de junio de 2016, b) 18 de septiembre de 2017, evaluadas a dos contenidos de humedad (inicial y reducido al 5%).

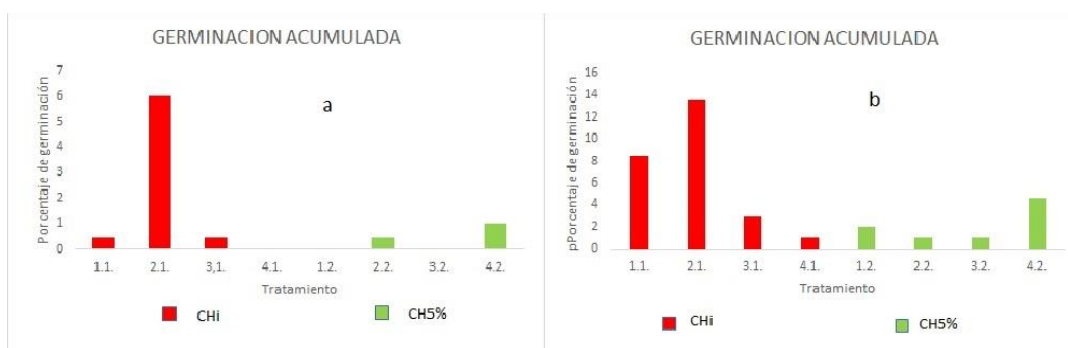


Figura 8-9 Germinación acumulada de semillas de *E. corymbosa* de dos fechas de colecta a) 13 junio de 2016, b) 18 de septiembre de 2017, evaluados cuatro tratamientos (1, 2, 3, 4) y dos contenidos de humedad (1) CHI, (2) CH5%.

## 9 DISCUSION

### 9.1 Morfología

Las semillas de *Espeletopsis corymbosa* aplican para los caracteres morfológicos para semillas propuestos por Niembro (1989), donde características como texturas, colores, formas, peso entre otras encajan perfectamente para la expresión de esta especie, la cual presenta rasgos morfológicos similares a las de otras especies como *Espeletopsis muiska*, *Espeletia rabanalensis*, *Espeletia grandiflora*, entre otras, en lo que concierne a semillas. Se conoce que los géneros *Espeletia* y *Espeletopsis* tienen aquenios pequeñas con una longitud de entre 1mm y 3mm de forma ovoide triangular y de poco peso (Lara & Cárdenas, 2015); Dalling (2002) resalta que el diminuto tamaño y bajo peso puede deberse a las necesidades regenerativas o adaptativas de cada especie en las cuales se pueden ganar o perder algunos componentes, adaptaciones que utilizan las especies de paramo para dispersarse y salvaguardar la especie; Por otro lado se resalta un déficit de estudios sobre semillas de la especie estudiada, donde los pocos estudios que se han realizado se basan en procesos de dispersión de semillas y manejo de suelos (Perez *et al.*, 2014), por ende se hace de vital importancia generar información referente a morfología de semillas. El objetivo del presente estudio morfológico es complementar los conocimientos ya existentes y poco reportados de la especie.

### 9.2 Curva imbibición

Cuando semillas de diversas especies son sometidas a hidratación en condiciones de anoxia, estas presentan un patrón trifásico de absorción de agua (Alberto *et al.*, 1999), donde la primera fase es denominada imbibición la cual hace referencia a la absorción de un líquido, esto debido al diferencial de potencial matricio que se presenta entre la semilla y los fluidos del exterior, como se evidencia en la figura 8-2, en la cual se denota una rápida absorción de agua durante las primeras horas y una estabilidad en la ganancia de peso transcurridas 8 horas, esta rápida absorción de agua pudo deberse a la permeabilidad presentada por la testa, la cual facilito la interacción del agua con el embrión, esta información concuerda con estudios realizados en especies de semillas permeables, Lobo *et al.*, (2007) y Moreno *et al.*, (2006) los cuales indican, que la permeabilidad de la testa permite una rápida entrada de agua y además permite descartar una latencia física. Por otra parte los datos de la curva infieren en que las semillas presentaban un potencial hídrico suficientemente negativo que permitió la entrada de agua para luego alcanzar una estabilidad relacionada con el inicio de la fase II, denominada actividad enzimática, fase en la cual hay una regeneración de tejidos afectados en los procesos de maduración e hidratación, una síntesis de proteínas, además de presentarse la degradación de las paredes del endospermo generando la ruptura de la testa y salida de la radícula (Courtis, 2013; Suárez & Melgarejo, 2007), radícula que no se evidencia en la prueba realizada debido a que esta fase necesita más tiempo al empleado en este trabajo.



### **9.3 Curvas de secado**

La semilla se puede considerar como una estructura compuesta por carbohidratos, proteínas, grasas y agua (Suárez & Melgarejo, 2007), esta última puede aumentar en la semilla mediante imbibición o disminuir por desecación; en general las semillas natalmente se secan a un ritmo exponencial hasta que alcanzan un cierto contenido de humedad (Rao. *et al.*, 2007), el cual para los bancos de semillas es fundamental conocer ya que dependiendo de este los métodos de conservación utilizados varían. En concordancia con lo anterior se analizaron semillas colectadas el 18 septiembre las cuales presentaron un peso inicial de 0,907gr semillas y tardaron 50 horas en alcanzar un contenido de humedad del 5%, mientras que semillas colectadas el 13 de junio de 2016 presentaban un peso inicial de 0,478g y solo tardaron 26 horas en llegar al mismo contenido de humedad, la diferencia de tiempo se debe a dos factores, el primero, al contenido de humedad inicial, el cual para semillas de la colecta de septiembre fue de 20,01% y la de junio de 11,56%, y segundo, el tiempo de almacenamiento, el cual para semillas colectadas el 18 de septiembre es 0 (uso en frescas) al momento de análisis, mientras que las semillas del 13 de junio presentaban 10 meses de almacenamiento, periodo de tiempo en cual contenido de humedad se ve afectado tal y como lo menciona Negrin & Zalba (2008).

### **9.4 Germinación**

Semillas de *Espeletopsis corymbosa* de las dos colectas realizadas presentaron una posible dormancia fisiológica, dormancia que según Martínez (2011) es debida a un desbalance hormonal, que puede ser vencido mediante la adición de giberelinas, regulador de crecimiento que fue utilizado a distintas concentración para beneficiar la germinación de la especie en condiciones de laboratorio (cámara germinadora), concentraciones las cuales no arrojaron resultados congruentes a los datos obtenidos mediante la prueba de viabilidad. Estadísticamente (p valor 0,0134 primer colecta) (p valor 0,0065 segunda colecta) se difiere que el único tratamiento con la capacidad de generar una nueva población de individuos es el tratamiento w2 (imbibición 24 horas en GA3 a concentración 200mg/L y un contenido de humedad inicial), donde dicha germinación alcanzo un 6% para la primer colecta y un 13,5% para la segunda colecta (figura 8-9). La baja germinación en la primera colecta puede deberse posiblemente a que esta estuvo sometida a un proceso de conservación durante 10 meses, periodo de tiempo en cual se puede ver afectado su CH y la capacidad biológica como lo reporta Negrin & Zalba (2008). Los resultados obtenidos como ya se mencionaba anteriormente no representaron adecuadamente la capacidad de las semillas de generar un nuevo individuo y ratifica la teoría de Cruz (2010) el cual menciona que la mayor parte de las especies perteneciente a la familia Asteraceae tienen altos porcentajes de viabilidad pero presentan cuadros de dormancia fisiológica. En el mismo orden de ideas Cavazos (2003) resalta que los distintos tratamientos usados no deben ser descartados sino complementados con otras prácticas como la estratificación en frío teoría que apoya Baskin & Baskin (2004),

además la baja germinación no permitió expresar el tiempo medio de germinación (TMG) que presentaban las semillas ya que en algunos tratamientos esta fue muy dispersa o nula.

La gran mayoría de los estudios acerca de germinación de especies de los géneros *Espeletia* y *Espeletiopsis* son de propagación sexual por método *in vitro*, como los realizados por Araque *et al.*, 2016; Bohórquez *et al.*, 2016; Rache & Pacheco, 2009, en los cuales se ha estimulado la germinación de semillas con porcentajes de la viabilidad similares a los obtenidos, mediante la utilización de reguladores de crecimiento como giberelinas, auxinas, Citoquininas y minerales, lo cual posiblemente permite romper la dormancia fisiológica y beneficiar la germinación de semillas.

### **9.5 Tolerancia a la desecación**

Según De viana. *et al.*, (2011) se distinguen dos tipos de repuestas fisiológicas fundamentales por parte de las semillas ante eventos de reducción de humedad, estas son recalcitrantes u ortodoxas, en esta última se agrupan las semillas que tienen la capacidad de perder agua de su sistema sin presentar afectaciones fisiológicas (Gutiérrez & Camacho, 2011). Con el fin de identificar a cuál de estos tipos pertenecen las semillas de *Espeletiopsis corymbosa* se sometieron las semillas a procesos de secado y a un análisis de viabilidad, prueba en la cual se evaluaron semillas de la especie a dos contenidos de humedad distintos, uno, a contenido de humedad inicial (11,56 primer colecta y 21,01 segunda colecta) y el otro a un contenido de humedad reducido del 5% para ambos montajes, este último es característico para conservación de semillas ortodoxas (Rao. *et al.*, 2007), obteniéndose estadísticamente (p valor 0,0841 primer colecta)(p valor 0,0701 segunda colecta) que las semillas no presentan diferencias significativas con respecto a la viabilidad a dos contenidos de humedad, datos que indicaron que estas semillas son de tipo ortodoxas, es decir son semillas que no pierden su potencial viable luego de perder agua de sistema (Rao. *et al.*, 2007). Una vez conocido esto se analizó el potencial germinativo que presentaban las semillas sin reducción de humedad y con reducción de la misma, mediante distintos tratamientos pre-germinativos planteados en el ítem germinación, los resultados de esta prueba de germinación indicaron que las semillas de la especie también poseen un rasgo característico de la familia el cual es presentar una posible dormancia fisiológica (Cruz, 2010), la cual según los datos obtenidos puede ser de tipo profunda en semillas sometidas a eventos de desecación, esta afirmación se determino a partir de la baja o nula germinación presentada por parte de las semillas en los diferentes tratamientos.

## 10 CONCLUSIONES

- Este trabajo contribuye a la caracterización morfológica de estructuras de la semilla, germinación, viabilidad y tolerancia a la desecación de *Espeletiopsis Corymbosa*, características poco reportadas en la literatura.
- El bajo peso que presentan las semillas, la ausencia de papús, alas y endospermo, infieren acerca de la dispersión de la especie la cual es de tipo anemócora que complementada por la gravedad permite la movilización de las semillas, permitiendo colonizar espacios del ecosistema en que habita.
- La rápida absorción de agua por parte de la semilla permitió descartar una impermeabilidad de la testa y por ende una dormancia física.
- Los resultados obtenidos en los ensayos de germinación mostraron porcentajes mayores para semillas colectadas el 18 de septiembre de 2017 comparado con semillas colectadas el 13 de junio de 2016, lo que permite asegurar que semillas recién colectadas presentan mayor potencial para generar nuevas poblaciones de plantas.
- El tratamiento w2 (ácido giberelico 200 mg/L CH normal), para las dos colectas presento los mayores porcentajes de germinación 6% primer colecta y 13,5% segunda colecta, siendo este el tratamiento más indicado dentro de los evaluados para germinar semillas de *Espeletiopsis corymbosa* en condiciones de laboratorio.
- Es posible que el bajo porcentaje de germinación de semillas en las dos colectas se deba a procesos fisiológicos presentes como lo puede ser un desbalance hormonal, el cual, los distintos tratamientos no lograron romper.
- Semillas evaluadas mediante método *in vitro* no obtuvieron una germinación acorde a los datos obtenidos mediante la prueba de viabilidad (3,5%), el cual tampoco supero la germinación presentada en cámara de germinación (6%), por ende no se realizó en un segundo ensayo.
- La viabilidad de semillas se expresó adecuadamente en 2, 3, 5 trifenil tetrazolio a una concentración del 1%, revelando que semillas recién colectadas presentan una diferencia con respecto al a viabilidad de embriones, la cual alcanzo un 67,5% de embriones viables para semillas del 18 de septiembre de 2017, mientras que semillas recolectas el 13 de junio de 2016 presentan una viabilidad del 44%.
- Semillas de *Espeletiopsis corymbosa* presentan una característica común dentro de la familia asterácea la cual es presentar porcentajes altos de semillas vanas, el cual concordó con el estudio realizado.
- Con el fin el conocer el grado de tolerancia a la desecación que presentan semillas de *Espeletiopsis corymbosa* se evaluó la viabilidad y la germinación de semillas a distintos contenidos de humedad presentándose que son semillas de tipo ortodoxas, pero se desconoce su comportamiento pos deshidratación ya que las semillas no germinaron acordemente mediante el uso de los distintos tratamientos planteados.

- Los tratamientos evaluados con reducción de humedad no presentaron germinación significativa debido a que reducir el contenido de humedad agudizo un posible desbalance hormonal que se podría estar presentando en las semillas.

## 11 RECOMENDACIONES

- Realizar nuevos estudios acerca de geminación *Espeletiopsis corymbosa* es fundamental ya que así se puede inferir en posibles procesos de manejo, conservación y restauración.
- Utilizar nuevas concentraciones de ácido giberelico acompañado de procesos de estratificación podría beneficiar la germinación de *Espeletiopsis corymbosa*.
- Identificar la capacidad que presentan las semillas de *Espeletiopsis corymbosa* para ser conservadas por métodos *ex situ*, implica estudiar no solo su grado de tolerancia a la desecación, si no comportamiento pos almacenamiento, ya que con base en este dato se programaría una renovación de accesiones.
- Para analizar la tolerancia a la desecación, se recomienda evaluar semillas de la especie a distintos contenidos de humedad, datos permitirían identificar con más exactitud características biológicas y el potencial de almacenamiento de las semillas.

## 12 BIBLIOGRAFIA

- Alberto, J., Sánchez, R., Sánchez, J., Calvo, E., Muñoz, B., & Orta, R. (1999). Comparación De Dos Técnicas De Acondicionamiento De Semillas Y Sus Efectos En La Conducta Germinativa Del Tomate , Pimiento Y Pepino Del Tomate , Pimiento Y Pepino. *Cultivos Tropicales*, 20(May 2016), 51–56.
- Araque, E., Bohórquez, M., & Pacheco, J. (2016). Micropropagación de *Espeletiopsis rabanalensis*. *Biotecnología Aplicada*, 33(1), 1211–1217.
- Araya, E., Gómez, L., Hidalgo, N., & Valverde, R. (2000). Efecto de la luz y del ácido giberelico sobre la germinación in vitro de jaul (Alnus acuminata). *Agronomía Costarricense*, 24(1), 75–80.
- Baskin, C., & Baskin, J. (1998). Ecologically meaningful germination studies. In *Seeds. ecology, biogeography, and, evolution of dormancy and germination* (pp. 5–33). Boston.
- Baskin, J. ., & Baskin, C. . (2004). A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 14(1), 1–16.
- Berjak, P., & Pammenter, N. (2004). Semillas Ortodoxas y Recalcitrantes. *Unidad de Investigación de Biología Celular de Plantas. Facultad de Ciencias de La Vida.*, 4, 143–155.
- Bohórquez, M., Araque, E., & Pacheco, J. (2016). Propagación in vitro de *Espeletia paipana* S. Díaz y Pedraza, frailejón endémico en peligro de extinción. In *Actualidades Biológicas* (Vol. 38, pp. 23–36).
- Cabrera, M. (2014). Los páramos origen y componentes. In *Restauración ecológica de los páramos de colombia: Transformación y herramientas para su conservación* (p. 298). Bogotá, D.C.
- Cavazos, J. (2003). *Estudios ecofisiológicos en plantas medicinales: rompimiento de latencia en semillas de Calendula officinalis L. (Asteraceae Tribu: Calenduleae)*. Universidad autónoma agraria antonio narro.
- Chaparro, J., & Chaparro, N. (2012). Beneficios del ecosistema páramo, organizaciones y políticas de conservación. *Desarrollo, Economía Y Sociedad*, 1, 57–76.
- Correa, E., Alvarez, S., Espitia, M., & Cardona, C. (2013). Modelos de secado y tolerancia a la desecación de semillas de *tectona grandis* l.f. y *gmelina arborea* roxb., 30(2), 20–33.
- Corzo, G. (2013). Una mirada desde los páramos a la conservación de la biodiversidad en colombia. In J. Cortes & C. Sarmiento (Eds.), *Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana: memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación*. (pp. 89–102).
- Courtis, A. (2013). Cátedra de Fisiología Vegetal. *Fisiologia Vegetal*, 1, 1–22.
- Crawley, M. (2000). Seed Predators and Plant Population Dynamics. In M. Fenner (Ed.),

- Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities* (pp. 167–182). California.
- Cruz, G. (2010). Latencia de semillas en la familia de las compuestas. *Innovacion Y Experiencias Educativas*, 1–10.
- Cuatrecasas, J. (1996). Clave provisional de las especies del género *Espeletiopsis* Cuatrec. (Espeletiinae, Compositae). *Anales Del Jardín Botánico de Madrid*, 54, 370–377.
- Dalling, J. (2002). Ecología de semillas. *Ecología Y Conservación de Bosques Neotropicales*. Costa rica.
- De la cuadra, C. (1992). Germinacion , latencia y dormicion de las semillas (Dormición en las avenas locas). *Ministerio de Agricultura Pesca YA Limentación.*, 3, 1–24.
- de Viana, M. L., Mosiario, M. J., & Morandini, M. N. (2009). Tolerancia a la desecación de semillas de dos especies arbóreas del chaco salteño (Argentina): *Erithryna falcata* benth. y *tecoma garrocha* hieron. *Revista Científica UDO Agrícola*, 9(3), 590–594.
- De viana, M., Morandi, M., Giamminola, E., & Diaz, R. (2011). Investigación de operaciones. In *nuestro entorno* (Vol. 1, p. 824).
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2011). InfoStat. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.
- Diazgranados, M., & Barber, J. (2012). Geography shapes the phylogeny of frailejones (Espeletiinae Cuatrec., Asteraceae): a remarkable example of recent rapid radiation in sky islands. *The next Generation Congress*, 1–7.
- FAO. (2014). *Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Comisión de Recursos genéticos para la Alimentación y la Agricultura*. roma.
- Francescangeli, N., & Zagabria, A. (2010). Citoquinina para modificar la arquitectura de planta de petunia. *ITEA Informacion Tecnica Economica Agraria*, 106(1), 46–52.
- Gutiérrez, V., & Camacho, D. (2011a). *Evaluacion de las estrategias de propagación de la especie Vaccinium floribundum (familia Ericaceae) presente en el Paramo Cruz Verde*. Universidad De Ciencias Aplicadas y Ambientales - U.D.C.A Facultad de Ingeniería.
- IAvH. (2007). Atlas de Páramos. *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.*, 1, 205.
- Jaimes, C., García, G., Carballo, A., Calderón, G., Jaimes, F., & Cuevas, J. (2014). Tolerancia a la desecación en semillas de nanche (*Byrsonima crassifolia* L.) Kunth. *Revista Mexina de Ciencias Agrarias*, 5, 819–831.
- Jara, L. (2007). *Secado procesamiento y almacenamiento de semillas forestales*. turrialba, costa rica: centro agronomico tropical de investigaciones y enseñanza.
- Jardin Botanico De Bogotá. (n.d.). Colecciones *Espeletiopsis corymbosa*.

- Jordán, M., & Casaretto, J. (2006). Hormonas y reguladores del crecimiento: etileno, ácido abscísico, brasinoesteroides, poliaminas, ácido salicílico y ácido jasmónico. *Fisiología Vegetal. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile*, 1–28.
- Lara, K., & Cárdenas, J. (2015). *Aspectos de la propagación sexual de Espeletia grandiflora (P.N.N. Sumapaz, Colombia)*. Jorge tadeo lozano.
- Llambí, L., & Cuesta, F. (2014). La diversidad de los páramos andinos en el espacio y en el tiempo. In F. Cuesta, J. Sevink, L. D. Llambí, B. De Bièvre, & J. † Posner (Eds.), *avances en investigación para la conservación de los paramos adinos* (pp. 7–40).
- Lobo, M., Delgado, Ó., Cartagena, J., Fernández, E., & Medina, C. I. (2007). Categorización de la germinación y la latencia en semillas de chirimoya (*Annona cherimola* L.) y guanábana (*Annona muricata* L.), como apoyo a programas de conservación de germoplasma. *Agronomía Colombiana*, 25(2), 231–244.
- Lopez, C. (2015). *Oferta de semillas y ecología de la germinación de una especie altoandina, como aproximación a las estrategias de reclutamiento*. Universidad Francisco José de Caldas.
- Martinez, G. (2011). El ácido giberélico incrementa la germinación prematura en el nogal pecanero (*Carya illinoensis* Koch.). *Tecnociencia Chihuahua*, 5(3), 148–155.
- Megías, M., Molist, P., & Pombal, M. (2015). Organos vegetales. *Atlas de Histología Vegetal Y Animal*, 5.
- Melgarejo, L. M., Hernández, S., Barrera, J., Solarte, M. E., Suárez, D., Pérez, L. V., ... Crespo, S. (2010). *Experimentos en fisiología vegetal*. Universidad Nacional de Colombia.
- Monasterio, M. (1980). Los páramos andinos como región natural: Características biogeográficas generales y afinidades con otras regiones andinas. In *estudios ecológicos en Los páramos Andinos* (pp. 15–27). Merida.
- Moreno, F., Plaza, G., & Magnitskiy, S. (2006). Efecto de la testa sobre la germinación de semillas de caucho (*heave brsiliensis* Muell.). *Agronomía Colombiana*, 24(2), 290–293.
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant*, 15(43), 473–497.
- Negrin, V., & Zalba, S. (2008). Germinación de *Grindelia ventanensis* ( Asteraceae ), una especie endémica del sistema de Ventania ( Buenos Aires ). *Boletín de La Sociedad Argentina de Botánica*, 43(3–4), 261–267.
- Niembro, A. (1989b). *Semillas de plantas leñosas morfología comparada*. limusa, mexico.
- Pantoja, A. (2013). *Influencia de las prácticas de manejo en la disponibilidad y abundancia de la flora vascular utilizada en áreas silvestres y cultivadas en la reserva natural azufral, vereda el espino, municipio de sapuyes (Nariño-Colombia)*. Universidad De Nariño.

- Pérez, F., & Pita, J. (2014). Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas. *Ministerio de Agricultura Pesca YA Limentación.*, (1), 1–5.
- Perez, V., Rodriguez, N., Melgarejo, L., & Vargas, O. (2014). Ecología de semillas en los paramos. In *semillas de plantas de paramo: ecologia y metodos de germinacion aplicadas a la restauracion ecologica* (pp. 114–176). Bogotá D, C.
- Piedrahita, S., & Rodriguez, B. (2010). Nuevas Especies Colombianas de Espeletriopsis Cuatrec. y de Espeletia Mutis ex Humb. & Bonpl. (Asteraceae, Heliantheae, Espeletiinae). *Revista Acad. Colomb. Ci. Exact.*, 34, 441–454.
- Rache, L., & Pacheco, J. (2009). Micropropagación de Espeletiaopsis muiska (Cuatrecasas), frailejón del Parque Natural La Ranchería – Boyacá, Colombia. *Agronomia Colombiana*, 27(3), 349–358.
- Rangel, A., Córdova, L., López, A., Delgado, A., Zavaleta, H., & Villegas, A. (2011). tolerancia a la desecacion en semillas de tres origenes geneticos de cacao ( Theobroma cacao L). *Fitotecnia Mexicana, Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C*, 34, 175–182.
- Rao, K., Hanson, J., Jean, D., Ehsan, D., Kakoli, G., David, N., & Michael, L. (2007). Manual para el Manejo de Semillas en Bancos de Germoplasma. *Bioversity International*, 8, 1–165.
- Rios, O. (2013). Disturbios en los páramos andinos. In J. Cortes & C. Sarmiento (Eds.), *Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana: memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación.* (pp. 39–58).
- Sarmiento, C., Cadena, C., Sarmiento, M., & Jessica, Z. (2013). *Aportes a la conservación estratégica de los páramos de Colombia : actualización de la cartografía de los complejos de páramo a escala 1:100.000.*
- Suárez, D., & Melgarejo, L. (2007). Biología de la Germinación de Semillas. In L. Melgarejo (Ed.), *Experimentos en fisiología vegetal* (pp. 13–24). Bogota.
- Universidad Nacional de Colombia. (2007). Colecciones Espeletiaopsis corymbosa. Retrieved May 5, 2017, from [http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/colecciones/result/species/Espeletiaopsis corymbosa/](http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/colecciones/result/species/Espeletiaopsis_corymbosa/)
- Vázquez, C., Orozco, A., Rojas, M., Sanchez, M., & Cervantes, V. (1997). *La reproducción de las plantas semillas y meristemas* (1st ed.). Mexico.
- Vazquez, F. (2005). *Inducción del crecimiento de cortadillo (Nolina cespitifera Trel.) mediante aplicacion de fitorreguladores.* Autonoma Agraria.
- Yanes, C., Orozco, A., Rojas, M., Sánchez, M., & Virginia, C. (1997). *La reproducción de las plantas: semillas y meristemas.* Mexico D.F.



## 13 ANEXOS

### 1. Descriptores y cualidades morfológicas de semillas de *Espeletopsis corymbosa*.

<b>Estructura</b>	<b>Descriptor</b>	<b>Cualidad</b>
<b>Externa</b>	morfometria	Margen
		Forma
		Largo
		Ancho
		Peso
	Cubierta seminal	Superficie
		Consistencia
		Textura
		Color
	Papús	Presente/ ausente
Alas	Presente/ ausente	
<b>Interna</b>	Testa	Grosor
		Consistencia
	Tegmen	Presente/ ausente
	Endospermo	Aplica/ no aplica
	Embrión	Largo
		Ancho
		Superficie
		Color
		Margen
	Cotiledones	Apariencia
		Forma
		Estado entre ellos
		Tamaño respecto la radícula

		Forma
	Radícula	Posición respecto los cotiledones

## Análisis estadístico.

2. Prueba de Kruskal Wallis para germinación de semillas colectadas el 13 de junio de 2016.

### Prueba de Kruskal Wallis

Variable	CH	TRATAMIENTO	l	M	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
% GERMINACION 1	W1			4	0,50	1,00	0,00	10,20	0,0134	
% GERMINACION 1	W2			4	6,00	4,32	5,00			
% GERMINACION 1	W3			4	0,50	1,00	0,00			
% GERMINACION 1	W4			4	0,00	0,00	0,00			
% GERMINACION 2	W5			4	0,00	0,00	0,00			
% GERMINACION 2	W6			4	0,50	1,00	0,00			
% GERMINACION 2	W7			4	0,00	0,00	0,00			
% GERMINACION 2	W8			4	1,00	2,00	0,00			

Trat.	Ranks
1:W4	12,50 A
2:W5	12,50 A
2:W7	12,50 A
1:W1	16,00 A
2:W6	16,00 A
1:W3	16,00 A
2:W8	16,75 A B
1:W2	29,75 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

3. Prueba de Kruskal Wallis para tiempo medio de germinación de semillas de semillas colectadas el 13 de junio de 2016

Nueva tabla : 19/02/2018 - 3:39:29 p. m. - [Versión : 31/03/2015]

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
TMG	t1	4	5,00	10,00	0,00	9,72	0,0187
TMG	t2	4	87,79	27,66	98,08		
TMG	t3	4	20,75	41,50	0,00		
TMG	t4	5	0,00	0,00	0,00		
TMG	t5	4	0,00	0,00	0,00		
TMG	t6	4	15,25	30,50	0,00		
TMG	t7	4	0,00	0,00	0,00		
TMG	t8	3	36,00	62,35	0,00		

Trat.	Ranks
t4	12,50 A
t5	12,50 A
t7	12,50 A
t1	15,63 A
t6	16,13 A B
t3	16,38 A B
t8	19,00 A B
t2	29,00 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

4. Prueba de Kruskal Wallis para germinación de semillas colectadas el 18 de septiembre de 2018

Nueva tabla : 19/02/2018 - 3:58:50 p. m. - [Versión : 31/03/2015]

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
% germinacion t10		4	13,50	7,37	14,00	18,52	0,0065
% germinacion t11		4	3,00	1,15	3,00		
% germinacion t12		4	1,00	2,00	0,00		
% germinacion t13		4	2,00	1,63	2,00		
% germinacion t14		4	1,00	1,15	1,00		
% germinacion t15		4	1,00	1,15	1,00		
% germinacion t16		4	4,50	2,52	4,00		
% germinacion t9		4	8,50	5,97	8,00		

Trat. Ranks

t12	8,88	A
t14	9,00	A
t15	9,00	A
t13	13,38	A B
t11	17,75	A B C
t16	21,13	A B C
t9	24,63	B C
t10	28,25	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

5. Prueba de Kruskal Wallis para tiempo medio de germinación de semillas colectadas el 18 de septiembre de 2017

Nueva tabla : 19/02/2018 - 4:09:56 p. m. - [Versión : 31/03/2015]

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
MG	t10	4	41,68	7,32	42,36	11,84	0,0992
MG	t11	4	54,25	8,06	51,00		
MG	t12	4	10,50	21,00	0,00		
MG	t13	4	31,75	21,36	40,50		
MG	t14	4	23,75	29,26	17,50		
MG	t15	4	27,00	32,68	21,00		
MG	t16	4	59,56	22,34	62,63		
MG	t9	4	38,60	6,22	37,70		

6. Prueba de Kruskal Wallis para germinación de semillas método in vitro colectadas el 13 de septiembre de 2016.

Nueva tabla\_1 : 23/04/2018 - 2:20:02 p. m. - [Versión : 31/03/2015]

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	TRATAMIENTO	CH	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
% GERMINACION	t1	1	4	2,00	2,31	2,00	1,32	0,9798
% GERMINACION	t2	1	4	3,00	6,00	0,00		
% GERMINACION	t3	1	4	4,00	5,66	2,00		
% GERMINACION	t4	1	4	2,00	2,31	2,00		
% GERMINACION	t5	2	4	4,00	4,62	4,00		
% GERMINACION	t6	2	4	3,00	3,83	2,00		
% GERMINACION	t7	2	4	2,00	2,31	2,00		
% GERMINACION	t8	2	4	4,00	3,27	4,00		

7. Prueba t para semillas de *Espeletiopsis corymbosa* colectadas el 13 de junio de 2016 y 18 de septiembre de 2017, semillas evaluadas a dos contenidos de humedad.

Nueva tabla\_2 : 23/04/2018 - 6:28:27 p. m. - [Versión : 31/03/2015]

Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	Media(1)-Media(2)	LI(95)	LS(95)	pHomVar	T	p-valor	prueba
CH*COLECTA	% VIABILIDAD	{1:1}	{2:1}	4	4	44,00	32,50	11,50	-2,11	25,11	0,2892	2,07	0,0841	Bilateral

Nueva tabla\_3 : 23/04/2018 - 6:32:55 p. m. - [Versión : 31/03/2015]

Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	Media(1)-Media(2)	LI(95)	LS(95)	pHomVar	T	p-valor	prueba
COLECTA*CH	%VIABILIDAD	{2:1}	{2:2}	4	4	67,50	62,50	5,00	-0,56	10,56	0,5197	2,20	0,0701	Bilateral

8. Prueba t para semillas de *Espeletiopsis corymbosa* colectadas el 13 de junio de 2016 y 18 de septiembre de 2017, diferencia de colectas.

Nueva tabla : 23/04/2018 - 6:19:06 p. m. - [Versión : 31/03/2015]

Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	Media(1)-Media(2)	LI(95)	LS(95)	pHomVar	T	p-valor	prueba
COLECTA*CH	INICAL % VIABILIDAD	{1:11,56}	{2:21,01}	4	4	44,00	67,50	-23,50	-39,81	-7,19	0,0494	-4,59	0,0195	Bilateral