

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Compostado de *Tillandsia recurvata* L, como Sustrato Alternativo para Germinación y Desarrollo de *Abies vejarii*

Por:

DIEGO ADRIAN ESTRADA MUÑOZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Febrero, 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Compostado de *Tillandsia recurvata* L, como Sustrato Alternativo para Germinación y Desarrollo de *Abies vejarii*

Por:

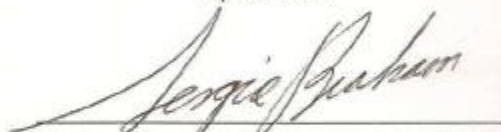
DIEGO ADRIAN ESTRADA MUÑOZ

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada



Ing. Sergio Braham Sabag
Asesor Principal



Ing. José Antonio Ramírez Díaz
Coasesor



M.C. Melchor García Valdez
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Febrero, 2013

DEDICATORIA

A mis padres

Cornelio Estrada Sánchez, por brindarme todo el apoyo para la realización de mis estudios y por haberme motivado siempre a seguir adelante, por enseñarme a trabajar para lograr lo que quiero en la vida, por haberme dado la vida y estar conmigo cuando más lo necesito, este logro se lo debó a usted papa.

María Guadalupe Muñoz Díaz, por ser la mejor de todas las madres, por todos sus desvelos, por sus consejos, por darme todo su cariño y comprensión día a día, por siempre estar pendiente mí y por haberme dado la dicha de nacer te quiero mucho mama.

A mis hermanos

Héctor Eduardo Estrada Muñoz, por haber cuidado de mi cuando era niño y darme sus consejos de cómo salir adelante trabajando.

María Guadalupe Muñoz Díaz, Por ser mi única hermana, por el cariño y respeto que tiene así mí y por escuchar mis consejos.

Juan De Dios Estrada Muñoz, por ser mi hermana menor, compañero, amigo y por el respeto que me tiene.

En especial a mi hermano **Gregorio Adán Estrada Muñoz** por brindarme todo su apoyo en mi formación académica y motivarme siempre a seguir a delante, a pesar de los grandes problemas, por estar conmigo en las buenas y en las malas gracias hermano.

Con cariño para mi novia **Jovana Sarahi Aragón López**, por haber compartido tu gran amistad y cariño conmigo durante este tiempo y por tus consejos que han cambiado mi forma de ser y ver la vida te quiero mucho Jovana.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por su gran apoyo invaluable durante toda mi vida.

A mi hermano Ing. Gregorio Adán Estrada Muñoz, por ser mi compañero y ver por mí durante estos cinco años de mi formación profesional.

A mis hermanos por preocuparse por mí y por su cariño.

Al Ing. Sergio Braham Sabag, por su gran apoyo en la realización de este proyecto, por sacarlo adelante y por su asesoría durante este trabajo de investigación.

Al M.C. Melchor García Valdez, por su ayuda y asesoría para sacar este proyecto adelante.

Al Ing. José Antonio Ramírez Días, por su ayuda y asesoría para sacar este proyecto adelante.

Al C. Alejo Barreto Gonzales, por haberme tratado tan bien durante la realización de mis prácticas profesionales y por preocuparse por que aprendiera.

Al Ing. Giuliana Ávila Valdez por la gran paciencia que tuvo para trasmitirme sus conocimientos durante la realización de mis prácticas profesionales.

Al Ing. Eduardo Villalobos, por su amistad brindada durante la realización de mis prácticas profesionales.

Al Ing. Héctor Navarro Modesto, por sus consejos durante la realización de mis prácticas profesionales.

Al Ing. Bernardo García Castillo, por asesorarme durante mi formación profesional y por su amista.

Al Ing. José Antonio Alfaro Pérez, ser una gran persona y por su amistad.

A mi compañero y amigo Rodríguez Manuel Jesús Israel por brindarme su amistad durante mi estancia en esta casa de estudios.

A Fermín Hernández Muñoz por darme trabajo durante gran parte de mi juventud y bridarme su amista.

A todos los profesores que me formaron durante mi carrera.

A mi alma terra mater por abrirme sus puertas y ser mi segundo hogar.

ÍNDICE

ÍNDICE DEL CONTENIDO.....	I
ÍNDICE DE FIGURAS	IV
ÍNDICE DE CUADROS	V
RESUMEN	VI

ÍNDICE DEL CONTENIDO

I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Importancia del estudio	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
1.4 Hipótesis.....	2
II REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Aspectos generales sobre las especies de estudio.....	3
2.1.1 Características de <i>Tillandsia recurvata</i>	3
2.1.1.1 Clasificación taxonómica de <i>Tillandsia recurvata</i>	3
2.1.1.2 Condiciones ecológicas para su desarrollo	3
2.1.1.3 Tipos de daños	5
2.1.1.4 Distribución de <i>Tillandsia recurvata</i> en México.....	5
2.1.1.5 Usos Potenciales de <i>Tillandsia recurvata</i>	6
2.1.1.6 Aprovechamiento de <i>Tillandsia recurvata</i>	6
2.1.1.6 Propiedades de <i>Tillandsia recurvata</i> como sustrato	7
2.1.2 Características de <i>Abies vejarii</i>	8
2.1.2.1 Clasificación taxonómica de <i>Abies vejarii</i>	8
2.1.2.2 Descripción botánica de <i>Abies vejarii</i>	9
2.1.2.3 Distribución.....	9

2.1.2.4 Descripción del género <i>Abies</i> en Coahuila	9
2.1.2.5 Estatus de conservación.....	10
2.2 Aspectos generales sobre la reproducción.....	10
2.2.1 Semilla.....	10
2.2.2 Germinación	11
2.2.2.1 Factores necesarios para germinación, emergencia y desarrollo de la plántula	11
2.2.2.1.1 Factores intrínsecos	12
2.2.2.1.2 Factores extrínsecos	12
2.2.2.2 Pruebas de germinación.....	14
2.2.2.2.1 Energía de germinación.....	14
2.2.2.2.2 Porcentaje de germinación	14
2.2.2.2.3 Velocidad de germinación	14
2.2.3 Emergencia	15
2.3 Sustratos	15
2.3.1 Definición.....	15
2.3.2 Necesidad de caracterizar los sustratos.....	16
2.3.3 Características de un buen sustrato	16
2.3.4 Clasificación de los sustratos	17
2.3.5 Propiedades que debe tener un sustrato.....	17
2.3.5.1 Propiedades físicas	18
2.3.5.2 Propiedades químicas	22
2.3.5.3 Propiedades biológicas.....	25
2.3.5.4 Propiedades suspensivas.....	26
2.3.5.5 Otra Propiedades	26
2.3.6 Mezcla de sustratos.....	27
2.4 Descripción de los sustratos utilizados.....	28
2.4.1 Peat moss o turba	28
2.4.1.1 Turbas eutróficas y oligotróficas	28
2.4.1.2 Turbas eutróficas.....	28
2.4.1.3 Turbas oligotróficas	29

2.4.1.4 Turbas oligotrófica clara	29
2.4.1.5 Turbas oligotrófica negra	30
2.4.2 Perlita	30
2.4.3 Vermiculita.....	30
2.5 Estudios afines	31
III MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
3.1 descripción de área de estudio	33
3.1.1 Ubicación del invernadero.....	33
3.1.2 Altitud y suelo	33
3.1.3 Clima	33
3.1.4 Precipitación.....	33
3.2 Invernadero	34
3.3 Contenedores.....	34
3.4 Colecta de semilla.....	35
3.5 Localización del área de colecta de <i>Tillandsia recurvata</i>	35
3.6 Materiales utilizados.....	35
3.7 Actividades a realizadas.....	36
3.8 Descripción de tratamientos.....	38
3.9 diseño experimental	38
3.10 Modelo estadístico	39
3.11 Variables evaluadas	39
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
V CONCLUSIONES	55
VI RECOMENDACIONES.....	56
VII LITERATURA CITADA.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Muestra la representación grafica del porcentaje de germinación de cada tratamiento.	44
Figura 2. Muestra la representación grafica del desarrollo en altura durante las dos evaluaciones	47
Figura 3. Muestra la representación grafica del desarrollo en el diámetro basal durante las dos evaluaciones.	48
Figura 4. Muestra la representación grafica del la altura (masa aérea) de las muestras tomadas.	49
Figura 5. Muestra la representación grafica del diámetro basal (masa aérea) de las muestras tomadas.	50
Figura 6. Muestra la representación grafica del la longitud de las raíces de las muestras tomadas.	51
Figura 7. Muestra la representación grafica del las raicillas blancas de las muestras tomadas.	52
Figura 8. Muestra la representación grafica del contenido de humedad (masa aérea) de las muestras tomadas	53
Figura 9. Muestra la representación grafica del contenido de humedad (masa radicular) de las muestras tomadas	53
Figura 10. Representación grafica de la mortalidad en porcentaje de los diferentes tratamientos.	54

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de tratamientos.	38
Cuadro 2. Muestra el arreglo de los tres tratamientos y su testigo.....	38
Cuadro 3. Numero de semillas germinadas por tratamiento.	43
Cuadro 4. ANVA con ($p \leq 0.05$) de sobrevivencia.	45
Cuadro 5. Comparación de medias por tratamiento.....	45
Cuadro 6. ANVA con ($p \leq 0.05$), de la primera evaluación de desarrollo en altura.	46
Cuadro 7. ANVA con ($p \leq 0.05$), de la segunda evaluación de desarrollo en altura	46
Cuadro 8. ANVA con ($p \leq 0.05$), de la primera evaluación de desarrollo en el diámetro basal.....	47
Cuadro 9. ANVA con ($p \leq 0.05$), de la segunda evaluación de desarrollo en el diámetro basal.....	48

RESUMEN

Los programas de reforestación al nivel nacional son considerados como la principal alternativa para la recuperación del suelo y las áreas forestales degradadas, razón por la cual en la última década en México se están otorgando grandes apoyos para las plantaciones forestales tanto comerciales y no comerciales, a través de programas como ProÁrbol, por esta razón se ha tenido una gran demanda para la producción masiva de planta en vivero. Para ello la mayoría de los viveristas han utilizado la mezcla de sustratos básica (peat moos+perlita+vermiculita), que da buenos resultados pero genera altos costos, ya que son materiales que se encuentran solo en el mercado y son algo caros por lo que reducen el margen de utilidad, una de las formas de reducir los costos de producción es utilizar sustratos residuales que se encuentren cerca de la región, razón por la cual se optó probar a *Tillandsia recurvata* como sustrato residual, debido a que notablemente en los últimos 15 años los bosques de Coahuila se han visto severamente afectados por la invasión de esta planta. En el presente estudio se evaluaron tres tratamientos de composteado de *Tillandsia recurvata* a diferentes proporciones (100%, 50%, 25%), mezcladas con peat moss, como sustratos biológicos alternativos para la germinación de semillas de *Abies vejarii* y desarrollo de la plántula y un tratamiento testigo (Peat moss+Perlita+Vermiculita), cada uno de ellos con tres repeticiones, el estudio se llevó a cabo en una de las naves del invernadero del Departamento Forestal situado dentro del campus de la UAAAN Saltillo, Coahuila. La siembra de las semillas se realizó el 10 de octubre del 2011, la evaluación del estudio tuvo una duración de siete meses, durante ese tiempo los primeros dos meses se evaluó la germinación, a los tres y seis meses se evaluó el desarrollo (diámetro y altura), y al mes siete se tomó una muestra de cinco plántulas para determinar su peso en húmedo y respectivamente introducir las dentro de la estufa de secado para sacar su peso en seco y así obtener mediante una fórmula su contenido de humedad, se utilizó un diseño completamente al azar, se corrieron ANVA con ($p \leq 0.05$) en el programa Excel 2007 con las variables de sobrevivencia y desarrollo para determinar si el composteado *Tillandsia recurvata* es adecuado para la germinación de semillas de *Abies vejarii* y desarrollo de la plántula, siendo el tratamiento 2 (50%Tillasia-50%testigo) el que mejores resultados arrojó en las variables evaluadas, por lo que es recomendable su uso en la etapa de desarrollo de *Abies vejarii*, pero no como medio de cultivo, aunque se recomienda esta proporción para seguir experimentando con otras especies, para así darle un uso viable a la gran cantidad de *Tillandsia recurvata* que existe en los bosques de Coahuila.

Palabras claves: Germinación, *Tillandsia recurvata*, *Abies vejarii*, Sustratos

I INTRODUCCIÓN

1.1 Importancia del estudio

Los programas de reforestación a nivel nacional son considerados como la principal alternativa para la recuperación del suelo y las áreas forestales degradadas. En la última década se ha dado gran apoyo a través de programas de plantaciones forestales por parte de la CONAFOR, por lo que se ha tenido una gran demanda para producción masiva de planta en viveros forestales. Para ello los viveristas han utilizado medios de germinación predeterminados, que en algunos casos limitan el desarrollo futuro de la plántula. Por esta razón los viveristas se han preocupado por buscar medios de producción que den como resultado un buen nivel de calidad, en el menor tiempo posible y minimizar los costos de producción, una de las formas de reducir los costos de producción es utilizar sustratos residuales (Lara, 1996).

Notablemente en los últimos 15 años los bosques de Coahuila se han visto severamente afectados por la invasión de la planta *Tillandsia recurvata*, mejor conocida como heno motita, que siendo una planta epífita se ha convertido en un serio problema de salud para los bosques de esta región (Flores *et al.*, 2009).

1.2 Planteamiento del problema

Para producir plantas en vivero de buena calidad se emplean sustratos comerciales (peat-moss, perlita, vermiculita), cuyo costo es muy elevado, lo cual es una limitante para su utilización, pues reduce significativamente los márgenes de utilidad; por lo que se necesita buscar sustratos alternativos (Mateo *et al* 2011). En la actualidad *T. recurvata* se ha presentado como el principal problema parasitológico de las áreas arboladas de esta entidad (Flores *et al.*, 2009). Por lo que su uso como sustrato es una alternativa viable para producción de plantas forestales, así mismo para poder sustituir al peat moss que es un producto importado y que genera fuga de divisas al país (Mateo *et al* 2011).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes proporciones de *Tillandsia recurvata* L., como un sustrato biológico alternativo para la germinación de semillas forestales y desarrollo de plántulas.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Buscar un sustrato que pueda sustituir a los materiales de importación en la producción de plantas forestales.

- b) Probar la eficiencia de composteado de *Tillandsia recurvata*, como sustrato para la germinación de semillas de *Abies vejarii* y desarrollo de la plántula.

1.4 Hipótesis

H₀: El composteado de *Tillandsia recurvata*, es adecuado para la germinación de semillas de *Abies vejarii* y desarrollo de la plántula.

H_a: El composteado de *Tillandsia recurvata*, no es adecuado para la germinación de semillas de *Abies vejarii* y desarrollo de la plántula.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Aspectos generales sobre las especies de estudio

2.1.1 Características de *Tillandsia recurvata*.

Tillandsia recurvata es una planta epífita de 8 cm de radio, agrupada por lo general en varias masas esféricas con un sistema rudimentario de raíces (Madison, 1977). Suele colonizar árboles y cables telefónicos. Posee tricomas foliares higroscópicos que le permiten condensar la humedad del viento y así absorber nutrimentos (Rzedowski, 1981). No ataca el sistema vascular de sus forofitos, sólo los utiliza como soporte y tiene fotosíntesis tipo C3 (Smith et al., 1986). Las semillas son fusiformes, muy pequeñas y poseen vellos blancos y sedosos que le facilitan su adherencia a cualquier superficie (Miranda y Hernández, 1963). (Citados por Castellanos *et al.*, 2005)

2.1.1.1 Clasificación taxonómica de *Tillandsia recurvata*, (Conzatti, 1947).

División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinids
Orden	Poales
Familia	Bromeliaceae
Genero	<i>Tillandsia</i>
Especie	<i>recurvata</i>

2.1.1.2 Condiciones ecológicas para su desarrollo.

De acuerdo con Páez, (2005), las condiciones en la que debe estar el hospedero para que el heno motita *T. recurvata* pueda infestar al arbolado deben ser las siguientes:

- a) Necesita generalmente de clima templado frío.
- b) Prefiere árboles con alta humedad relativa y con baja luminosidad, aunque también se desarrolla en ramas y arbustos.
- c) Se desarrolla a temperaturas bajas.
- d) Prolifera en árboles de corteza rugosa y con alta humedad.
- e) Por lo general si se trata de hospederos vivos, en el caso de árboles, éstos deben de estar en malas condiciones (árboles suprimidos, bifurcados, viejos, huecos), para que el heno motita *T. recurvata* pueda invadirlos, de lo contrario el heno no encontrará las condiciones óptimas para hospedarse en el.

Hospedero.

De acuerdo con (Matuda, 1957), Los principales hospederos de *T. recurvata*, son las coníferas, latifoliadas y algunas cactáceas, entre otros. Pero no necesariamente se requiere que el hospedero esté vivo, ya que el heno motita *T. recurvata* no se alimenta de él, sino que el agua y los nutrientes lo absorbe del medio ambiente, a través de los pelillos que se encuentran en sus hojas denominadas tricomas; por tal motivo en muchas ocasiones se pueden ver hasta en los cables de luz, rocas, cercas, etc.

Ciclo biológico

Su desarrollo lo hace en verano, principia su floración en otoño (aunque hay autores que señalan que su floración es todo el año), y comienza a propagarse en invierno. Las semillas están contenidas en capsulas, que abren con la madurez, se dispersan con el viento y la acción de los pájaros, éstas germinarán en cortezas rugosas que contengan humedad y la luminosidad baja requerida (Montaña *et al.*, 1997).

A medida que la planta crece, estructura un agarre en la corteza similar a raicillas, las cuales pueden penetrar en la corteza pero sin dañar el árbol. Su lugar propicio

lo fortalece la sombra y la humedad. Del árbol donde germina no obtiene agua ni nutrientes, solo le sirve de apoyo, pues se alimenta de minerales y detríticos orgánicos disueltos en el agua atmosférica (Montaña *et al.*, 1997).

Su reproducción básica es a partir de los brotes que nacen junto a la planta madre, (este método se usa para mantener perpetuada la especie en lugares de cultivo propiamente dicho cuando la planta florece definitivamente y pronto se secará (Ceja, 2008).

2.1.1.3 Tipos de daños.

Tillandsia recurvata es uno de los claveles de aire más agresivos desde EEUU hasta Argentina, está comprobado que a través de sus rizoides secreta hidroperoxicloartano que actúa como un antibiótico (alelopatía), y provoca la muerte de yemas y abscisión del follaje (Neumann, 2004) citado por (Hernández 2010).

También se sabe que *T. recurvata* causa al menos un parasitismo de tipo estructural, evidenciado por la afectación en la producción de brotes nuevos, en la arquitectura, crecimiento y la reproducción del hospedero (Páez, 2005).

El parasitismo estructural a su vez causa una disminución importante en la fotosíntesis en las ramas donde se implantan las epifitas, de igual manera la alta incidencia de epifitas es importante en la formación de cambios anatómicos de la corteza lo que disminuye la movilización del CO₂, afectando más procesos respiratorios que los fotosintéticos (Montaña *et al.*, 1997).

2.1.1.4 Distribución de *Tillandsia recurvata* en México.

Se encuentra en la mayoría de los estados de la república pero se encuentra principalmente en ocho entidades que son: Michoacán, Guerrero, Chihuahua,

Coahuila, Tamaulipas, Tabasco, Oaxaca y San Luis Potosí. Y en el resto del mundo se distribuye desde el sur de los Estados Unidos, Centroamérica y Sudamérica (Matuda, 1957).

2.1.1.5 Usos Potenciales de *Tillandsia recurvata*.

Es bien aceptada como planta de ornato, es el hábitat y alimento de muchos insectos, aves, roedores y otros artrópodos y posee propiedades medicinales para combatir problemas respiratorios. Al desprenderse de su hospedero se descompone y fija una buena calidad de nitrógeno al suelo. (Berti, *et al*, 2004) citado por Muñoz (2011).

En Uruguay en 1997, se logró desarrollar un producto orgánico casero obtenido del *Tillandsia recurvata*, que puede utilizarse en muchas clases de plantas que ayudan a la disminución prolongada del crecimiento, evitar el desarrollo de las malas hierbas, un control del avance de la especie estudiada y lograr un buen manejo de la misma (Mántaras, 2009). Vázquez (2010), utilizó el heno motita como sustrato para la germinación de semillas de *Pinus cembroides Zucc.* Encontró que el heno motita perfectamente molido, mezclado con Peat Moss, da buen resultado de tal manera que puede ser utilizado como sustrato.

Flores *et al.*, (2009), mencionan que funciona perfectamente bien como forraje para ganado caprino al ser procesada junto con otros forrajes. Es usada como empaque en transporte de objetos delicados, es utilizada como adorno en periodos navideños y eventos religiosos.

2.1.1.6 Aprovechamiento de *Tillandsia recurvata*.

La NOM-011-RECNAT-1996 establece el manejo, aprovechamiento y transporte del heno, así como para la doradilla y musgo, esto con la finalidad de conservar, restaurar y proteger a la biodiversidad y manejo de los recursos naturales forestales. (SEMARNAT, 1996).

2.1.1.7 Propiedades de *Tillandsia recurvata* como sustrato.

Flores *et al.*, (2009), menciona que fija nitrógeno atmosférico, y al morir lo aporta al suelo.

- Potencial de hidrogeno.

En base a las pruebas de laboratorio realizadas por, Vázquez (2010), el sustrato a base de *Tillandsia recurvata* tiene un pH de 7.2, lo cual denota que el sustrato es ligeramente alcalino lo cual es ideal para su uso. Hartmann y Kester (1998), mencionan que rango de pH de 5.5-7.0 es el mejor para el desarrollo de la mayoría de las plantas hortícolas.

- Conductividad eléctrica (CE).

Vázquez (2010), menciona que esta propiedad física influye sobre la presión osmótica de la solución por lo tanto esto es igual a la disponibilidad de agua para las raíces de las plantas si la CE, en cierto momento es menor o mayor el rendimiento de los cultivos puede ser menor del óptimo. Si el contenido de CE, es menor pueden presentar deficiencias de algunos nutrimentos, pero si esta es mayor puede presentar síntomas de deficiencia de agua, toxicidades o quemaduras en hojas, la CE de *Tillandsia*+ peat moss, es de (0.26 dS.m⁻¹) por lo que está un valor óptimo.

- Ácidos fúlvicos (AF).

Vázquez (2010), menciona que *Tillandsia*+ peat moss presenta 0.32% de ácidos fúlvicos, un alto grado debido a que son materiales con alto grado de descomposición.

- Densidad aparente (Da).

Vázquez (2010), menciona que el sustrato de *Tillandsia recurvata* tiene una baja densidad aparente ($0.14\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$), por lo que es ideal debido a que resulta económicamente beneficioso, ya que mejora significativamente la capacidad operacional del medio del cultivo, disminuyendo los costos de transporte y manipulación de materiales.

- Porosidad total (PT).

Vázquez (2010), menciona que la porosidad total de *Tillandsia recurvata*, fluctúa de 65% a 91%, por lo que permite que el sustrato tenga una buena retención de agua. Ballester (1992), menciona que se estima como óptimo un valor de porosidad total del 70-90%.

- Capacidad de Retención de Agua (%).

Vázquez (2010), menciona que para que la capacidad de retención de agua sea óptima deberá ser mayor al 40 % y el sustrato a base de *Tillandsia recurvata* fluctúa entre 61% a 66% por lo que es óptima.

2.1.2 Características de *Abies vejarii*.

2.1.2.1 Clasificación taxonómica de *Abies vejarii*.

Reino	Metaphyta
División	Pinophyta
Clase	Pinopsida
Orden	pinales
Familia	Pinaceae
Genero	<i>Abies</i>
Especie	<i>vejarii</i>

2.1.2.2 Descripción botánica de *Abies vejarii*.

Árboles de 30 hasta 40 metros de altura; los conos de esta especie son grandes de forma oblonga con más de 14 escamas. Los conos son erectos con escamas fácilmente caedizas. Las yemas y los conos generalmente se encuentran cubiertos por resina. Las brácteas se encuentran excertas. Las semillas se encuentran siempre en conos y sin cubierta carnosa. Las hojas son aciculares o planas sin vaina que llegan a medir de 1 a 3 cm. (Villareal, 2009)

2.1.2.3 Distribución

Se distribuye en los Estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, de los 2800 y 3500 msnm. (Domínguez, 1991).

2.1.2.4 Descripción del género *Abies* en Coahuila

Los *Abies*, llamados vulgarmente oyameles, abetos o pinabetes, son árboles corpulentos, siempre verdes, resinosos, de copa simétrica y aguda. Con hojas lineares, sésiles, rectas o algo flácidas; son por lo general tiesas y algo coriáceas, y frecuentemente aromáticas (Díaz, 2009).

Las inflorescencias masculinas se producen en la parte inferior de las ramillas en amentos ovados de 5 a 15 mm de longitud, de color púrpura o amarillento, protegidos por una envoltura escamosa; las flores femeninas crecen en las últimas ramillas de la cima del árbol. Los conos femeninos maduros de color verde, amarillento, café pálido, violáceo, o gris, erguidos, cilíndricos, de 7 a 16 cm de longitud, sésiles o subsésiles, con muchas escamas densamente imbricadas, anchas y delgadas, cada escama con dos semillas, éstos se presentan en las ramillas más altas y constan de un eje erguido y persistente, con las escamas caducas (Díaz, 2009).

El tronco es erguido y simple, de 30 a 40 m de altura, pero se han visto ejemplares de 60 o más, por 40 cm a 1.5 m de diámetro; generalmente las ramas comienzan a poca altura y son horizontales o algo levantadas. La corteza es oscura, gruesa y hendida y con placas escamosas e irregulares en los árboles adultos, y grisácea y más o menos lisa en los jóvenes. Éstos presentan en los tallos y primeras ramas numerosas ámpulas ovales o circulares, abultadas, llenas de una resina ambarina y aromática. Las ramillas son opuestas y frecuentemente dísticas; su color en general es moreno rojizo, a veces con tinte violáceo, y la superficie más o menos hirsuta, rara vez glabra. (Martínez, 1948)

2.1.2.5 Estatus de conservación.

Abies vejarii y su variedad macrocarpa Martínez y *Abies mexicana* Martínez, se encuentran en la lista de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, en la categoría de amenazadas, además que son endémicas (SEMARNAT, 2010).

2.2 Aspectos generales sobre la reproducción.

2.2.1 Semilla.

La semilla constituye la base de la repoblación, y el éxito de la misma dependerá en gran parte de la capacidad de sus genotipos. Estos son acordes a la zona a repoblar, con el objeto de asegurar la supervivencia y la adaptación de las plantas obtenidas (Peñuelas *et al.*, 2000).

Lara (1996) menciona a la semilla como un producto de la fecundación del ovulo en el ovario de la flor por parte del polen procedente de las anteras ubicados en el mismo árbol o en el más cercano cuya especie sea la misma.

La calidad de la semilla es un concepto aplicable a diferentes propiedades de las mismas; entre otras con su capacidad para dar lugar rápidamente a plántulas de crecimiento vigoroso y de aspecto normal (Peñuelas *et al.*, 2000).

Las características más frecuentes en la semilla son: tamaño, forma, peso, y que sea lo más homogénea posible (Sandoval *et al.*, 2001).

2.2.2 Germinación.

La germinación se define como el surgimiento y desarrollo a partir del embrión de la semilla, de las estructuras esenciales que indican la capacidad de ésta para reproducir una planta normal en condiciones favorables (Peñuelas *et al.*, 2000).

Consiste en el reinicio del crecimiento del embrión y su sucesivo desarrollo en una plántula independiente; al comenzar este proceso germinativo, toma lugar, el primero de la serie de eventos destinados a convertir el pequeño embrión en un árbol de gran tamaño (Niembro, 1986).

Meza (1965), define germinación como el brote y desarrollo de las estructuras especiales del embrión, que dependiendo de la clase de semilla de que se trate indican la capacidad para producir una planta normal en condiciones favorables. No deben considerarse como germinadas las plantitas de semillero rotas, débiles, mal formadas o claramente anormales.

2.2.2.1 Factores necesarios para germinación, emergencia y desarrollo de la plántula.

Aparicio *et al.* (1999) indica que para que aparezca la germinación es necesario que existan factores intrínsecos lo que hace referencia a que la semilla debe de estar madura y que conserve su capacidad germinativa (latencia y viabilidad), y de factores propios extrínsecos, es decir, que mantengan vivos e inalterados los tejidos de formación (agua, luz, temperatura, sustrato o medio de cultivo).

2.2.2.1.1 Factores intrínsecos.

Latencia.

Existen diferentes factores inherentes de la semilla que afectan su germinación. La latencia es un factor que impide a las semillas germinar hasta que las condiciones que las rodean sean las más favorables (Gaytán, 2001).

Ecológicamente, se piensa que los mecanismos de control de la germinación, se han originado como mecanismos para la supervivencia en la naturaleza (Hartman y Kester, 1989).

Viabilidad

Es una característica fisiológica de la semilla mediante la cual es potencialmente capaz de germinar. Esta cualidad se ve influida por factores que actúan antes y después de la maduración de las semillas. Todas las semillas pasan por un periodo en el cual su viabilidad permanece más o menos constante, aunque con la tendencia natural a disminuir; una vez superado este periodo, el envejecimiento se acelera hasta que la semilla pierde su capacidad de germinar (Hartman y Kester, 1989).

2.2.2.1.2 Factores extrínsecos.

Agua

La proporción de agua que requieren algunas semillas de coníferas para germinar van de acuerdo a la especie, de manera general, un suelo o sustrato que contenga en promedio un 40 por ciento de humedad es adecuado para que germinen la mayoría de las semillas de coníferas; un exceso de humedad en el sustrato puede ocasionar que la mayoría de las semillas no germinen a causa del escaso oxígeno, que es importante en este proceso fisiológico (Niembro, 1986).

Aireación

Son aquellos gases que en el medio de la germinación pueden afectar a las semillas como son el oxígeno, el dióxido de carbono y posiblemente el etileno. La provisión de oxígeno se ve afectada seriamente por un exceso de agua en el medio. Los semilleros mal drenados especialmente de una lluvia o riego copioso, pueden tener sus poros saturados de agua de forma que hay poco oxígeno para las semillas (Hartman y Kester, 1989).

Temperatura

En el sustrato o suelo es uno de los factores más importantes ya que ejerce un importante efecto en la germinación, el desarrollo y crecimiento de la plántulas (Niembro, 1986). Aunque debe señalarse que las semillas pueden ser afectadas por las temperaturas máximas o mínimas (periodos estacionales), o también por influencias diarias, siendo más consecuentemente estas últimas (Hartman y Kester, 1989).

Luz

Desde hace tiempo se sabe que la luz puede estimular o inhibir la germinación de las semillas de algunas plantas (Hartman y Kester, 1989). El efecto de la luz sobre las semillas depende de condiciones internas de estas y de algunos factores externos como la temperatura bajo la cual germinan (Krugman, 1974).

Medio de cultivo

La germinación de la semilla se ve notablemente influenciadas por las características físico-químicos del sustrato. Es aquí donde los factores del medio de cultivo interactúan entre sí para generar una gran diversidad de condiciones ambientales, algunas de las cuales desfavorecen y otras favorecen tanto la germinación como el crecimiento y desarrollo de las plántulas (Niembro, 1986).

Las características de sustrato donde se siembren las semillas deben favorecer el crecimiento y desarrollo de las plántulas de las coníferas; básicamente esto se debe a las diferencias entre la temperatura, la disponibilidad de agua y los nutrientes, así como la facilidad del sustrato que le brinde a la raíz para que esta se desarrolle en el interior de la cavidad de envase (Niembro, 1986).

2.2.2.2 Pruebas de germinación.

2.2.2.2.1 Energía de germinación.

Ford – Robertson (1971), citado por FAO (1991), la define como el porcentaje, en número de semillas de una muestra determinada que germinan dentro de un periodo determinado (que se denomina el periodo de energía) el cual puede ser en óptimas o determinadas condiciones

Bonner *et al.*, (1994), mencionan que es la proporción de germinación que ha ocurrido hasta el tiempo de germinación máxima o algún punto preseleccionado.

2.2.2.2.2 Porcentaje de germinación.

Bonner *et al.*, (1994), la definen como la proporción de una muestra de semillas que ha germinado normalmente en un período especificado de prueba, por lo general expresado como un porcentaje.

2.2.2.2.3 Velocidad de germinación.

Es aquella que se expresa en forma de valor máximo que es la germinación diaria media máxima (porcentaje acumulado de germinación de semilla llena dividido por el número de días transcurridos desde la fecha de siembra) que se alcanza en cualquier momento del periodo del experimento (FAO, 1991).

2.2.3 Emergencia

El siguiente paso después de la germinación es la emergencia de la plántula a partir de la superficie o sustrato (Krugman, 1974).

La emergencia es la etapa en la que la planta después de haber germinado, empieza a desarrollar las hojas embrionarias o cotiledonales las cuales se alargan y se hinchan con la humedad, salen de la testa (cáscara), pero el endospermo se queda adherida dando alimento a los cotiledones, por último los cotiledones se alzan del suelo por el alargamiento del hipocótilo (Chávez, 1994).

2.3 Sustratos

2.3.1 Definición

Abad (1993), define que dentro de la agricultura un sustrato es conocido como todo aquel material distinto al suelo, de origen orgánico o de síntesis mineral que colocado sobre un recipiente solo o mezclado, proporciona a la semilla las condiciones necesarias para su germinación, enraizamiento, anclaje y de igual manera este puede desempeñar un papel importante en el suministro de nutrientes, dependiendo de su origen.

Ballester (1992), lo define como un medio físico, natural o sintético, donde se desarrollan las raíces de las plantas que crecen en un recipiente, sea contenedor, saco, banqueta, etc., que tiene un volumen limitado.

Resh (1987), establece que un medio de cultivo es aquel que suministra oxígeno, agua, nutrientes, soporte y anclaje para las raíces de las plantas, también como el mismo suelo, mencionando que en las explotaciones agrícolas intensivas los medios de cultivo sin suelo son a base de agua, aserrín, turba y vermiculita.

Ansorena (1994), menciona que los sustratos además de servir de soporte o anclaje a las plantas, tienen que suministrar a las raíces las cantidades equilibradas de aire, agua y nutrientes minerales para que la planta se desarrolle adecuadamente.

Calderón (1989), señala que en la producción de plántulas con charolas germinadoras, se puede suministrar el oxígeno, agua, nutrimentos y soporte para las raíces de las plantas, como lo hace el mismo suelo. Agrega que la solución nutritiva aportará agua, nutrimentos e incluso oxígeno suplementario.

2.3.2 Necesidad de caracterizar los sustratos

Ansorena (1994), menciona que en la práctica, para valorar la calidad de un sustrato no basta con conocer las propiedades de sus principales componentes, sino que es necesario determinarlas para cada ingrediente o mezcla particular, ya que las variaciones suelen ser muy importantes.

2.3.3 Características de un buen sustrato

Cadahia (1998), menciona que un gran número de materiales pueden ser utilizados con éxito como sustratos, bien separadamente o bien en mezcla, en la preparación de los medios de cultivos de las plantas. La elección de un medio de cultivo viene determinada por:

- Su suministro y homogeneidad.
- La finalidad de la producción.
- Su costo.
- Sus propiedades físicas, químicas y biológicas; y
- La experiencia local en su utilización.

Hartmann y Kester (1999), mencionan que para producir plantas de calidad, un buen sustrato debe tener las siguientes características: el medio debe retener suficiente humedad para evitar riegos muy frecuentes. Debe ser suficientemente poroso de manera que drene el exceso de agua, permitiendo una aireación adecuada. Debe proporcionar cantidades adecuadas de nutrimentos cuando las plantas permanecen en él un período largo de tiempo. Debe estar libre de semillas de malezas y patógenos.

2.3.4 Clasificación de los sustratos.

Baixauli, (2002) clasifica los sustratos en:

- a) Sustratos orgánicos, que al mismo tiempo se pueden dividir en:
 - De origen natural, entre los que se encuentran las turbas.
 - Subproductos de la actividad agrícola: la fibra de coco, virutas de madera, paja de cereales, residuos de la industria del corcho, etc.
 - Productos de síntesis, entre los que se encuentran: los polímeros no biodegradables, como la espuma de poliuretano y el poliestireno expandido.

- b) Sustratos inorgánicos, que podemos dividir en:
 - De origen natural, que no requieren de un proceso de manufacturación, entre los que se encuentran: la arena, las gravas y las tierras de origen volcánico.
 - Aquellos que pasan por un proceso de manufacturación, como lo son: lana de roca, la fibra de vidrio, perlita, vermiculita, arcilla expandida, arlita, ladrillo troceado etc.

2.3.5 Propiedades que debe tener un sustrato.

García (1996), menciona que el sustrato óptimo para cualquier situación depende de varios factores: tipo de especie a cultivar y sus requerimientos, el volumen del

recipiente, la disponibilidad de los materiales para las mezclas y la calidad física, química y biológica de los sustratos.

2.3.5.1 Propiedades físicas.

Abad (1993), reporta que las propiedades físicas de los medios de cultivo son de primerísima importancia, ya que una vez que el sustrato esté en el contenedor y la planta creciendo en él, no es posible modificar las características físicas básicas de dicho sustrato.

Raviv *et al.* (1986) Citado por López (2007), menciona que el suministro de agua y aire así como una baja densidad aparente, una elevada porosidad total y una estructura estable, son algunas de las características físicas que debe tener un sustrato para lograr proporcionar a la planta condiciones favorables para su desarrollo.

Agua difícilmente disponible

García (1999), menciona que se puede definir como un valor de estrés para la planta ya que el gasto energético que la planta ha de realizar para obtenerla es elevado, incluso algunas especies de plantas cultivadas no pueden asimilar esta agua, que se define como aquella que esta retenida a una tensión superior a 100 cm de columna de agua (c.a).

Agua fácilmente disponible

García (1999), menciona que es el agua contenida por el sustrato, después de haber sido saturada y dejado drenar 10 cm de columna de agua (c.a). El agua fácilmente disponible favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas. Resulta por ello muy importante un valor elevado de esta agua en el sustrato.

Composición del medio de cultivo

Ansorena (1994), menciona que el suelo en plantas cultivadas en macetas y contenedores, ha sido sustituido por sustratos con una proporción mayoritaria de componentes orgánicos: estos elementos además de servir de soporte y anclaje a las plantas, deben suministrar a las raíces una cantidad equilibrada de agua, aire y nutrientes.

Capacidad de aireación

Pastor (1974), la define como la proporción del volumen del sustrato que contiene aire después que dicho sustrato ha sido llevado a saturación y dejado drenar (normalmente a 10 cm de columna de agua). El valor óptimo se produce cuando se dan valores entre 10 y 30 %.

Calderón (1989), menciona que un déficit de oxígeno a nivel del sustrato provoca una severa disminución en el crecimiento de las raíces; formando un empardecimiento del sistema radical. Este déficit a nivel del sistema radical promueve la muerte de las raíces de la planta y la aparición de enfermedades fungosas. La oxigenación y el adecuado espacio para el desarrollo del sistema radicular, son elementos muy importantes considerados como factores de primer orden dentro de la técnica de producción de cultivo en sustrato.

Abad (1993), alude que en sustratos orgánicos, con una elevada población microbiana, el oxígeno es requerido doblemente o más que en las plantas cultivadas en suelos minerales, sin abundante materia orgánica.

Contracción del volumen

Cadahia (1998), la definen como el porcentaje de pérdida de volumen cuando el sustrato se seca, referido al volumen aparente inicial en unas determinadas

condiciones de humedad. Informan sobre el grado de variación de volumen del sustrato bajo condiciones de cultivo, en ciclos de humectación- desecación.

Estructura

Terés *et al.* (1997), menciona que se refiere a la forma en que está compuesto un sustrato; puede ser granular como la mayoría de los sustratos minerales, o bien fibrilar. La primera no tiene forma estable, acoplándose fácilmente a la forma del contenedor, mientras que en la segunda dependerá de la forma de las fibras. Si son fijadas por algún tipo de material de cementación, conservan formas rígidas y no se adaptan al recipiente pero tiene cierta facilidad de cambio de volumen y consistencia cuando pasan de secas a mojadas.

Fase sólida

Abad (1993), indica que dentro de la fase sólida del suelo la mayor parte es mineral mientras que en un sustrato orgánico suele ser mayor la materia orgánica; dependiendo del nivel de descomposición de la materia orgánica será el nivel de influencia en las propiedades nutricionales del suelo.

Fase líquida

Calderón (1989) menciona que una de las características de gran importancia dentro de un medio de cultivo, es que el medio de cultivo o sustrato debe tener una capacidad elevada de retención de agua, debido a que el medio de cultivo es pequeño en relación a las pérdidas elevadas de agua por evapotranspiración; esta fase debe representar un valor porcentual promedio del 30%. La importancia de la fase acuosa radica en que las plantas no pueden tomar alimentos sólidos y deben recibir los nutrientes minerales a través de una solución del medio de cultivo; este proceso se puede dar de tres maneras:

- Intercepción de raíces
- Flujo de masas
- Difusión

López (2007) menciona que esta fase determina la posibilidad a la planta de utilizar como vehículo la humedad disponible para realizar sus funciones metabólicas.

Fase gaseosa

Ansorena (1994), menciona que en la práctica de cultivo en contenedores, el sistema radical ocupa un espacio limitado por el tamaño del contenedor y el volumen de sustrato que se coloca en el contenedor, la cual tiene dos efectos sobre la aireación.

López (2007), menciona que la fase gaseosa ayuda a mantener el metabolismo y crecimiento de la planta. El sustrato debe tener una capacidad adecuada para aireación debido a que cumple dos funciones específicas, como son el suministro de aire para la planta y la eliminación de anhídrido carbónico producido por los microorganismos del sustrato.

Granulometría

Ansorena (1994), reporta que la granulometría se refiere a la dimensión de las partículas que constituyen un material disgregado y a la proporción en que se mezclan. Es común que los sustratos estén formados por la mezcla de partículas o fibras de diferentes tamaños. Dependiendo de la naturaleza de estos materiales tendrán en su interior poros de diferentes tamaños, que constituyen la porosidad interna o intraparticular, pero además quedarán huecos entre partículas tanto más grandes cuanto mayor sea el tamaño de las partículas que componen el sustrato, que dan lugar a la porosidad interparticular.

Porosidad

Ansorena (1994), Define la porosidad como el porcentaje de su volumen que no se encuentra ocupado por fase sólida, es decir, el cociente entre el volumen de poros (V_p) y el volumen total que el medio ocupa en el contenedor (V_t). Este mismo autor menciona que los sustratos forestales pueden llegar alcanzar valores de porosidad de un 95% o superiores recomendándose un 85%.

2.3.5.2 Propiedades químicas

Infoagro (2007), menciona que la reactividad química de un sustrato se define como la transferencia de materia entre el sustrato y la solución nutritiva que alimenta las plantas a través de las raíces. Esta transferencia es recíproca entre sustrato y solución de nutrientes y puede ser debida a reacciones de distinta naturaleza:

- a) Químicas. Se deben a la disolución e hidrólisis de los propios sustratos y pueden provocar:
 - Efectos fitotóxicos por liberación de iones H^+ y OH^- y ciertos iones metálicos como el Co^{2+} .
 - Efectos carenciales debido a la hidrólisis alcalina de algunos sustratos que provoca un aumento del pH y la precipitación del fósforo y algunos microelementos.
 - Efectos osmóticos provocados por un exceso de sales solubles y el consiguiente descenso en la absorción de agua por la planta.

- b) Físico-químicas. Son reacciones de intercambio de iones. Se dan en sustratos con contenidos en materia orgánica o los de origen arcilloso (arcilla expandida) es decir, aquellos en los que hay cierta capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.). Estas reacciones provocan modificaciones en el pH y en la composición química de la solución nutritiva por lo que el control de la nutrición de la planta se dificulta.

- c) Bioquímicas. Son reacciones que producen la biodegradación de los materiales que componen el sustrato. Se producen sobre todo en materiales de origen orgánico, destruyendo la estructura y variando sus propiedades físicas. Esta biodegradación libera CO₂ y otros elementos minerales por destrucción de la materia orgánica.

Abad (1993), menciona que los materiales orgánicos son los componentes que contribuyen en mayor grado a la química de los sustratos, ya que interactúan con la solución nutritiva, suministrando nutrientes, actuando como reserva de los mismos a través de la capacidad de intercambio catiónico, que a su vez depende en gran medida del pH del medio.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Abad (1993), la define como la suma de cationes que pueden ser absorbidos por unidad de peso o de volumen del sustrato. Estos cationes quedan retenidos frente al efecto lixivante del agua y están usualmente disponibles para las plantas.

Lucena *et al.* (1991), menciona que en los materiales orgánicos utilizados como medios de cultivos para plantas en contenedor, la aplicación de quelatos es optimizada al manifestarse un efecto de acumulación en dichos materiales. Cabe mencionar que éste efecto puede tardar algunos días en presentarse.

Conductividad eléctrica

Abad (1993), dice que se refiere a la cantidad de sales solubles presentes en la solución del sustrato. Las causas que originan un incremento en la salinidad pueden ser:

- La presencia de fertilizantes insolubles.
- Cuando la cantidad de sales aportadas con el agua de riego o la solución de fertilizantes es superior a las cantidades absorbidas por la planta.
- Cuando el sustrato presenta una elevada CIC.

Ansorena (1994), menciona a la salinidad como el riesgo de acumulación de niveles excesivos de sales disueltas, lo que en un reducido volumen de medio de cultivo del que disponen las raíces de las plantas cultivadas en contenedor, siempre está amenazante. La salinidad de una solución acuosa se mide por su contenido en sales disueltas (mg/l o ppm) o, más comúnmente, por su capacidad para conducir la corriente eléctrica o conductividad en miliSiemens por cm (mS/cm), o microSiemens por cm (μ S/cm). Cuanto más sean las sales presentes en la solución, mayor será la conductividad y por consecuencia mayor la salinidad de la fase acuosa.

Disponibilidad de nutrientes

Cadahia (1998), menciona que la mayoría de los sustratos minerales no se descomponen químicamente ni biológicamente y, desde un punto de vista práctico, se pueden considerar desprovistos de nutrimentos. Por el contrario, los sustratos orgánicos se difieren marcadamente entre sí en el contenido de nutrimentos asimilables. Así, algunos poseen un nivel reducido de éstos, mientras que otros presentan niveles elevados, dependiendo dicho nivel del origen del compost y del proceso de compostaje.

Potencial Hidrógeno (pH)

Hartmann y Kester (1998), lo definen como un parámetro de medición de la concentración de iones hidrógeno; sus principales factores de influencia los encontramos en la disponibilidad de nutrientes y la actividad de la flora microbiana benéfica. Un rango de pH de 5.5-7.0 es el mejor para el desarrollo de la mayoría de las plantas hortícolas.

Ansorena (1994), menciona que el rango óptimo de pH en sustratos orgánicos está comprendido entre 5.0 y 5.5. Dice que el objetivo del encalado será distinto según se trate de suelos minerales o de sustratos orgánicos; mientras que en los

primeros se intenta reducir la concentración de aluminio al sustituirlo por calcio, en los sustratos orgánicos se tratara de neutralizar el exceso de iones hidrógeno, sin que haya necesidad de aportar calcio al medio de cultivo, siendo entonces superior la cantidad de cal necesaria para producir un aumento de pH en un suelo mineral, que la necesaria para un sustrato orgánico.

Relación Carbono - Nitrógeno (C/N)

Abad (1993), plantea que es un índice del origen de la materia orgánica, de su madurez y su estabilidad. Una relación C/N menor de 20 es considerada como óptima para el cultivo en sustrato, ya que es un material orgánico maduro y estable.

2.3.5.3 Propiedades biológicas.

Bures (1999), las define como propiedades dadas por los materiales orgánicos, cuando éstos no son de síntesis son inestables termodinámicamente y, por lo tanto, susceptibles de degradación mediante reacciones químicas de hidrólisis, o bien, por la acción de microorganismos.

Actividad enzimática

López (2007) menciona que se libera después de la descomposición de la materia orgánica. Se han identificado diferentes actividades enzimáticas (celulasas, proteasas, ureasas, etc.) en los sustratos orgánicos con efectos muy positivos sobre la nutrición vegetal.

Actividad reguladora del crecimiento

López (2007), menciona que es conocida la existencia de actividad auxínica en los extractos de muchos materiales orgánicos utilizados en los medios de cultivo de

las plantas. Muchos de los efectos biológicos de los sustratos son directamente atribuibles a los ácidos húmicos y fúlvicos, que son los productos finales de la degradación de la lignina y la hemicelulosa. Las sustancias húmicas actúan como transportadoras de los micronutrientes para las plantas.

Velocidad de descomposición

Canovas (1993) citado por López (2007), menciona que sin importar las características del medio de cultivo, éste siempre contará con cierta actividad biológica, de naturaleza e intensidad variable. Cuando los sustratos son inertes, la actividad biológica se presenta en forma parásita o saprofita a expensas de los nutrimentos o de las raíces.

Abad (1993), menciona que todos los sustratos orgánicos son susceptibles de degradación biológica, viéndose favorecida esta situación por las condiciones ambientales que prevalecen en los invernaderos. La población microbiana es la responsable de dicho proceso, pudiendo resultar finalmente su actividad biológica en deficiencias de oxígeno y de nitrógeno, liberación de fitotoxinas y contracción del sustrato. La velocidad de descomposición está determinada por la disposición de compuestos biodegradables (carbohidratos, ácidos grasos y proteínas); disposición que puede reducirse mediante el compostaje y mantenimiento de suficientes niveles de nitrógeno asimilable.

2.3.5.4 Propiedades suspensivas.

López (2007), menciona que Inhiben el desarrollo de determinados agentes fitopatógenos, especialmente hongos.

2.3.5.5 Otra Propiedades.

Cadahia (1998), menciona que otras de las propiedades importantes que se deben de considerar para la elección de materiales para la producción de plántulas es

que, deben de estar libres de patógenos y semillas de malas hierbas, deben ser de bajo costo, de fácil manejo, además de tener una capacidad de amortiguar cambios físicos, ambientales y químicos externos.

2.3.6 Mezcla de sustratos.

Baixauli, (2002), Menciona que en función propia de su propia naturaleza y de la especie a cultivar, no es adecuado un solo componente como sustrato, por lo que recomienda se mezcle con otra porción de material minera, de origen natural o artificial, como puede ser la perlita, arena, picón volcánico, vermiculita, poliestireno expandido etc.

Abad (1993), publica que es raro que un material reúna por si solo las características físicas, químicas y biológicas más adecuadas para unas determinadas condiciones de cultivo. Haciendo necesario en la mayoría de los casos mezclas con otros materiales, en distintas proporciones, para adecuarlo a las condiciones requeridas.

Abad (1993), menciona que el contenido de humedad de los materiales antes de ser mezclados deben fluctuar entre el 50 y 60 % en peso; si no se puede llevar los materiales a esta humedad, se añadirá un humectante (tipo tensoactivo o detergente agrícola).

Según la Norma Inglesa citada por Ansorena (1994), la humedad de algunos materiales, como la turba, debe alcanzar un valor mínimo del 30%, para que pueda mezclarse y humedecerse convenientemente.

Abad (1993), indica mezclas de 2 a 4 materiales como óptimos, con el objetivo de que los sustratos conseguidos sean económicamente viables.

2.4 Descripción de los sustratos utilizados

2.4.1 Peat moss o turba.

Hartmann (1995), define la turba como restos de vegetación acuática, de pantanos, o marismas, que han sido conservados bajo el agua en estado de descomposición parcial, debido a la falta de oxígeno, lo que hace más lenta la descomposición bacteriana y química del material vegetal.

2.4.1.1 Turbas eutróficas y oligotróficas.

Ballester (1992), clasifica a las turbas en eutróficas y oligotróficas, atendiendo su aspecto, el de las plantas que son su origen y las condiciones topográficas en las cuales se han formado estas.

2.4.1.2 Turbas eutróficas.

Gaucher (1971) citado por López (2007), menciona que ésta es también conocida como turba cálcica, y se forma en depresiones donde la capa de agua permanece o descansa sobre un sustrato calcáreo, siendo su pH neutro o moderadamente ácido. La vegetación que ha dado origen a este material estuvo compuesta por musgo (hipnáceas), *Phragmitas* spp, *Carex* spp, Juncos y Cañaverales (*Fragmitas*). Todo este conjunto constituye turberas infracuáticas, llamadas también turberas planas inmergidas, alcalinas o basiclinas, términos que hacen alusión a las condiciones topográficas de las turberas o a la reacción del agua.

Ballester (1992), señala que estas turbas son de color oscuro o negro, de estructura fuertemente descompuesta y con propiedades físico-químicas, que las hacen, por si solas y sin tratamiento previo, poco favorables para el desarrollo de ciertas especies ornamentales, dada su baja porosidad, reducida capacidad de retención de agua, elevado contenido de caliza, y gran variabilidad en su estructura, pH, contenido en sales y riqueza en nutrimentos.

2.4.1.3 Turbas oligotróficas.

Resh (1987), menciona que esta turba está formada por la deshidratación de residuos resistentes e incluso partes vivas de plantas ácidas de pantanos del género *Sphagnum*. Este tipo de turbas son de las más apreciadas, y en ellas generalmente encontramos dos grupos principales de musgo *Sphagnum*, siendo estos del grupo *Cymbiofolia* y el grupo *Acuatifolia*.

Posadas (1999), menciona que se forman en zonas frías, con una alta pluviometría. Son turberas que tienen el centro más elevado que los bordes. Las fuertes lluvias y el hecho de tener una buena capacidad de drenaje, hace que estas zonas estén muy desmineralizadas. La falta de calcio mantiene a los grupos carboxilo y sulfhidrido de la turba en su forma ácida. La reacción de estas turbas da un pH de 3.5 en esas condiciones, es decir cierta sequedad intermitente, y extrema pobreza nutritiva, aparte de la alta acidez; solo crecen plantas muy poco exigentes como los *Esphagno*. En las turberas altas también pueden aparecer musgos verdaderos, así como plantas pertenecientes al género *Eriophorum*. Las hojas de estas plantas dejan un residuo fibroso que recuerda la crin de un caballo. Un exceso de estas fibras disminuye el valor agrícola de esta turba.

Ballester (1992), divide a las turbas oligotróficas, según su grado de descomposición:

- a) De color claro o rubias.
- b) De color oscuro.

2.4.1.4 Turbas oligotrófica clara.

Están ligeremente descompuestas, de color más claro y de un mayor contenido en materia orgánica. Presentan unas excelentes propiedades físicas y químicas, con una estructura mullida, alta porosidad, alta capacidad de retención de agua, aceptable contenido de aire, baja densidad aparente, alta capacidad de intercambio catiónico y baja salinidad. (Baixauli, 2002)

2.4.1.5 Turbas oligotrófica negra.

Baixauli, (2002), menciona que la turba negra es de color oscuro y está fuertemente descompuesta. Es de calidad inferior a la rubia.

Este mismo autor menciona, que es poco usada pero se emplea en semilleros y cultivos de planta en maceta.

2.4.2 Perlita.

La perlita es un material silíceo de origen volcánico, extraído de los ríos de lava. El mineral recién sacado se muele y cierne calentándolos en hornos a unos 1400 °F, esta es la temperatura a la cual se evapora agua contenida en las partículas. Las altas temperaturas en el proceso nos dan un material estéril. La perlita absorbe de tres a cuatro veces su peso en agua, siendo esencialmente neutra con un pH de 6.0 a 8.0, a diferencia de la vermiculita, no tiene capacidad de intercambio iónico y no contiene nutrientes minerales. Es más útil para incrementar la aireación de las mezclas, ya que tiene una estructura muy rígida que, mientras dura, da lugar a que el tamaño de las partículas vaya disminuyendo conforme estas se parten con el uso (Resh, 1987).

2.4.3 Vermiculita.

Es un mineral con la estructura de la mica, y se prepara expandido por calor en hornos a temperaturas cercanas a los 2000 °F, el agua se convierte en vapor, separándose los estratos y formando trozos pequeños y porosos como esponjas, con la forma de una semilla. El calentamiento a tales temperaturas da lugar a una esterilización perfecta. Al expandirse toma un peso muy ligero con reacción neutra y buenas propiedades catiónicas, siendo insoluble en agua, si bien es capaz de absorber grandes cantidades de esta. Tiene una capacidad de intercambio de cationes relativamente alta, por tanto, puede retener nutrientes en reserva e irlos cediendo posteriormente. Sus contenidos en magnesio potasio, aunque bajos, son fácilmente disponibles por las plantas (Resh. 1987).

2.5 Estudios afines.

Vázquez (2010), evaluó a *Tillandsia recurvata* como sustrato para la germinación de la semilla de *Pinus cembroides* Zucc. Utilizando seis tratamientos: (T1) borla entera, (T2) heno con una molienda, (T3) heno con dos moliendas, (T4) heno con tres moliendas, (T5) heno con tres moliendas mezclado con peat moss + agrolita en relación 1:1:1, (T6) peat moss+ agrolita. Concluyendo que el sustrato a base de *Tillandsia recurvata* sirvió como sustrato, cuando recibió tres moliendas y asociado con peat moss (T5), alcanzando un porcentaje de germinación del 89.17%, siendo superado únicamente por el tratamiento testigo (T6), el cual alcanzo un 91.67% de germinación.

Raya y Aguirre (2009), encontraron al realizar un prueba de compuestos elementarles de algunas plantas, que *Tillandsia recurvata*, está constituida por una gran cantidad de (N) nitrógeno, 3.5% de su peso está constituido por este elemento, además de presentar altas concentraciones de (Si) silicio con un 1% y 0.4% de aluminio (Al).

Mateo *et al.* (2011), evaluaron el efecto de diferentes proporciones de aserrín de *Pinus sp* mezclado con peat-moss, sobre el crecimiento de *Cedrela odorata*, utilizaron proporciones de aserrín que iban del 0% al 100%, encontrando los mejores resultados de las mezclas que van de 60% al 90% de aserrín.

Sandoval *et al* (2001), realizaron un estudio en donde probaron si el uso de polímeros de agua incrementa el porcentaje germinativo en la producción de *Pinus cembroides* Zucc. Bajo condiciones de invernadero, en la cual los tratamientos consistían en; mezcla de polímeros con sustratos (dos niveles de riego, limitado y no limitado) y sustrato con ausencia de polímeros (dos niveles de riego, limitado y no limitado), obteniendo los mejores resultados en los tratamientos que no usaron polímeros y con un riego no limitado.

Aparicio *et al* (1999), realizaron un estudio para evaluar el efecto de seis sustratos en la producción de tres especies de pino en condiciones de vivero. Con los siguientes tratamientos: (T1) 100% arena de mina, (T2) 100% tierra de monte, (T3) 50% arena de mina con agrolita, (T4) 50% tierra de monte 50% arena de mina, (T5) 50% tierra de monte con 50% agrolita y (T6) tierra de monte cubierta la semilla con arena de mina. Encontrando los mejores resultados en: (T6) tierra de monte, cubierta la semilla con arena de mina, (T2) 100% de tierra de monte y (T4) 50% de tierra de monte con arena de mina.

Romero *et al* (2012) evaluaron el crecimiento inicial de *Pinus patula* producido en vivero, utilizando composta de cascara de nuez a diferentes proporciones obteniendo los mejores resultados en el (T1) mezcla testigo (peat moss 33%+vermiculita 33%+ agrolita 33%) y el (T4) (cascara de nuez 33%+vermiculita 33%+ agrolita 33%). Concluyendo que el composteado de cascara de nuez es útil como sustrato alternativo, y reduce los costos de producción en un 32%.

Quiroz y Rentería (2002), realizaron un estudio para evaluar el efecto de la lombricomposta en la germinación y crecimiento inicial de dos especies de pino: *Pinus oxacana* y *Pinus rudis*, Los sustratos utilizados para la germanización fueron: a) 50% de arena de mina + 50% suelo de bosque y b) 50% arena de mina + 50% lombricomposta. Y para el crecimiento inicial: 30% arena de mina + 50% suelo de bosque + 20% lombricomposta, b) 30% arena de mina + 40% suelo de bosque + 30% lombricomposta c) 30% arena de mina + 30% suelo de bosque + 40% lombricomposta, d) 30% arena de mina+ 20 % suelo de bosque + 50% lombricomposta e) 100% suelo de bosque. Obteniendo los mejores resultados en crecimiento con el sustrato d) 30% arena de mina+ 20 % suelo de bosque + 50% lombricomposta, en germinación no hubo diferencia significativa.

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio.

3.1.1 Ubicación del invernadero

El presente trabajo de investigación se llevo a cabo en una nave del invernadero perteneciente al Departamento Forestal, el cual se encuentra ubicado dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, localizada al sur de la ciudad de Saltillo, (a 10km) por la carretera a Zacatecas, entre los paralelos 25°21' y 25° 22' de Latitud Norte y los meridianos 101° 01' y 101° 03' de Longitud Oeste. (Lara, 1996).

3.1.2 Altitud y suelo

Comprende un área irregular situada en un valle formado entre la Sierra de Zapalinamé y la Sierra Cuchilla de Calabacita, a una altitud de 1754 m.s.n.m. Todo el valle tiene un suelo tipo rendzina y castañozem de origen aluvial, variando de somero a profundo y con afloraciones de roca caliza y lutitas (Lara, 1996).

3.1.3 Clima

El clima es seco y templado con lluvias en verano, principalmente. La temperatura media anual es de 17.3 °C (INEGI, 2011), siendo los meses más cálidos mayo, junio y julio (con temperatura máxima de hasta 40 °C). Durante diciembre y enero se registran las temperaturas más bajas, de hasta -11 °C. (SMN, normales climatológicas 1971-2000).

3.1.4 Precipitación

La precipitación media anual es de 369.3 mm y los meses más lluviosos son Julio, Agosto y Septiembre, registrándose una media anual de 61.4 días con lluvia. (SMN, normales climatológicas 1971-2000).

3.2 Invernadero

Los invernaderos son parte de un vivero, con funciones muy importantes como pueden ser la parte esencial de las condiciones climatológicas y la otra es la de aumentar la producción. También permiten un mayor control de la producción; en forma general, son estructuras independientes, cubierta con techos de dos caídas de agua, están diseñados para que el espacio se utilice en forma adecuada. La ventilación es algo necesario dentro de estos, como una ayuda para controlar la temperatura y la humedad dentro del invernadero. Está conformado por una estructura cuadrada de lámina galvanizada, con paredes y techos de láminas de policarbonato de dos capas, contiene un sistema de riego por aspersión aéreo y semirobotizado, mediante el cual se puede fertilizar y fumigar. La programación de la temperatura se establece en dos temporadas; la primera temporada es de primavera y verano con una temperatura interior promedio de 26°C en el día y por la noche de 22°C, la segunda temporada que es otoño e invierno con 22°C en el día y por la noche 18°C, como temperatura interior de la nave.

3.3 Contenedores

Es un envase o recipiente, el cual contiene perforaciones en la parte posterior para un mejor drenaje, estos son útiles para que germinen las semillas, ya que permiten que la raíz tenga movimiento y un mejor desarrollo, también le proporciona a la planta un medio de crecimiento, además el envase facilita el contacto del sistema radicular con el agua, nutrientes minerales y le sirve de soporte o anclaje a la plántula, el contenedor ideal es aquel que permite producir plantas de la mejor calidad; pero es necesario tener en cuenta que un sustrato puede tener diferentes resultados según el tipo, tamaño y forma del contenedor.

Los contenedores que se utilizan son de polietileno expandido, con un baño de hidróxido de cobre y son de 120 ml.

3.4 Colecta de semilla.

La semilla se colecto en el Coahuilón dentro del ejido Nuncio, Arteaga Coahuila, para el caso de El Coahuilón, la vegetación está constituida por un chaparral secundario con renuevos y relictos de *Abies sp.*, *Pseudotsuga macrolepis* Flous y *Picea mexicana* Martínez (Braham, 1995).

3.5 Localización del área de colecta de *Tillandsia recurvata*.

El área de colecta se encuentra en el sureste de Coahuila dentro de la sierra de Zapalinamé en el ejido Cuauhtémoc, entre las coordenadas 101° 03'16" y 100° 54' 49" de longitud oeste y 24° 18' 56" de latitud norte, a una elevación de 2,300 msnm en la parte más alta del ejido (Hernández, 2010).

3.6 Materiales utilizados

- 6 charolas de 77 cavidades
- Jabón
- Agua
- Barril
- 14ℓ de *Tillandsia recurvata* composteada
- 18ℓ de mezcla básica (peat moss+perlita+vermiculita)
- 240 semillas de *Abies vejarii*
- Regla
- Vernier
- Bascula electrónica
- Libreta, formato de datos,
- Pluma
- Tijeras
- Estufa de secado

- Bolsas de papel
- Osmocote
- Sistema de riego por aspersión
- Termómetro
- Camas para la colocación de las charolas

3.7 Actividades a realizadas

Lavado de charolas

Las charolas se desinfectaron con detergente biodegradable y cloro diluidos en agua, esto para poder eliminar cualquier patógeno que exista en ellas. Las charolas se sumergieron en repetidas ocasiones en un tambo, el cual contenía la mezcla de detergente biodegradable y cloro, después de eso se pasaron por otro tambo con únicamente agua para poder retirar el detergente y cloro excedente en las charolas.

Análisis de pureza de semillas.

Para el análisis de pureza se utilizó el método de aventamiento, la limpieza por aventamiento es un método muy importante y de utilización muy extendida. Se basa en el principio de que cualquier objeto puede flotar en una corriente de aire de velocidad suficiente. La operación suele denominarse también soplado o ventilado. En su forma más sencilla, la semilla sin limpiar se lanza al aire en un día de viento. Los componentes se separan, y se descartan los no deseados. Dentro de los edificios pueden utilizarse ventiladores para producir la corriente de aire. (FAO, 1991).

En este método las semillas vanas de *Abies vejarii* se separaron por medio de una corriente de aire generada con un ventilador.

Preparación del sustrato.

A través de lo obtenido de una operación de una regla de tres simple se determinó que a 60 l de composteado de *Tillandsia recurvata* se le aplican 260g de osmocote, para la mezcla básica o testigo se realizó la siguiente proporción: un bulto de peat moss, un bulto de perlita, un bulto de vermiculita y 1.5 kg de osmocote todas se mezclarán para la obtención del sustrato testigo.

Llenado de charolas y siembra

El llenado de charolas se realizó el 8 de octubre del 2011, las charolas se dividen en 7 filas de 11 cavidades, de estas 7 filas, solo se llenaron 2 filas laterales derechas y dos filas laterales izquierdas, de las 11 cavidades de cada fila tomada solo a 10 se les puso sustrato, posteriormente la siembra se realizó el 10 de octubre del 2011 depositando una semilla por cavidad aproximadamente a 2.5 cm de profundidad, utilizando un total de 240 semillas.

Riego

El riego se aplicó durante todo el tiempo en que se llevó a cabo el experimento. El primer riego se le aplico el día de la siembra y posteriormente cada tercer día.

Deshierbe

El deshierbe se realizó cada 15 días esto para evitar que las hierbas parásitas desarrollen un sistema radicular grande, ya que esto puede afectar el desarrollo de nuestras plántulas.

Secado en estufa

El secado en estufa se realizó 7 meses después de la siembra cuando la planta ya estaba bien desarrolla, se tomaron 5 muestras por cada tratamiento, se cortó la

parte aérea y el sistema radicular de cada muestra, se depositaron dentro de una bolsa de papel y se pusieron dentro de la estufa de secado a una temperatura de 40°C, durante 4 días esto para deshidratarlas totalmente y así obtener su peso seco.

3.8 Descripción de tratamientos

El número de unidades experimentales para cada tratamiento fue de 60 semillas, contenidas en charolas de poliestireno expandido (cooperblock de 60 cavidades), 20 corresponden a cada repetición y en total son tres repeticiones por tratamiento, sus proporciones se describen en la siguiente tabla.

Tratamiento	Sustrato	Proporción
T1	<i>Tillandsia</i>	100%
T2	<i>Tillandsia</i> +(Peat moss +Perlita +Vermiculita)	50% - 50%
T3	<i>Tillandsia</i> +(Peat moss +Perlita +Vermiculita)	25% -75%
Testigo	Peat moss +Perlita +Vermiculita	100%

Cuadro 1. Descripción de tratamientos.

3.9 Diseño experimental

Para este experimento se utilizó un diseño completamente al azar el cual se constituye de tres tratamientos y un testigo con tres repeticiones cada uno.

C1	C2	C3	C4	C5	C6
T2,R2	T1,R3	T1,R1	T3,R2	T3,R1	T2,R1
T3,R3	T2,R3	T4,R2	T4,R3	T1,R2	T4,R1

Cuadro 2. Muestra el arreglo de los tres tratamientos y su testigo.

C (charola) R (repetición)
T (Tratamiento) R4 (testigo)

3.10 Modelo estadístico.

El modelo estadístico a emplear es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \Sigma_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = parámetro observado en las diferentes variables observadas

$i = 1, 2, 3, \dots, t$ (número de tratamientos).

$j = 1, 2, 3, \dots, r$ (número de repeticiones).

μ = es el efecto medio de la población.

τ_i = es el efecto del i -ésimo tratamiento.

Σ_{ij} = es error del efecto de la j -ésima unidad experimental sujeta al i -ésimo tratamiento.

3.11 Variables evaluadas.

Germinación

La primera evaluación se realizó a los 11 días después de la siembra, posteriormente, se hizo cada 5 días contando el total de semillas germinadas en cada evaluación en total fueron 6 evaluaciones y una última a los 3 meses debido a que el sustrato (compostado de *Tillandsia recurvata*) retardo la germinación y algunas plantas murieron, esto se realizó para que se tenga el total de plántulas a evaluar en la etapa de desarrollo.

Porcentaje de germinación (%G).

La evaluación de la germinación se realizó de acuerdo al método propuesto por Camacho (1994):

$$\%G = (GA * 100) / M$$

Dónde:

%G= Porcentaje de germinación.

GA= Germinación acumulada hasta la última evaluación.

M= Muestra evaluada, lo que corresponde al total de semillas.

Sobrevivencia

La sobrevivencia se determinó a los 37 días después de la siembra contando el total de plántulas por tratamiento.

Porcentaje de mortalidad (M%)

Esta variable se determinó a los 68 días después de la siembra, contando el total de plántulas muertas y se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\%M = \frac{(N^{\circ}M * 100)}{Ng}$$

% M= Porcentaje de mortalidad

N°M= Numero de semillas muertas

Ng= Numero de semillas germinadas

Desarrollo

La medición del desarrollo se realizó a los tres y a los seis meses después de la siembra evaluando altura y diámetro de la plántula.

Altura

La altura se midió en cm, desde la base del tallo hasta la yema apical. Esta variable se midió con una regla de 30 cm, a los tres y seis meses de edad.

Diámetro basal del tallo.

Esta variable se midió con utilizando un vernier, en la base del tallo a los tres y seis meses de edad.

Altura (masa aérea)

Se determinó a los 7 meses de edad tomando 5 muestras por tratamiento se les retiro el sustrato y se cortó a partir de la primera raíz hacia arriba, posteriormente se midió con una regla hasta la yema apical.

Diámetro basal (masa aérea)

Se determinó a los 7 meses de edad tomando 5 muestras por tratamiento, se midieron con un vernier.

Longitud de raíz (masa radicular)

Se determinó a los 7 meses de edad tomando 5 muestras por tratamiento, se midieron con una regla a partir de la primera raíz.

Numero de raíces blancas (masa radicular)

Se determinaron a los 7 meses de edad tomando 5 muestras por tratamiento, se contaron el total de raicillas blancas que se pudieron observar.

Peso húmedo

Se determinó a los 7 meses de edad tomando 5 muestras por tratamiento, se pesó la muestra en la báscula al momento de retirarle el sustrato.

Peso seco

Se determinó a los 7 meses de edad tomando 5 muestras por tratamiento, después de haber metido las muestras a la estufa de secado a una temperatura de 40°C durante 4 días.

Contenido de humedad (masa radicular y masa aérea)

Se determinó a los 7 meses de edad tomando 5 muestras por tratamiento, determinando su peso húmedo, y después introduciéndolas en la estufa de secado a una temperatura de 40° durante 4 días, para determinar su peso en seco y determinando su contenido de humedad.

Mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ humedad} = \frac{Ph - Ps}{Ps} * 100$$

Donde:

Ph es el peso en *g* de la muestra húmeda

Ps es el peso en *g* de la muestra seca

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los datos obtenidos en el presente experimento, se presentan los siguientes resultados y discusión correspondiente para las variables evaluadas.

A. Porcentaje de germinación (%G).

La prueba de germinación tuvo una duración de 37 días a partir de la fecha en que se realizó la siembra, el mayor número de semillas germinadas se obtuvo del tratamiento 4 (Testigo) con un 43.3%, en el cual el sustrato utilizado fue la mezcla base (Peat moss +Perlita +Vermiculita) y en seguida el tratamiento 2 (50% *Tillandsia*-50% mezcla base) con un 31.6%. Aparicio *et al.* (1999) menciona que para que se produzca la germinación es necesaria la interacción de factores externos (sustrato, temperatura, humedad, aireación e iluminación) y de factores internos o propios de la semilla (viabilidad y latencia).

El menor porcentaje se obtuvo del tratamiento 1 (*Tillandsia* al 100%) con un 11.6%, el bajo porcentaje de germinación de este tratamiento se pudo ver asociado a dos factores, al exceso de humedad en el medio de cultivo, ya que el agua no drenaba fácilmente y a la falta de aireación, poniendo en manifiesto lo mencionado por Niembro (1996) un exceso de humedad en el sustrato puede ocasionar que la mayoría de las semillas no germinen a causa del escaso oxígeno.

TRATAMIENTOS	21-oct-11	26-oct-11	01-nov-11	06-nov-11	11-nov-11	16-nov-11	Total
testigo	11	12	14	17	21	26	26
Tratamiento 1	0	0	2	4	0	7	7
Tratamiento 2	0	2	8	14	15	19	19
Tratamiento 3	0	0	1	8	9	12	12
							64

Cuadro 3. Numero de semillas germinadas por tratamiento.

La obtención del bajo porcentaje de germinación de semillas de *Abies vejarii*, se pudo dar debido a que por lo general es una especie difícil de reproducir ya que es endémica y para su reproducción se deben de tener los factores asociados con su hábitat y estos factores no se controlan muy bien en el invernadero, debido a que se reproducen varias especies y no se puede tener controlada solo las condiciones que una especie requiera.

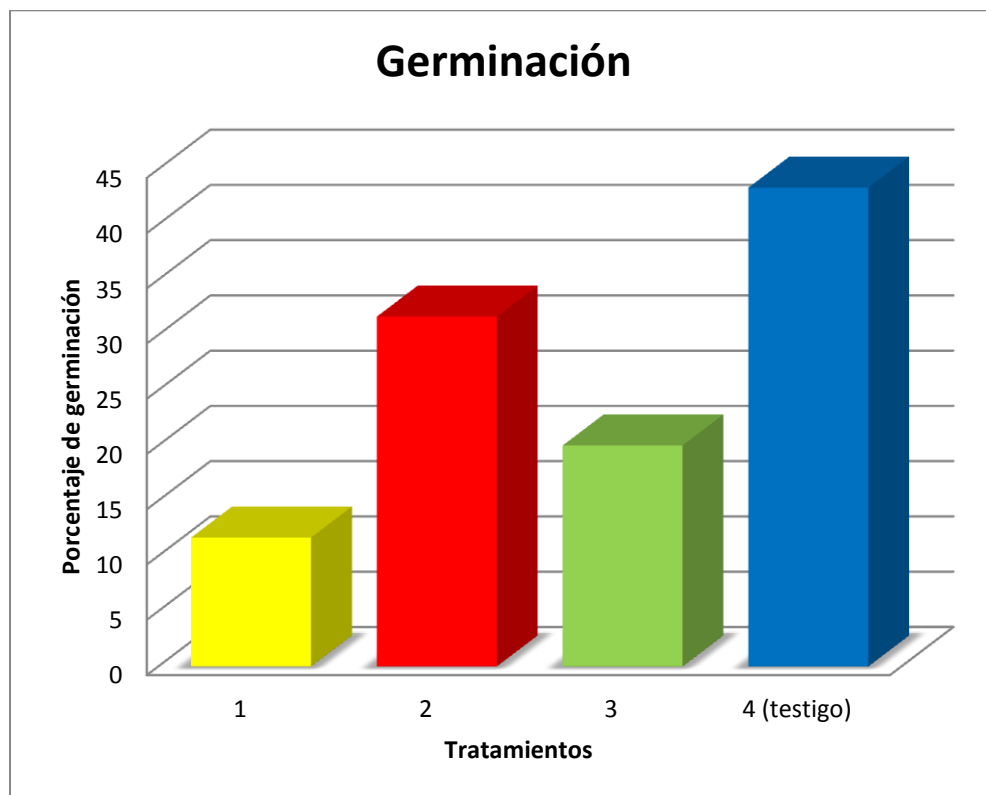


Figura 1. Muestra la representación gráfica del porcentaje de germinación de cada tratamiento.

B. Sobrevivencia

La sobrevivencia depende de diferentes factores, tales como: características físicas y químicas de los sustratos así como también de sus genotipos y de los factores que rodean el medio de cultivo.

Para determinar la viabilidad de los diferentes tratamientos se realizó un ANVA ($p \leq 0.05$) de la sobrevivencia de las plántulas la cual se tomó a los 37 días a partir de la fecha en que se realizó la siembra.

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	F calculada	F Tablas
Tratamientos	3	52.23	17.409	4.60	4.35
Error	7	26.50	3.786		
Total	10	78.73			

Cuadro 4. ANVA con ($p \leq 0.05$) de sobrevivencia

El análisis de varianza muestra que las diferencias entre los valores medios de los tratamientos son significativos, lo que indica que el sustrato tiene gran influencia negativa sobre la sobrevivencia de *Abies vejarii*, por lo que el composteado de *Tillandsia recurvata*, no es adecuado para producir plántula de *Abies vejarii*.

En el siguiente cuadro comparativo de medias se puede apreciar la gran diferencia que existe entre los tratamientos

Tratamientos	Medias
T1	3.50
T2	5.67
T3	3.33
Testigo	8.67

Cuadro 5. Comparación de medias por tratamiento

C. Desarrollo

Para determinar si existió diferencia significativa durante el desarrollo entre las alturas, se midieron las plántulas a los 3 y 6 meses después de la siembra realizando un ANVA con ($p \leq 0.05$) de las dos evaluaciones.

					F Tablas
Fuentes de Variación	GL	SC	CM	F calculada	0.05
Tratamientos	3	0.22468939	0.07489646	1.36607092	4.3468314
Error	7	0.38378333	0.05482619		
Total	10	0.60847273			

Cuadro 6. ANVA con ($p \leq 0.05$), de la primera evaluación de desarrollo en altura

					F Tablas
Fuentes de Variación	GL	SC	CM	F calculada	0.05
Tratamientos	3	0.4698	0.15658788	0.56436781	4.3468314
Error	7	1.9422	0.27745714		
Total	10	2.4120			

Cuadro 7. ANVA con ($p \leq 0.05$), de la segunda evaluación de desarrollo en altura

Con los anteriores análisis se observa que las diferencias entre los valores medios de los tratamientos no son significativos, por lo que el sustrato a base de *Tillandsia recurvata* no afecta el desarrollo en altura de *Abies vejarii*.

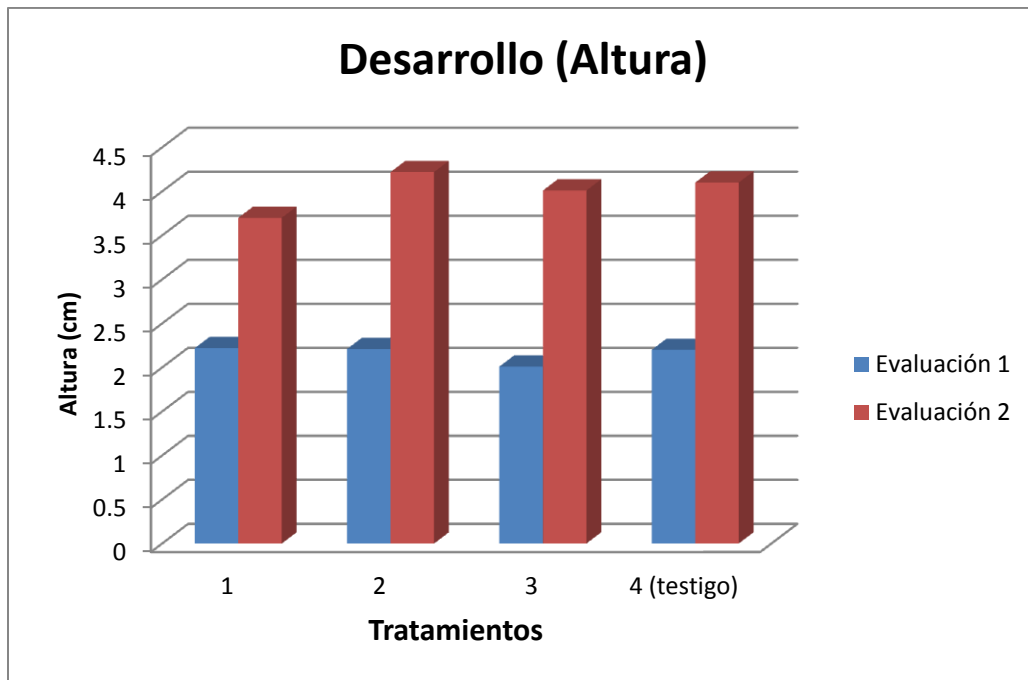


Figura 2. Muestra la representación gráfica del desarrollo en altura durante las dos evaluaciones.

En base a la figura anterior podemos observar que cualquier tratamiento es adecuado para el desarrollo en altura de *Abies vejarii*, a excepción del tratamiento 1 (100% *Tillandsia*) que retarda su desarrollo.

- Para determinar si existió diferencia significativa durante el desarrollo en el diámetro basal se midieron las plántulas a los 3 y 6 meses después de la siembra realizando un ANVA con ($p \leq 0.05$) de las dos evaluaciones.

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	F calculada	F Tablas 0.05
Tratamientos	3	0.02327121	0.00775707	0.9664698	4.3468314
Error	7	0.05618333	0.00802619		
Total	10	0.07945455			

Cuadro 8. ANVA con ($p \leq 0.05$), de la primera evaluación de desarrollo en el diámetro basal

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	F calculada	F Tablas
Tratamientos	3	0.09770758	0.03256919	1.9193294	4.3468314
Error	7	0.11878333	0.01696905		
Total	10	0.21649091			

Cuadro 9. ANVA con ($p \leq 0.05$), de la segunda evaluación de desarrollo en el diámetro basal.

El análisis de varianza para esta variable demuestra que no existe diferencia entre los valores medios de los tratamientos, por lo que el sustrato a base de *Tillandsia recurvata* no afecta el desarrollo en el diámetro basal de *Abies vejarii*.

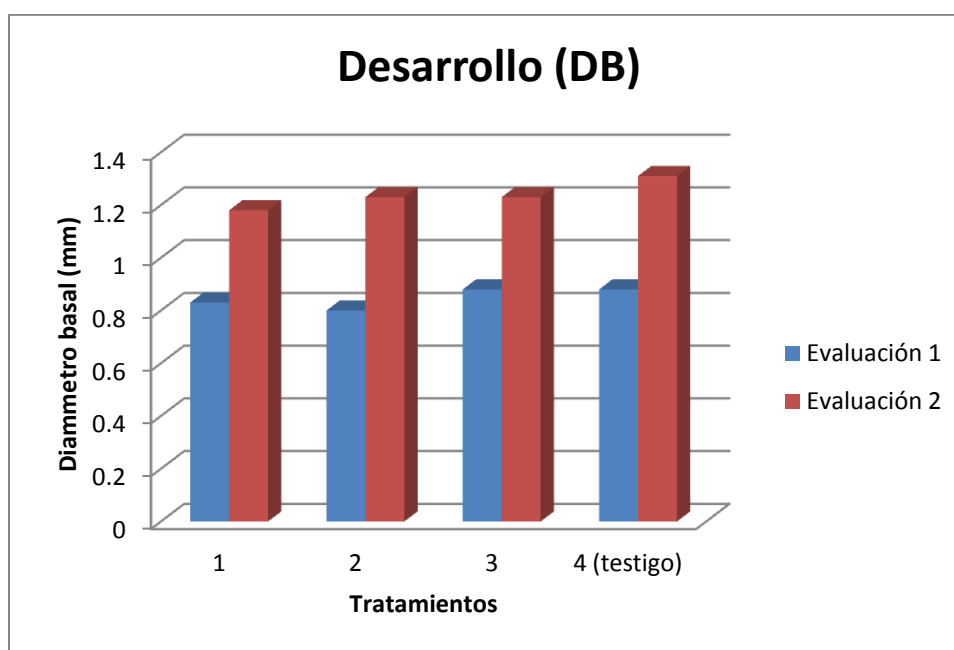


Figura 3. Muestra la representación gráfica del desarrollo en el diámetro basal durante las dos evaluaciones.

En la figura anterior se puede observar que el desarrollo en el diámetro basal no se vio afectado por ningún tratamiento, ya que no se ven diferencias significativas entre ellos.

El resultado en desarrollo de las plántulas no tuvo una gran variación, esto dependió mucho de las características físicas y propiedades nutrimentales de los sustratos, ya que son muy similares, por lo que el sustrato a base de *Tillandsia recurvata* no afecta el desarrollo de la plántula de *Abies vejarii*.

D. Altura (masa aérea).

Esta se determinó a los 7 meses después de la siembra tomando 5 muestras por tratamiento.

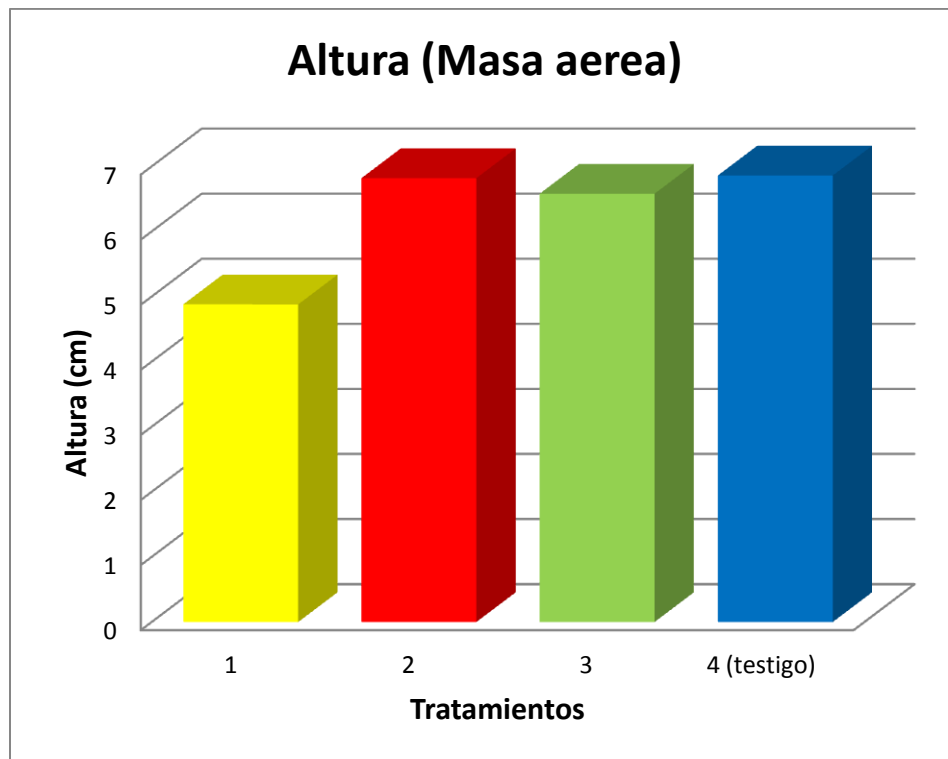


Figura 4. Muestra la representación gráfica de la altura (masa aérea) de las muestras tomadas.

La figura anterior nos muestra similitudes entre el tratamiento 2 y el 4, siendo el tratamiento 2 (50% *Tillandsia*-50% mezcla base) el que presentó un promedio mayor de alturas lo que demuestra que este sustrato es favorable para el crecimiento de *Abies vejarii*.

E. Diámetro basal (masa aérea)

Esta se determinó a los 7 meses después de la siembra tomando 5 muestras por tratamiento.

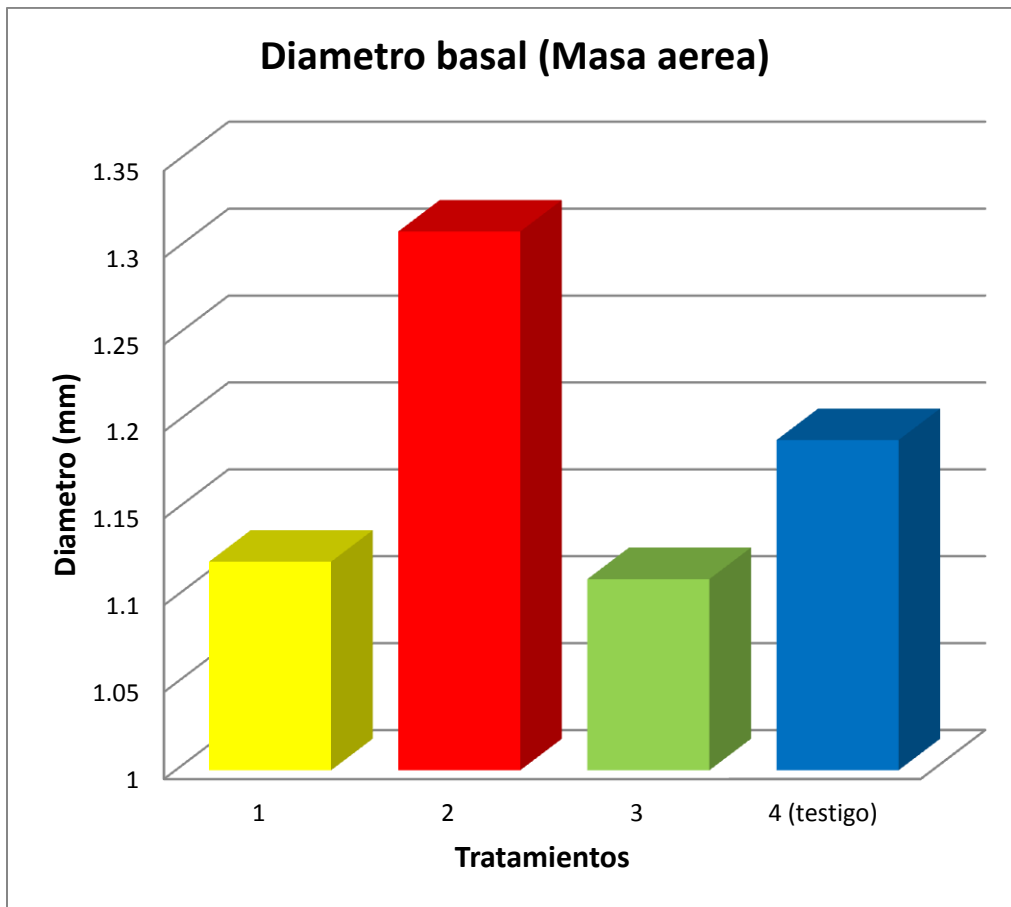


Figura 5. Muestra la representación gráfica del diámetro basal (masa aérea) de las muestras tomadas.

La figura anterior nos muestra que existe una gran diferencia en el desarrollo del diámetro utilizando el tratamiento 2 (50% *Tillandsia*-50% mezcla base) como sustrato, lo que demuestra que este sustrato es favorable para el desarrollo en diámetro de *Abies vejarii*.

F. Longitud de raíz (masa radicular)

Esta se determinó a los 7 meses después de la siembra tomando 5 muestras por tratamiento.

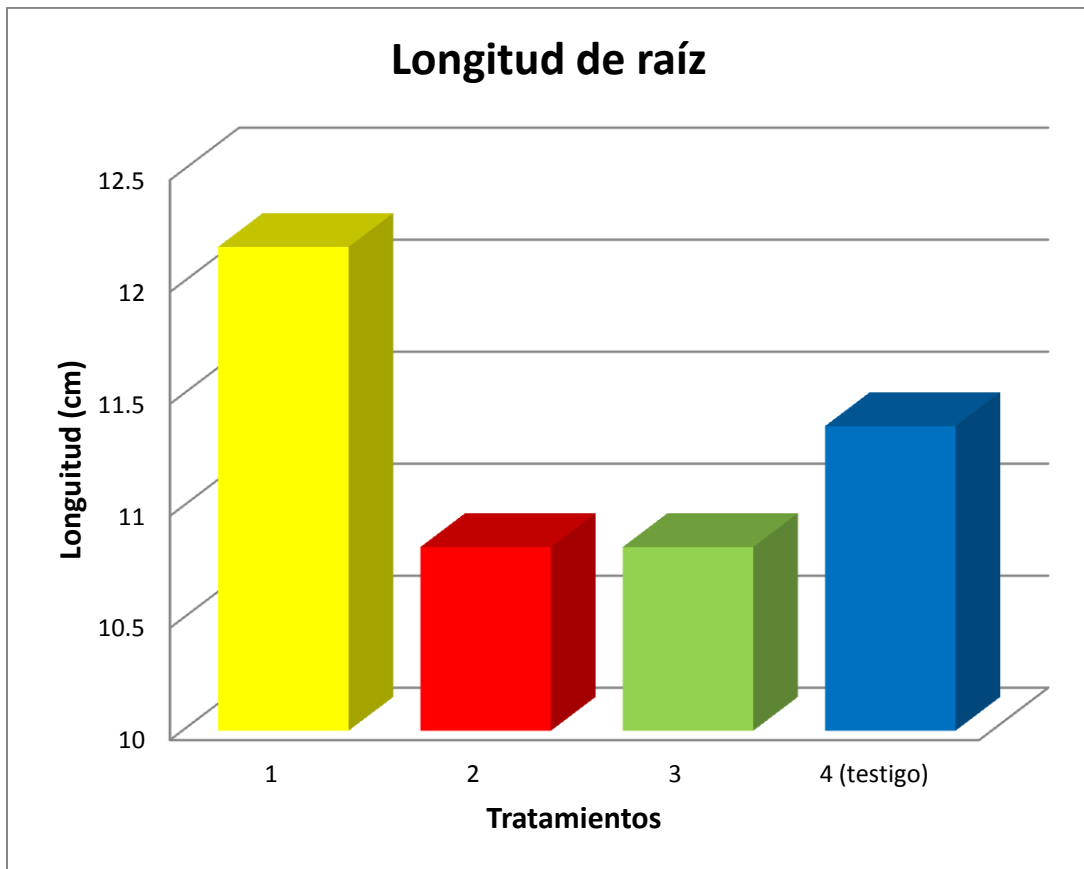


Figura 6. Muestra la representación gráfica de la longitud de las raíces de las muestras tomadas.

La figura anterior nos demuestra que existe una gran diferencia en el desarrollo de la raíz de las muestras tomadas del tratamiento 1 (*Tillandsia* 100%), esto pudo ser debido a que el sustrato es adecuadamente poroso lo que permitió, en parte un mejor desarrollo de las raíces.

G. Numero de raicillas blancas

Este se determinó a los 7 meses después de la siembra tomando 5 muestras por tratamiento.

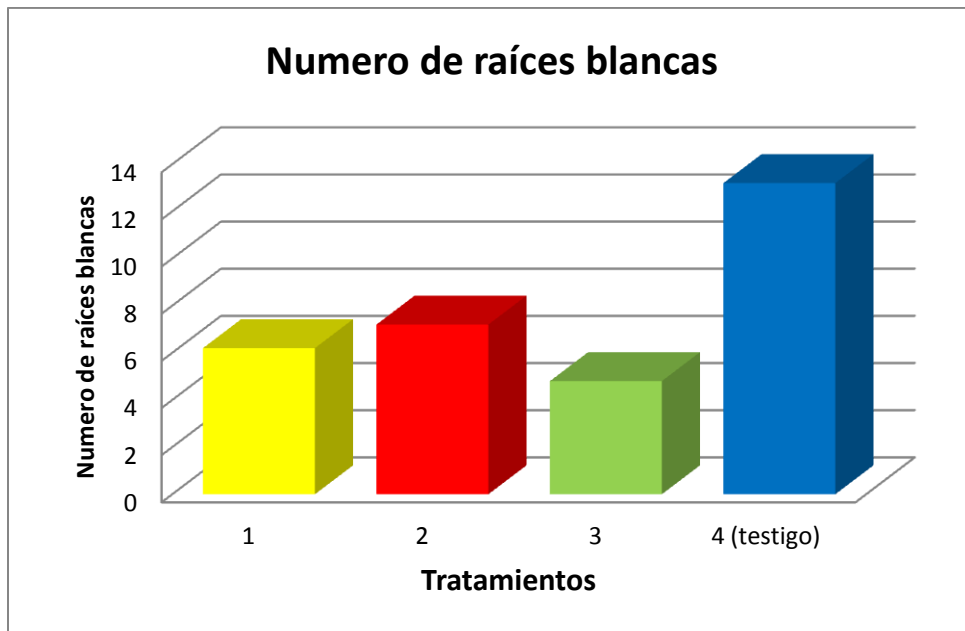


Figura 7. Muestra la representación gráfica de las raicillas blancas de las muestras tomadas.

Tal y como se muestra en la figura anterior el mayor número de raicillas blancas lo obtuvo el tratamiento 4, seguido del tratamiento 2; por lo que de los tratamientos que contienen *Tillandsia*, el tratamiento 2 (50% *Tillandsia*-50% mezcla base) sigue siendo el más adecuado para el desarrollo de la plántula de *Abies vejarii*, ya que mediante las raicillas blancas se suministran los nutrientes a la plántula y se amplía el rango de absorción.

H. Contenido de humedad

Se determinó a los 7 meses de edad tomando 5 muestras por tratamiento, determinando su peso húmedo, y después introduciéndolas en la estufa de secado

a una temperatura de 40° durante 4 días, para determinar su peso en seco y determinando su contenido de humedad.

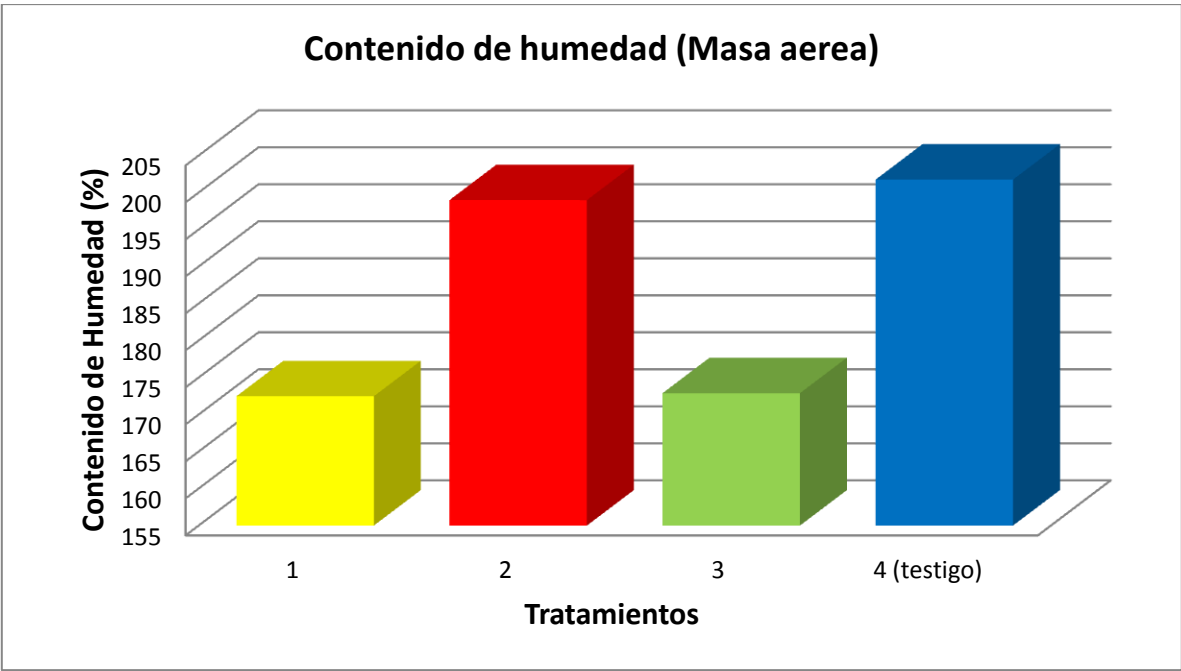


Figura 8. Muestra la representación gráfica del contenido de humedad (masa aérea) de las muestras tomadas.

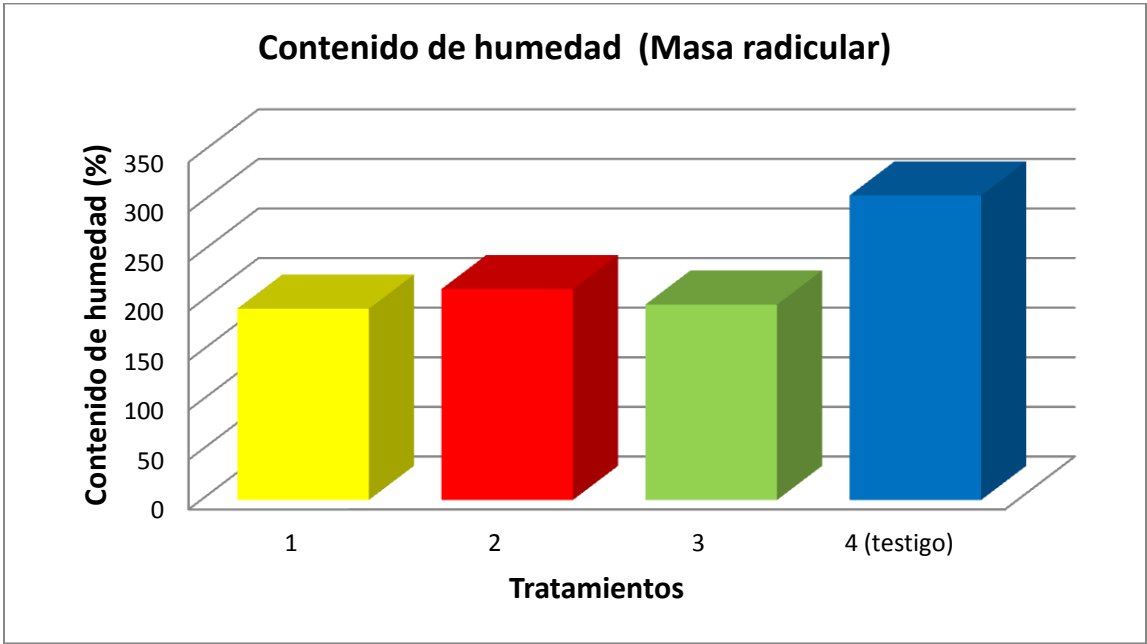


Figura 9. Muestra la representación gráfica del contenido de humedad (masa radicular) de las muestras tomadas.

La figuras anteriores nos demuestran que el mayor contenido de humedad lo obtuvo el tratamiento 4, seguido del tratamiento 2 (50% *Tillandsia*-50% mezcla base), lo que demuestra que estos dos tratamientos contribuyen con la retención de agua en la planta, lo que ayuda a que esta tenga mayor resistencia cuando haya una escasez de agua.

I. Porcentaje de mortalidad

En la siguiente figura se observa que de los tratamientos; el que tuvo la mayor mortalidad fue el tratamiento 1 (*Tillandsia* al 100%), con 28.57% de plántulas muertas, seguido por el tratamiento 3 (25% *Tillandsia*-75% mezcla base), con 16% de plántulas muertas, la alta mortalidad en los sustratos a base de *T. recurvara*, pudo deberse a que contiene hidroperoxicloartano que actúa como un antibiótico (alelopatía), (Hernández, 2010).

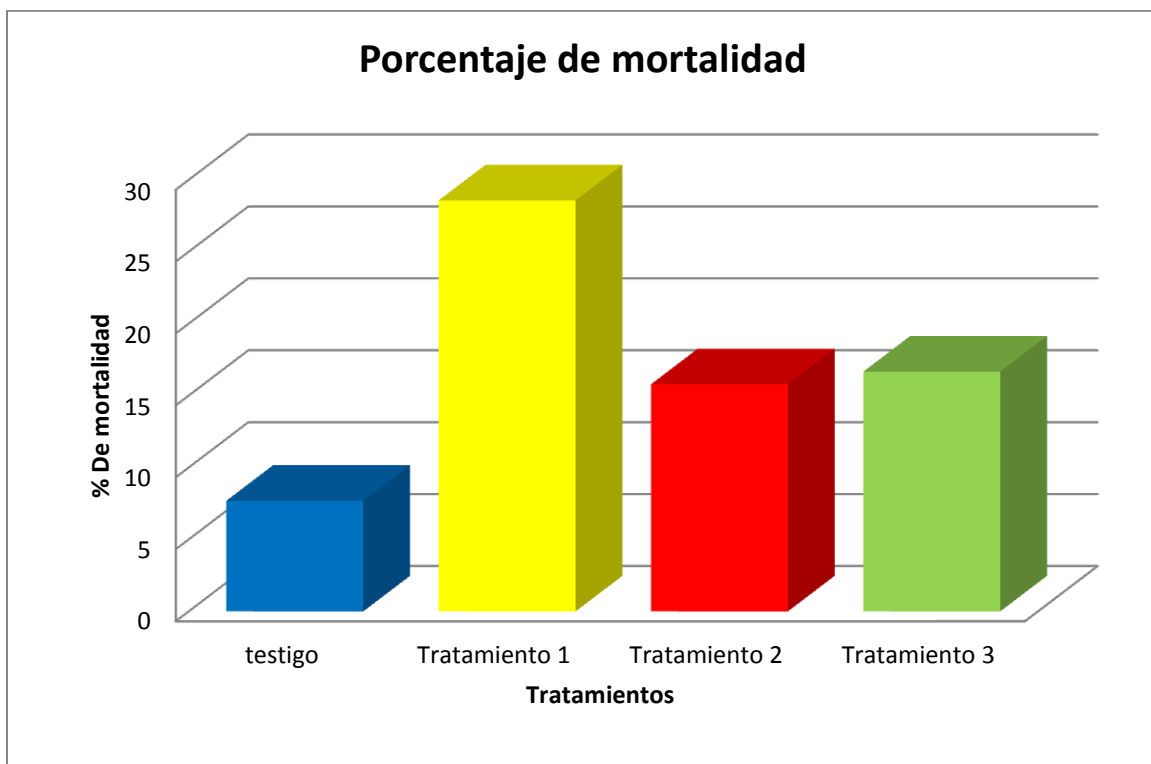


Figura 10. Representación grafica de la mortalidad en porcentaje de los diferentes tratamientos.

V CONCLUSIONES

En base a la evaluación de las diferentes variables y los análisis de varianza realizados en este experimento, el uso de composteado de *Tillandsia recurvata* como sustrato no es adecuado para la producción de plántula de *Abies vejarii*, debido a que los tratamientos tuvieron un bajo porcentaje de germinación, aunque también el bajo porcentaje de germinación se debió a que la especie es un poco difícil de reproducir en vivero, motivo por el cual se dio el bajo porcentaje de germinación, aunado a esto que en el invernadero las condiciones que se manejan, no son las adecuadas para esta especie.

Sin embargo para el desarrollo de la especie si se recomienda, ya que los resultados de las variables evaluadas para cada uno de los tratamientos fueron semejantes al testigo, que es el sustrato que se pretende sustituir debido a su alto costo y que proviene del extranjero, siendo más viable utilizar el sustrato a base de *Tillandsia recurvata* en la etapa de desarrollo cuando se trasplanta del cepellón a una bolsa o recipiente.

De los tratamientos que contienen *Tillandsia*, el 2 (50% *Tillandsia*-50%testigo) es el que mejores resultados arrojó en las variables evaluadas, por lo que es recomendable su uso como medio de cultivo, y seguir experimentando con esta mezcla para así darle un uso viable a la gran cantidad de *Tillandsia recurvata* que existe en los bosques de Coahuila.

El tratamiento 1(100% *Tillandsia*) a pesar de que presentó el mayor desarrollo radicular no sería adecuado para la producción de plántula en invernadero debido a que no tiene un buen drenaje, y las semillas al carecer de oxígeno no germinan.

VI RECOMENDACIONES

- No utilizar composteado de *Tillandsia recurvata* en altas proporciones para la producción de plántula.
- Repetir el experimento pero, con las condiciones semejantes que se presentan en el hábitat de *Abies vejarii*, y así se presenten los resultados deseados.
- Establecer los experimentos con semilla de calidad que tenga buenos genotipos.
- El sustrato a base de *Tillandsia recurvata* con una proporción 50%, se recomienda para el desarrollo ya que genera un tallo de mayor tamaño.
- Se recomienda utilizar sustratos que tengan un buen drenado.
- Se recomienda realizar un estudio costo beneficio para utilizar a *Tillandsia recurvata* como sustrato, ya que a la hora del compostaje se reduce drásticamente el volumen de esta.
- Se recomienda esterilizar este sustrato para eliminar los patógenos.
- Es recomendable seguir haciendo investigaciones con el tratamiento 2 (50% *Tillasia*-50%testigo), con otras especies.

VII LITERATURA CITADA

Abad, B. M. (1993). Sustratos, características y propiedades. Curso Superior de Especialización sobre: cultivos sin suelo. FIAPA. Almería, España.

Ansorena, M.J: (1994).Sustratos, Propiedades y caracterización. Ed. Mundi-Prensa España.

Aparicio, R. A., H. Cruz J., J. Alba L. 1999. Efectos de seis sustratos sobre la germinación de *Pinus patula* SHT. ET CHAM., *Pinus montezumae* Lamb. y *Pinus pseudostrobus* LINDL. En condiciones de vivero. Foresta veracruzana 1(2): pp 31-36.

Ballester, J. F. 1992. Sustratos para el Cultivo de plantas Ornamentales. Hojas Divulgativas No. 11/92 pp. 2, 24,32 Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación, Madrid, España.

Baixauli, S.C. y J. M. A. Oliver. 2002. Cultivo sin suelo de Hortalizas. Editorial Generalitat Valenciana. Valencia, España.p.p15

Braham S., S. 1995. Regeneración natural de *Picea engelmannii* var. *mexicana* en Arteaga Coah. y Rayones, N. L. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 74 p.

Bonner, F. T., *et al.* 1994 Tree Seed Technology Training Course: Student Outline.

Burés, S. 1999. Introducción a los sustratos: aspectos generales. pp. 19-46.

Cadahia, L. C. 1998. Fertirrigación, Cultivos Hortícolas y ornamentales, Segunda Edición Revisada, Ediciones Mundi-Prensa, México.

Calderón, F. 1989. El Cultivo Hidropónico. Manual Práctico. Publicidad Artes – Gráficas Diseño. Bogotá, Colombia.

Castellanos, V. I., Cano, S. Z., Hernández, L. B., (2005). Efecto de *Tillandsia recurvata* L. (Bromeliaceae) sobre el éxito reproductivo de *Fouquieria splendens* Engelm. (Fouquieriaceae). Revista Ciencias Forestales Mexicana. vol.34, n.105, pp. 197-207. ISSN 1405-3586.

Ceja, R. J. 2008. Las plantas epifitas su diversidad e importancia. Departamento de Biología División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana-Itztapalapa. México. 41 p

Chávez R. R. 1994. Fisiología y morfología de plántulas en diez procedencias de *Pinus greggii* Engelm, en invernadero. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 66 p.

Conzatti, C. 1947. Flora taxonómica Mexicana (plantas vasculares). Tomo II Monocotiledóneas Diferenciadas-Superiores e Inferiores México, D.F. pp. 83-86.

Díaz, H.D. 2009. Incremento de volumen en rodales de *Abies vejarii* Martínez en la sierra de Arteaga, Coahuila. Tesis de Licenciatura UAAAN Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.

Domínguez, A.F.A.(1990). Nueva localidad para *Abies vejarii*. Martínez. Revista Ciencias Forestales en México. Vol. 16 Núm. 70.

FAO, 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales, con especial referencia a los trópicos, compilado por R.L Willan para el centro de semillas forestales de DANINA.

Flores F J D, L M Torres E, J A N Castro, (2009). Situación del heno motita *Tillandsia recurvata*, en el estado de Coahuila Memoria de resúmenes del XV Simposio Nacional de Parasitología Forestal. Jardín Etnobotánico Oaxaca Oxa

García, M. A. B. (1996), Algunos sustratos orgánicos, sus mezclas, caracterización y procedimientos. Tesis profesional en suelos. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

García, P.J.M. 1999. Propiedades y Característica de los Sustratos. Perlita, pp. 29-45.

Gaytán M. D.M. 2001. Prueba de germinación de *Pinus cembroides Zucc.* En ocho sustratos diferentes. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 76 p.

Hartmann, H. T. y D. E. Kester. 1999. Propagación de Plantas. Principios y Prácticas. 3ª reimpresión, Editorial CECSA. México, pp 44.

Hartmann, H. T. y D. E. Kester. 1999. Propagación de Plantas. Principios y Prácticas. 7ª reimpresión, CECSA. México, pp 44.

Hartmann, H. T. 1995, Propagación de Plantas, Principios y Prácticas. Editorial CECSA, pp. 44-45, 53-54 México DF, México.

Hernández S. E. (2010). Determinación de la dosis optima de Muérdago Killer para el control de *Tillandsia recurvata*, en el ejido Cuauhtémoc, Saltillo, Coahuila. Tesis Profesional. UAAAN. pp. 7-15.

INEGI, (2011). Prospectiva estadística Coahuila de Zaragoza.

Lara R.D. 1996. Prueba de germinación y sobrevivencia en *Pinus cembroides* Zucc. Sobre cuatro sustratos diferentes en etapa de vivero. Tesis licenciatura. UAAAN. Buena Vista, Saltillo, Coahuila, México.

López M.A. 2007. Efecto de cuatro sustratos orgánicos en la sobrevivencia y crecimiento de *Pinus pincheana* Gordon, bajo condiciones de invernadero. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Lucena, J. J., García, P., Manzanares, M. and Garate, A. 1991. Accumulative Effects of Chelates Addition to culture Substrates Used in Comercial Greenhouses. *A Hortic.* Wageningen: International Society for Horticultural Science. (287) 197-205.

Mántaras S (2009) *Tillandsia recurvata*: un problema una solución. Boletín de la red la vida y la ciencia.

Martínez, M. 1948. Los *Abies* mexicanos. Anales del Instituto de Biología. México. 19(1): 11 – 104

Mateo, S. J. J., Bonifacio, V R., Pérez, R. S. R., Mohedano, C. L., & Capulín G. J. (2011). Producción de (*Cedrela odorata* L.), en sustrato a base de aserrín crudo en sistema tecnificado en Tecpan de Galeana, Guerrero, México. *Ra Ximhai*, 7(001).

Matuda, E. 1957. Bromeliáceas y Aráceas del Estado de México. Impreso en talleres gráficos de la nación, México. 63 p.

Meza, N.J. 1965. SEMILLAS. Manual para el análisis de su calidad. Ed. Herrera, México, D.F. 514 p.

Montaña, C., Dirzo R. y Flores A. 1997. Structural Parasitism of an epiphytic bromeliad upon *Cercidium Praecox* in an intertropical semiarid ecosystem. *Biotropica*, Vol. 29. No. 4. pp. 5.

Muñoz Y. M. (2011). Evaluación de Muérdago Killer y sulfato de cobre para el control de *Tillandsia recurvata* en *Pinus cembroides*, en el ejido Cuauhtémoc, Saltillo, Coahuila. Tesis Profesional. UAAAN. pp. 8-15.

Niembro R. A., 1986. Mecanismos de reproducción sexual en pinos. Ed. Limusa. México, D.F. 180 p.

Páez, G. L.E. 2005. Biología de *Tillandsia recurvata* L. (Bromeliaceae) y su importancia en aplicaciones prácticas y ecológicas. Tesis profesional. Facultad de Estudios Superiores Itzcala, Universidad Nacional Autónoma de México, Tlalnepantla, Edo. De México. 82 p.

Peñuelas R.J.L., L. Ocaña B. 2000. Cultivo de plantas forestales en contenedor. 2 da edición. Ediciones Mundi-Prensa. 190 p.

Posadas, S. F. 1999. Propiedades y características de los sustratos. Turba y fibra de coco, PP. 65 – 92.

Quiroz, M. T. A., & Rentería, A. A. (2002). Efecto de la lombricomposta como sustrato alternativo en la germinación y crecimiento inicial de *Pinus oaxacana* Mirov. Y *Pinus rudis* Endl. *Foresta Veracruzana*, 4(1), 35-40.

Raya, P., J. C.; Aguirre, M., C. L. (2009). Composición elemental de algunas especies de plantas silvestres mexicanas. Redalyc. México. pp, 95-98.

Resh, A. M. (1987), Cultivos hidropónicos: Segunda edición, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.

Romero, A.O., Escobedo, R. L., Huato, M. Á. D., & Hernández, I. (2012) Evaluación del residuo de cáscara de nuez (*Juglans regia* L.) en la producción de plántulas de *Pinus patula*, en vivero. *Agronomía costarricense* 36(2): 103-110.

Sandoval M., C., V.M. Cetina A., R. Yeaton, y L. Mohedano C. (2001). Sustratos y polímeros en la producción de la planta de *Pinus cembroides* Zucc. Bajo condiciones de invernadero. *Revista Chapingo Serie Ciencias forestales y del ambiente* 6(2): 143 – 150.

SEMARNAT (1996). Norma oficial mexicana -011-Recnat. Procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento de musgo, heno y doradilla. *Diario Oficial de la Federación*. México. pp, 9.

SMN, normales climatológicas (1971-2000), Estación: 00005048, Saltillo, México.

Terés, V; Artetxe, A; Beunza, A. 1997. Caracterización física de los sustratos de cultivo. *Revista horticultura*. No. 125. PP. 15-17.

Vázquez, R. D. H. (2010). Utilización del Heno de Mota *Tillandsia recurvata* L, como Sustrato para la Germinación de Semillas de *Pinus cembroides* Zucc. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Villareal, Q.J.A.2009. Manual de descripción botánica de gimnospermas.

Quiroz, M. T. A., & Rentería, A. A. (2002). Efecto de la lombricomposta como sustrato alternativo en la germinación y crecimiento inicial de *Pinus oaxacana* Mirov. Y *Pinus rudis* Endl. *Foresta Veracruzana*, 4(1), 35-40.