

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



Utilización del Heno de Mota *Tillandsia recurvata* L, como Sustrato para la Germinación de Semillas de *Pinus cembroides* Zucc.

TESIS PROFESIONAL

PRESENTADA POR:

**DANY EDUARDO VÁZQUEZ RABANALES**

Como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO FORESTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 2010.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO FORESTAL**

UTILIZACIÓN DEL HENO DE MOTA *Tillandsia recurvata* L., COMO SUSTRATO PARA  
LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Pinus cembroides* Zucc.

TESIS PROFESIONAL

PRESENTADA POR:

**DANY EDUARDO VÁZQUEZ RABANALES**

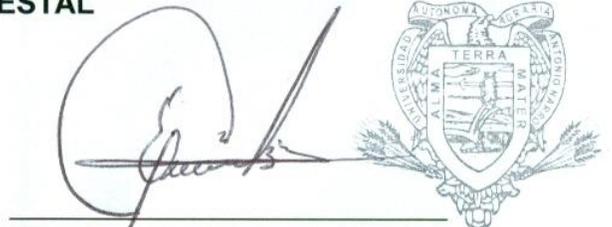
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO FORESTAL**



ASESOR PRINCIPAL

ING. SERGIO BRAHAM SABAG



COORDINADOR DE LA DIVISION Coordinación  
de Agronomía

DE AGRONOMÍA

DR. MARIO ERNESTO VÁZQUEZ BADILLO

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2010

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO FORESTAL**

UTILIZACIÓN DEL HENO DE MOTA *Tillandsia recurvata* L., COMO SUSTRATO PARA  
LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Pinus cembroides* Zucc.

TESIS PROFESIONAL

PRESENTADA POR:

DANY EDUARDO VÁZQUEZ RABANALES

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL

APROBADA POR:

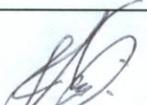


ASESOR PRINCIPAL

ING. SERGIO BRAHAM SABAG

---

SINODAL



M. C. JORGE DAVID FLORES  
FLORES



ASESOR EXTERNO

DR. JUAN M. COVARRUBIAS  
RAMÍREZ

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2010

---

## DEDICATORIA

Al eterno **DIOS** creador de todo el universo, por darme la oportunidad de vivir y dar todo por mí en el calvario de su cuerpo; por otorgarles fuerzas y salud a mis padres y tenerlos con vida. Gracias ADONAI ELOHIM por nunca olvidarte de mí y mi familia querida esto es parte del AMOR QUE TE TENGO DIOS MÍO.

Para mis padres:

*Sr. Eduardo Castellanos Bonilla*

*Y*

*Sra. Martha Rabanales López*

El cual agradezco desde el fondo de mi corazón por darme la oportunidad de nacer y conocer la vida, así como también por creer en mí y apoyarme incondicionalmente y por darme su amor y comprensión, GRACIAS, dedicado con todo mi AMOR.

A mis Hermanas:

*Nancy Carolina Vázquez Rabanales*

*Sandy Antonia Vázquez Rabanales*

*Vivian Maite Castellanos Rabanales*

Por estar en los momentos felices y tristes de nuestras vidas y la convivencia con nuestros padres con todo mi AMOR.

## AGRADECIMIENTOS

*Dad gracias en todo, porque esta es la voluntad de Dios para con vosotros en Cristo Jesús. 1ra. J's 5:18.*

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por darme todas las facilidades para poder estudiar la carrera de Ingeniero Forestal, para ser parte de una sociedad competitiva, *Alma Jerra Mater*... Gracias.

A todos aquellos que creyeron en mí, por darme su apoyo y consejos cuando más los necesite y tener tiempo cuando yo lo requería.

Gracias a los profesores de la Carrera, por haber dado lo mejor de ellos en la enseñanza y experiencias profesionales.

A mis asesores:

*Ing. Sergio Braham Sabag*

*M.C. Jorge David Flores Flores*

*Dr. Juan Manuel Covarrubias Ramirez*

A mis amigos de la generación **CVIII** por los momentos felices, así como también por las experiencias malas.

Pero en especial a mis mejores amigos de la carrera los cuales fueron y serán por siempre: Mónica, Paloma, María Elena, Jeiver, Víctor Hugo, Rufino, Jaime, Antonio, Mario; así como también a mí amigo Juan Mayo Hernández... Gracias por su amistad.

A mis paisanos del internado Porfirio, cuarto #12.

Al FONDO MIXTO CONACYT – COAHUILA (FOMIX - COAHUILA) por el apoyo otorgado al proyecto de tesis que sirvió para la obtención de mi título profesional a través del proyecto "Evaluación y Validación de Alternativas de Control del Heno de Mota *Tillandsia recurvata* Para el Manejo Sustentables de Ecosistemas Forestales del Estado de Coahuila. Clave: 119113, del cual el M.C. Luis Mario Torres Espinosa es responsable.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS .....	iv
ÍNDICE DE CUADROS .....	v
ÍNDICE DE ANEXOS .....	vi
RESUMEN .....	vii
<b>I INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Importancia del estudio .....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.3 Objetivos .....	2
1.4 Hipótesis.....	2
<b>II REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2. 1 Clasificación taxonómica de <i>Tillandsia recurvata</i> L. ....	3
2. 1. 1 Descripción morfológica.....	4
2. 1. 2 Características.....	4
2. 1. 3 Ecología.....	5
2. 1. 4 Distribución geográfica .....	7
2. 2 Aprovechamiento del heno motita .....	7
2. 3 Métodos de control de <i>Tillandsia recurvata</i> L. ....	7
2. 3. 1 Tipo de control .....	7
2. 4 Clasificación taxonómica de <i>Pinus cembroides</i> Zucc. ....	8
2. 4. 1 Descripción morfológica.....	8
2. 4. 2 Distribución geográfica .....	9
2. 4. 3 Hábitat .....	9
2. 4. 4 Aprovechamiento .....	10
2. 4. 5 Comercialización.....	10
2. 5 Tipos de Sustratos .....	11

2. 6	Propiedades de los sustratos .....	12
2. 6. 1	El sustrato ideal .....	13
2. 6. 2	Mezclas.....	13
2. 7	Características de las semillas forestales.....	14
2. 7. 1	Altura del contenedor y retención de humedad .....	14
2. 7. 2	Calidad de planta .....	15
2. 8.	Invernadero .....	16
2. 8. 1	Riego .....	16
2. 9	Estudios afines .....	17
<b>III</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
3.1	Descripción del área de estudio .....	18
3.2	Localización del área de colecta .....	19
3. 2. 1	Tipo de clima.....	20
3. 3	Colecta del heno motita <i>Tillandsia recurvata</i> L.....	21
3. 3. 1	Secado del heno motita .....	21
3. 4	Análisis de <i>Tillandsia recurvata</i> en laboratorio .....	22
3. 5	Tratamientos .....	23
3. 6	Descripción de las actividades que se realizaron.....	24
3. 6. 1	Materiales .....	24
3. 6. 2	Actividad realizada.....	24
3. 6. 3	Riegos.....	27
3. 6. 4	Control de roedores .....	28
3. 6. 5	Descripción de los tratamientos .....	28
3. 6. 6	Diseño experimental .....	28
3. 7	Análisis de pureza de la semilla .....	29
3. 8	Variables evaluadas .....	30
<b>IV</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>32</b>
4.1	Porcentaje de germinación (%G). .....	32

4. 2 Porcentaje de mortalidad (%M).....	34
4. 3 Altura de planta .....	35
4. 4 Diámetro del cuello de la planta .....	37
4. 5 Longitud de raíz.....	38
4. 6 Propiedades físicas del sustrato.....	40
4. 6. 1 Potencial hidrogeno (pH). .....	40
4. 6. 2 Conductividad eléctrica (CE). .....	42
4. 6. 3 Ácidos fúlvicos (AF). .....	44
4. 6. 4 Densidad aparente (Da).....	45
4. 6. 6 Porosidad Aireación (PA).....	48
4. 6. 7 Capacidad de Retención de Agua (%).....	49
<b>V CONCLUSIONES .....</b>	<b>52</b>
<b>VI RECOMENDACIONES.....</b>	<b>53</b>
<b>VII LITERATURA CITADA.....</b>	<b>54</b>
<b>VIII ANEXOS.....</b>	<b>59</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Tillandsia recurvata</i> L., en ramas de <i>Pinus cembroides</i> Zucc, en el ejido Cuauhtémoc, Saltillo, Coahuila. _____	3
Figura 2. Árbol infestado de <i>Tillandsia recurvata</i> . _____	6
Figura 3. Invernadero Forestal dentro de las instalaciones de la UAAAN a un lado del edificio administrativo denominado “El Pentágono”, en Buenavista, Saltillo, Coahuila. _____	18
Figura 4. Localización del área de colecta de <i>Tillandsia recurvata</i> , en el Ejido Cuauhtémoc, Saltillo Coahuila. _____	20
Figura 5. Secado del heno motita <i>Tillandsia recurvata</i> L., en el patio del Departamento Forestal enfrente del laboratorio. _____	21
Figura 6. Se aprecia una regla empujando a la planta epifita hacia el interior del molino de martillos, y no tener accidentes con la mano. _____	25
Figura 7. Lavado de charolas con jabón y cloro, para desinfectarlas. _____	26
Figura 8. Mezcla de Peat Moss y heno de motita en la mezcla 2:2. _____	27
Figura 9. Grafica porcentaje de germinación con lines de tendencia (Desvisción estándar). _____	33
Figura 10. Comportamiento del pH en diferentes sustratos para el desarrollo de <i>P. cembroides</i> . _____	41
Figura 11. Conductividad eléctrica de los sustratos utilizados en la germinación de <i>P. cembroides</i> . _____	43
Figura 12. Contenido porcentual de Ácidos fúlvicos en las muestras de heno y Peat Moss, _____	45
Figura 13. Densidad aparente observada en diferentes sustratos _____	46
Figura 14. Porosidad total de los materiales analizados en laboratorio. _____	47
Figura 15. Porosidad de aire en sustratos utilizado en pruebas de germinación de <i>P. cembroides</i> . _____	49
Figura 16. Porcentajes de capacidad de retención de agua de diferentes sustratos. _____	50

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Contenido nutrimental del heno motita. ....	22
Cuadro 2. Arreglo experimental para evaluación de sustratos .....	29
Cuadro 3. Porcentaje de germinación de <i>P. cembroides</i> en diferentes sustratos. ....	32
Cuadro 4. Porcentaje de mortalidad de <i>P. cembroides</i> en diferentes sustratos.....	35
Cuadro 5. Altura de planta de <i>P. cembroides</i> Zucc. bajo diferentes sustratos .....	36
Cuadro 6. Diámetro de cuello de <i>P. cembroides</i> Zucc. en diferentes sustratos .....	38
Cuadro 7. Longitud de raíz de <i>P. cembroides</i> bajo diferentes sustratos. ....	39
Cuadro 8. Propiedades físicas de los sustratos en el desarrollo de <i>P. cembroides</i> . ....	40
Cuadro 9. Correlación entre el pH del sustrato y el desarrollo de <i>P. cembroides</i> . ....	41
Cuadro 10. Correlación entre la Conductividad eléctrica del sustrato y el desarrollo <i>P. cembroides</i> .....	43
Cuadro 11. Correlación entre los ácidos fúlvicos del sustrato y el desarrollo <i>P. cembroides</i> .....	45
Cuadro 12. Correlación entre la densidad aparente del sustrato y el desarrollo <i>P. cembroides</i> .....	46
Cuadro 13. Correlación entre la porosidad total del sustrato y el desarrollo <i>P. cembroides</i> .....	48
Cuadro 14. Correlación entre la porosidad de aireación del sustrato y el desarrollo <i>P. cembroides</i> .....	49
Cuadro 15. Correlación entre la capacidad de retención del agua del sustrato y el desarrollo <i>P. cembroides</i> .....	51

## ÍNDICE DE ANEXOS

Cuadro 1A. Programa SAS para el análisis de sustratos en el desarrollo de <i>Pinus cembroides</i> Zucc. -----	59
Cuadro 2A. Análisis de varianza (ANVA) para la variable germinación de <i>Pinus cembroides</i> Zucc. -----	60
Cuadro 3A. Análisis de varianza (ANVA) para la variable mortalidad de <i>Pinus cembroides</i> Zucc. -----	60
Cuadro 4A. Análisis de varianza (ANVA) para la variable altura de <i>Pinus cembroides</i> Zucc.-----	60
Cuadro 5A. Análisis de varianza (ANVA) para la variable diámetro de cuello de <i>Pinus cembroides</i> Zucc. -----	60
Cuadro 6A. Análisis de varianza (ANVA) para la variable longitud de raíz de <i>Pinus cembroides</i> Zucc. -----	61
Anexo 7A. Determinación de algunas de las características físicas de los sustratos a base de <i>Tillandsia recurvata</i> y Peat Moss. -----	61

## RESUMEN

En los últimos 10 años el heno motita (*Tillandsia recurvata* L.), se ha convertido en un serio problema de salud para las áreas arboladas del Norte del país, incluyendo bosques de pinos piñoneros, mezquitales y una gran diversidad de plantas latifoliadas y plantas del desierto, ante tal situación en este estudio se pretende probar a *T. recurvata* como un tipo de sustrato y en caso de que de resultado, poder aprovecharlo en forma intensiva y de esta manera contribuir al control de dicho problema y favorecer a la economía de los productores. Se empleo un Diseño Experimental Completamente al Azar, con seis tratamientos con cuatro repeticiones los tratamientos fueron: borla entera, Heno con una molienda, heno con dos moliendas, heno con tres moliendas, heno mezclado con peat moss y un testigo (peat moss), las variables evaluadas fueron: % de germinación, % de mortalidad, Altura de planta, Diámetro del cuello, Longitud de raíz y las Propiedades físicas de los sustratos utilizados. Se estableció el experimento dentro del Invernadero de alta Tecnología del Depto. Forestal, se utilizaron 24 charolas de 60 cavidades c/u, se utilizo únicamente 15 de las charolas en donde se puso el sustrato a base de *T. recurvata* y dos semillas de *P. cembroides* dentro de ellas. Los datos obtenidos se corrieron en el paquete estadístico SAS versión 9.0, con esto se pudo ver que las variables evaluadas tuvieron diferencias significativas en el ANVA y respectivamente con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), los mayores valores se obtuvieron en los Tratamientos 6, 5 y 4, respectivamente, las correlaciones demuestran que las propiedades físicas de los sustratos utilizados si tuvieron influencia dentro de las variables ya antes mencionadas, el pH influye en la Altura de planta, en el Diámetro del cuello y la longitud de la raíz, los AF por lo contrario ayudaron en la germinación, redujeron las mortalidad, favorece la altura, el diámetro del cuello y la longitud de raíz. Así también las demás propiedades físicas influyen en estos parámetros ya antes mencionados. El sustrato a base de heno de mota tiene una mejor respuesta cuando se muele más, así como cuando se mezcla con el Peat Moss, por otra parte las características físicas que reporta el laboratorio denotan que *T. recurvata*, es adecuada para utilizarla como sustrato.

**Palabras claves:** Germinación, *Tillandsia recurvata*, *Pinus cembroides*, Sustratos.

# I INTRODUCCIÓN

## 1.1 Importancia del estudio

En los últimos 10 años el heno motita (*Tillandsia recurvata* L.), se ha convertido en un serio problema de salud para las áreas arboladas del Norte del país, incluyendo bosques de pinos piñoneros, mezquiales y una gran diversidad de plantas latifoliadas y plantas del desierto, lo cual ha provocado que los investigadores de diferentes universidades y dependencias oficiales enfoquen sus líneas de investigación para tratar de resolver este problema. Una línea de investigación se refiere al uso potencial que se le pueda dar al heno *T. recurvata* y con ello poder aprovechar las altas poblaciones de heno que existen en los montes de esta parte de México (Flores *et al.*, 2005).

Ante tal situación en este estudio se pretende probar a *T. recurvata* como un tipo de sustrato y en caso de que de resultado, poder aprovecharlo en forma intensiva y de esta manera contribuir al control de dicho problema y paralelamente favorecer la economía de los productores forestales del medio rural al tener ingresos en la cosecha y comercialización del heno.

## 1.2 Planteamiento del problema

*T. recurvata*, es una planta epifita perteneciente a la familia de las bromeliáceas provocando daños considerables a mezquiteras de zonas áridas y semiáridas (Beltrán *et al*, 2009). El heno *T. recurvata*, en esta entidad tiene afectada a mas de 60, 000 has arboladas, incluso en algunos predios como “El Taray”, en la Sierra de Arteaga, y en el ejido “El Cedral”, municipio de Ramos Arizpe, así, como en el ejido “Cuauhtémoc”, municipio de Saltillo, se iniciaron algunas pruebas de saneamiento del arbolado, mediante prácticas de podas y el derribo mecánico de la motita, incluyendo la incineración de dicho material (Chávez, 2009).

El heno en una cantidad excesiva en los arboles pueden llegar a afectar al hospedero como por ejemplo en el intercambio de gases de los arboles llevándolos a la asfixia, así también Páez y colaboradores (2005), encontraron que *T. recurvata* afecto al hospedero *Parkinsonia praecox* en los cambios anatómicos de la corteza. Por su

parte Aguilar *et al.*, (2007), encontraron que *T. recurvata*, en *Prosopis laevigata* causa que grandes daños y provoca que tenga las mismas respuestas a la presencia de esta planta en las ramas del árbol, con cambios anatómicos importantes en la corteza produciendo, floema colapsado y no colapsado, así como, cortex y peridermis descritos anteriormente; también en esta investigación se menciona que las raíces de las epifitas pueden guardar hongos que pueden causar una infección virulenta, convirtiendo a la epifita en un reservorio de infecciones.

### **1.3 Objetivos**

#### **Objetivo general**

- Utilizar a *Tillandsia recurvata* L., como un sustrato biológico alternativo para la germinación de semillas forestales.

#### **Objetivos específicos**

- Determinar las propiedades físicas del sustrato a base de *Tillandsia recurvata* L.
- Probar la eficiencia del heno motita *Tillandsia recurvata*, como sustrato para la germinación de semillas de *Pinus cembroides*.

### **1.4 Hipótesis**

Ho: Las propiedades físicas del sustrato de *Tillandsia recurvata* son las adecuadas para la germinación de semillas de *Pinus cembroides*.

Ha: El heno *Tillandsia recurvata* L., no funciona como sustrato en la germinación de semillas de *Pinus cembroides* Zucc.

## II REVISIÓN DE LITERATURA

### 2. 1 Clasificación taxonómica de *Tillandsia recurvata* L.

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Liliopsida

**Subclase:** Commelinids

**Orden:** Poales

**Familia:** Bromeliaceae

**Género:** *Tillandsia*

**Especie:** *recurvata*

Los nombres por los que se le conoce a esta especie de heno (Figura 1) son, pastle, gallito, heno motita, hichicome (Sonora), hichiconi (Chihuahua), (Martínez, 1979; Conzatti, 1968).



Figura 1. *Tillandsia recurvata* L., en ramas de *Pinus cembroides* Zucc, en el ejido Cuauhtémoc, Saltillo, Coahuila.

### **2. 1. 1 Descripción morfológica**

#### Características de la familia Bromeliaceae

Plantas no parasíticas que están adheridas a otra planta solo para soporte mecánico; ejemplos de ellas son las orquídeas, líquenes y musgos (FAO, 1988).

Las bromeliáceas forman una familia de plantas monocotiledóneas que consta de hierbas perennes terrestres o epifitas, o arbustos, son originarias de las regiones tropicales y templadas del Nuevo Mundo (salvo una sola especie al oeste de África), que poseen hojas arrosetadas, flores y brácteas coloridas y vistosas, y los estigmas típicamente retorcidos.

Sus flores son regulares, con un perianto de seis divisiones en dos series diferentes, de color verde en el exterior y petaloidea la inferior, sobre puesto seis estambres y un ovario trilocular pluriovulado, ínfero o supero, sobrepuesto de un estilo tripartido. El fruto es seco y trivalvar, con semillas apendiculadas, como carnoso e indehiscente con semillas sin apéndice, de embrión situado en una pequeña cavidad de halbumen harinoso (Conzatti, 1968).

### **2. 1. 2 Características**

**Raíz.** Las raíces de *T. recurvata* se origina a partir del periciclo de tallo y crecen directamente hacia abajo dentro del cortex y salen al exterior cerca de la base del tallo, (Fahn, 1978).

La raíz es usada principalmente para sostén de las plantas, mediante el desarrollo de esclerénquima en la raíz vieja determina la formación de un rígido órgano de sostén.

**Tallo.** Sus tallos son cilíndricos, de 2 a 4 cm., de largo y diámetro de 1.5 a 2.4 mm, con vainas blancas, oblongas de 1 a 1.2 cm lineares y de 4 a 5 mm de ancho, papiráceas, nervadas, las laminas grises a filiformes o aciculiformes, involutas, de 2 a 5 cm de largo, 0.5 a 1 mm de nacho. Densamente gris-lepidotas, acuminadas a atenuadas en el apéndice (Conzatti, 1947 y Sánchez 1969).

Flor. Casi siempre con 1 o 2 flores (rara vez hasta 5), brácteas florales similares a las del escapo pero más pequeña, casi del mismo largo, membranáceos, con tres o más nervaduras prominentes, generalmente glabros, libres; pétalos angostos, aproximadamente un cm., de color lila (rara vez blanco); estambres profundamente incluidos mas largos que el pistilo (Chávez, 2009).

Fruto y Semilla. El fruto es una capsula cilíndrica de unos 5 a 25 mm de largo, de dos o más carpelos, con número variable de cavidades y líneas de dehiscencia, abruptamente terminada en un pico corto. En su interior alberga varias semillas de consistencia viscosa (Villareal, 1994).

### **2. 1. 3 Ecología**

#### Hábitat

Creen en distintos tipos de ecosistemas: pino, encino y abetos, en zonas de humedad relativa alta. Usualmente se encuentra en encinos y todo árbol de clima templado-frío, prefiriendo arboles con alta humedad relativa, con baja luminosidad y corteza gruesa. *T. recurvata* es capaz de sobrevivir a temperaturas de congelación, su rango va de -1° °C a 32 °C (Lombrado, 1984).

#### Hospederos

El heno motita se puede habitar en distintos tipos de vegetación, ya sea, que esta siga latente o inerte, porque esta únicamente lo requiere para sostén, puede afectar a distintos tipos de árboles y arbustos como pinos, encinos, fresnos, mezquites, huizaches, entre otros. En zonas semiáridas este tipo de heno puede afectar a *Yucca*, *Opuntias*, *Cilindropuntias*, entre otras especies.

#### Reproducción

En cuanto a la reproducción de estas plantas, es muy común la del tipo asexual mediante yemas, aunque también existe la reproducción sexual mediante la formación de frutos que contienen numerosas semillas de dispersión anemófila (dispersadas por el viento). Esto es posible gracias a la presencia de pubescencias seminales cuyo

origen es la escisión de fibras provenientes del mismo fruto maduro que tiene forma de cápsula (Chávez, 2009).

### Daño

*Tillandsia recurvata* es una planta epífita, la cual posee fotosíntesis, por eso no es una planta parásita. Esta epífita solo requiere de un hospedero para el soporte que necesita, ya que, no absorbe nutrientes de estos, los nutrientes que necesita los consigue del ambiente, las cuales son colectadas por las hojas (SEMARNAT, 2006).

Reportan que los rizoides de *T. recurvata* segregan una sustancia llamada hidroperoxícicloartanes, que actúa como un inhibidor o antibiótico alelopático que provoca la muerte de yemas y la abscisión del follaje, lo cual explica la muerte de las ramas del hospedero (SEMARNAT, 2006).

Páez y colaboradores (2005), señalan que la epífita *T. recurvata* que crece en ramas de *Parkinsonia praecox* en las zonas semiáridas del Valle de Zapotitlán, Salinas, México, en un estudio anatómico de la corteza permitió reconocer la presencia de floema no colapsado, floema colapsado, un córtex cuyas células bajo la epidermis muestran cloroplastos y una epidermis múltiple cubierta por una capa de cera epicuticular gruesa. Donde se posa la epífita (Figura 2), se encuentra un súber de reacción bajo la epidermis, el súber tiene la finalidad de protección contra infecciones, de calor y luz.



Figura 2. Árbol infestado de *Tillandsia recurvata*.

#### **2. 1. 4 Distribución geográfica**

Se distribuye desde el sur de los Estados Unidos, Centroamérica y Sudamérica. En México se encuentra en la mayoría de los estados, principalmente en Michoacán, Guerrero, Chihuahua, Coahuila, Tamaulipas, Tabasco, Oaxaca, San Luis Potosí y otros estados de la República.

#### **2. 2 Aprovechamiento del heno motita**

La NOM-011-RECNAT-1996, que 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. 3 Métodos de control de *Tillandsia recurvata* L.**

En las investigaciones realizadas en campo y laboratorio para combatir a esta epífita, que hoy en día sea convertido en una plaga para los propietarios de terrenos forestales, ya que, esta plaga está matando a los árboles de importancia ecológica y maderable. Los métodos de control se describen a continuación:

##### **2. 3. 1 Tipo de control**

###### Mecánico

El control mecánico comprende Poda total de ramas afectadas con motita (Siga las indicaciones de poda de árboles infectados contra muérdagos enanos); troceo de ramas y ramillas y traslado del material a un área desnuda e incineración total del material hasta su extinción (CONAFOR, 2009).

###### Control químico

Este método de control es uno de los que apenas se está empezando a estudiar, ya que, el producto a utilizar para el heno *T. recurvata*, es un producto Orgánico denominado Muerdago Killer. Según investigaciones realizadas por Coria y Vázquez

(2008), encontraron que, en la aplicación de tratamientos dirigidos sobre el área foliar de *Pinus pseudostrobus*, se encontró el mismo impacto de supresión sobre la parte aérea de *Arccetobium globosum* con los tratamientos de Muérdago Killer en dosis de 7.5, 10 y 15 %, así como con Etephón en dosis de 2500 ppm, originando muerte del área foliar a los 15 días de la aplicación y caída de toda la parte aérea a los 45 días después.

Por tal motivo, se están aplicando dosis variadas sobre la población de pino infestadas con *T. recurvata*, para verificar una dosis optima y tener un control sobre esta plaga de heno.

#### **2. 4 Clasificación taxonómica de *Pinus cembroides* Zucc.**

**Reino:** Metaphyta.

**División:** Spermatophyta.

**Clase:** Pinophyta.

**Orden:** Pinales.

**Familia:** Pinaceae.

**Género:** *Pinus*.

**Especie:** *cembroides*.

**Nombres comunes:** Piñonero, piñón, pino. (CONAFOR, 2008; Martínez, 1948).

##### **2. 4. 1 Descripción morfológica**

De acuerdo con CONABIO (1983), se hace una breve reseña de la especie arbórea *Pinus cembroides*.

Árbol perennifolio, de 5 a 10 m (hasta 15 m) de altura con un diámetro a la altura del pecho de 30 cm (hasta 70 cm). Copa redondeada y abierta en individuos maduros y piramidales (espaciada) en individuos jóvenes, con follaje ralo, sobre todo en sitios muy secos, de color verde oscuro algo azulado, pálido a veces amarillento.

Las hojas en grupos de 2 a 3, entre 2.5 y 10 cm de longitud, cubren abundantemente las ramitas y dejan una cicatriz en éstas cuando caen.

Tronco corto. Ramas ascendentes, delgadas y colocadas irregularmente en el tallo, comenzando casi siempre desde la base. Externa color café rojiza a casi negra, se rompe en gruesas láminas, con pequeñas escamas delgadas y fisuras profundas.

Las flores masculinas son amentos cilíndricos.

Conos subglobosos de 5 a 6 cm de ancho, casi sin pedúnculo, aislados o en grupos de 5, caedizos con escamas grandes gruesas y carnosas cuando están verdes y de color verde café-anaranjadas o rojizas cuando el cono madura.

Semillas desnudas, subcilíndricas, ligeramente triangulares, sin ala, de 10 mm de largo, café o negruzcas, abultadas en las partes superiores y adelgazadas hacia la base. Sistema radical profundo y con sexualidad monoica.

#### **2. 4. 2 Distribución geográfica**

*Pinus cembroides* es uno de los pinos de mayor distribución en México (19 estados). Forma masas puras en la Sierra Madre Oriental al norte del Trópico de Cáncer. Las mayores poblaciones están en: Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas. Aunque las mayores poblaciones están localizadas en Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León, Hidalgo, y Zacatecas. Altitud: 1,350 a 2,800 msnm (CONABIO, 1983).

Especie originaria de México. Se extiende a Texas, Nuevo México y Arizona, al sur de los Estados Unidos. Latitudes variables desde los 18° a 32° N y longitudes desde los 90° a 116° W (CONABIO, 1983).

#### **2. 4. 3 Hábitat**

Se desarrolla en laderas de cerros y lomeríos, pendientes secas y rocosas, al pie de las montañas. En clima templado seco (Bsk) hasta templado subhúmedo (Cwb) con

precipitaciones de 365 a 450 (800) mm anuales y con 7 u 8 meses secos. Temperaturas que oscilan entre 7 °C hasta 40 °C con promedios de 18 °C; alcanzando mínimas extremas de — 7 °C y máximas de 42 °C o a veces mayores.

Es una especie típica de suelos pobres, secos, pedregosos o calizos, grisáceos o negros, calcáreos con alto contenido de yeso, delgados en lomeríos y aluviones en los valles de muy buen drenaje y con pH de 4 a 8, normalmente prefiere los suelos de neutros a alcalinos (CONABIO, 1983). Rzedowski (1978), señala que esta especie es típica de climas semiáridos, creciendo frecuentemente en colindancias con los pastizales, matorrales xerófilos o encinares arbustivos y forman amplios ecotonos con estas comunidades, ocupan casi siempre zonas de transición entre la vegetación xerófila de climas áridos y las boscosas de montañas mas húmedas; sus limites altitudinales son de 1500-3000 metros.

#### **2. 4. 4 Aprovechamiento**

De esta especie se extrae madera para la elaboración de muebles rústicos, los cuales son bien aprovechados. También se pueden producir postes, puertas, tejamanil, puntales para minas; otro de los productos de este árbol son los adhesivos que se obtienen a través de los exudados de la resina, ya que esta, como materia prima para los impermeabilizantes, así como, para la combustión de la madera (madera/leña). La semilla es comestible. Esta especie es importante comercialmente por su semilla (piñón) de alto valor nutricional, alto porcentaje de grasas y proteínas. Abastece poco más del 90 por ciento de los piñones conocidos en el mercado, es un árbol de muy buenas respuestas para la reforestación de zonas áridas y semiáridas, es una de las especies más resistentes a la sequia (CONABIO, 1983; CONAFOR, 2008).

#### **2. 4. 5 Comercialización**

Los piñones se recolectan tanto para autoconsumo como para la venta en mercados locales y de exportación. La venta puede hacerse directamente en la zona de producción, en mercados cercanos o en mercados primarios como el DF o cabeceras municipales (Mirov, 1967).

Los compradores pueden ser pequeños comerciantes rurales, transportistas, o mayoristas de la zona productora. El precio del piñón, osciló entre 40 y 60 pesos por Kg en Saltillo, Coahuila (precio de 1999). Las semillas se comercializan en la misma temporada de recolecta, con cáscara o sin ella. Existen semillas negras, color café claro o amarillas, siendo éstas dos últimas las que tienen mejor precio. El precio de la semilla sin cáscara alcanza hasta los \$400.00 (pesos o base 1999) en grandes mercados y los \$500–550 (pesos base 1999) en mercado muy locales y en época navideña (Mirov, 1967).

La exportación del piñón no tiene arancel y está regulada por el manual de procedimientos para la importación y exportación de especies de flora y fauna silvestre y acuática, sus productos y subproductos que apareció en el Diario Oficial de la federación el 31 de Julio de 1996 (Mirov, 1967; Hernández, 2010).

## **2. 5 Tipos de Sustratos**

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, ya sea natural o de síntesis, residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desarrollando el papel de soporte para la planta (Díaz, 2004).

El sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición de la planta allí ubicada. Esto último, clasifica a los sustratos en químicamente inertes (perlita, lana de roca, roca volcánica, etc.) y químicamente activos (turberas, corteza de pino, etc.). En el caso de los materiales químicamente inertes, éstos actúan únicamente como soporte de la planta, mientras que en los restantes intervienen además en procesos de adsorción y fijación de nutrimentos (Pastor, 2000).

Antes de utilizar un sustrato para el desarrollo de una planta es necesario caracterizarlo. Caracterizar un sustrato es evaluar sus propiedades físicas, químicas y biológicas, para establecer si son adecuadas para el desarrollo de un cultivo, o bien es necesario hacer alguna adecuación para utilizarlo (Díaz, 2004).

## **2. 6 Propiedades de los sustratos**

### Propiedades físicas

Las principales propiedades físicas que se necesitan determinar en un sustrato para caracterizarlo son: densidad aparente, densidad real, granulometría, porosidad total, porosidad de aire, porosidad de agua, agua fácilmente disponible, agua de reserva y agua difícilmente disponible. Las propiedades físicas en un sustrato son fundamentales; si un sustrato no cumple con las propiedades físicas deseables, se pueden cambiar antes de que el sustrato se encuentre en el contenedor con la planta en desarrollo (Díaz, 2004).

### Propiedades químicas

Las principales propiedades químicas que se deben determinar en un sustrato son: pH, conductividad eléctrica, capacidad de amortiguamiento, capacidad de intercambio catiónico (CIC), nutrimentos disponibles en la solución, elementos pesados y compuestos fitotóxicos (Díaz, 2004).

### Propiedades biológicas

La bioestabilidad es la principal propiedad biológica y se refiere a la estabilidad de un sustrato orgánico frente a los organismos que lo pueden degradar (Lemaire, 1997). Esta propiedad nos permite saber si un sustrato orgánico permanece sin alterar o con poca alteración durante el ciclo de un cultivo. Para conocer si un material ha sufrido alteración biológica se cuantifica el contenido de materia orgánica inicial y después de un tiempo (varios meses), y estimar el grado de degradación del material utilizado. El contenido de materia orgánica se determina por calcinación (Ansorena, 1994). Otra propiedad biológica importante es la sanidad del sustrato, esto es, si un sustrato es estéril o es necesario esterilizarlo. Algunos sustratos tienen patógenos para algunas especies de hortalizas (Díaz, 2004).

### **2. 6. 1 El sustrato ideal**

De acuerdo con (Gaytán, 2001; Venator y Liegel, 1985), el sustrato óptimo para cualquier situación depende de varios factores entre los cuales destacan:

- La especie a cultivar y sus requerimientos.
- El volumen del recipiente.
- La disponibilidad de los minerales para su mezcla.
- La calidad física, biológica y química de los sustratos.

También otros autores como Abad (1993), afirman que no existe el sustrato ideal, pero si el mejor medio de cultivo para cada caso concreto, dependiendo este de varios factores:

- Tipo de material vegetal (semillas, plantas, estacas).
- Especie vegetal.
- Condiciones climáticas.
- Sistemas y regímenes de riego.
- Aspectos económicos.

Ansorena (1994), demuestra que para obtener buenos resultados en el empleo de un material como sustrato, es necesario estudiar su aptitud mediante la determinación de sus propiedades físicas y sus características químicas.

### **2. 6. 2 Mezclas**

Tinus y Stephen (1979), mencionan las siguientes razones para realizar una buena mezcla: a) ligereza en el peso; b) uniformidad en composición; c) accesibilidad económica; d) fácil disponibilidad; e) carencia de plagas y enfermedades; f) alta capacidad de intercambio catiónico; g) elevada retención de humedad, y h) buen drenaje y aireación.

Abad (1993), describe 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.

El contenido de humedad de los materiales debe fluctuar entre el 50 y 60 por ciento (en peso); si no se pueden llevar los materiales a esta humedad, se añadirá un montaje (tipo tensoactivo o detergente agrícola).

## **2. 7 Características de las semillas forestales**

Mesa (1965), define la semilla como el producto de la fecundación del ovulo en el ovario de la flor por parte del polen procedente de las anteras o sacos polínicos ubicados en el mismo árbol o en otro adyacente.

La semilla es la unidad básica de reproducción en las angiospermas, donde el embrión se establece en el gametofito femenino (Mirov, 1967).

La propagación de las plantas consiste en efectuar su multiplicación por medios tanto sexuales como asexuales (Puñuelas y Ocaña, 2000).

La forma más común así como dicen Puñuelas y Ocaña (2000), de reproducción sexual en las plantas es mediante la multiplicación por semilla, la cual es el resultado de la unión de dos gametos. Las semillas procedentes de un mismo árbol poseen genotipos diferentes entre ellas, en la naturaleza, las plantas superiores se reproducen principalmente por semillas (Puñuelas y Ocaña, 2000).

### **2. 7. 1 Altura del contenedor y retención de humedad**

La altura del contenedor también afecta la proporción aire: agua en un medio de cultivo. Después de la saturación y el drenaje, una columna de agua existe hasta el fondo del contenedor (Spomer, 1975). Una descripción precisa e ilustrada de cómo la altura del contenedor afecta el contenido de agua en un sustrato es mostrada por Fonteno (1988). A capacidad de contenedor, el contenido de agua promedio (en volumen) de cinco sustratos comerciales en un contenedor de 15 cm de altura fue de 64%, en uno de 10 cm de altura el contenido de agua fue de 70%, en una charola de 8 cm de altura con 48 celdas fue de 76% y en una charola de 5 cm de altura con 273 celdas el contenido de agua fue de 82% en volumen. El contenido de sólidos del sustrato en porcentaje permaneció constante en los diferentes tamaños de contenedor;

fue la proporción espacio de aire: espacio de agua la que cambió con las diferentes alturas de contenedor (Díaz, 2004).

### **2. 7. 2 Calidad de planta**

Duryea (1985), la define como aquella que es capaz de alcanzar un desarrollo (supervivencia y crecimiento) óptimo en un medio determinado; sin embargo, no existe un único modelo de calidad ideal para cada especie, esta será diferente para cada lugar y cada situación, tanto en el espacio como en el tiempo.

La calidad de planta forestal producida en vivero podría resumirse en su adecuación para cada propósito (Willen y Sutton, 1980; Ritchie, 1984), la cual incluiría su capacidad para sobrevivir al estrés ambiental prolongado y producir un crecimiento vigoroso tras su trasplante. Asimismo, implica el logro de los objetivos al final de la rotación a un costo mínimo.

Toral (1997), menciona que una planta ideal o de óptima calidad es aquella que es capaz de sobrevivir en el terreno con altas tasas de crecimiento inicial. Mexal y Landis (1990), comentan que una planta ideal posee los atributos físicos y fisiológicos requeridos que satisfagan los objetivos de los programas de reforestación. Johnson y Cline (1991), señalan que un brinzal de calidad es aquel que puede sobrevivir en un estrés ambiental prolongado y producir un vigoroso crecimiento posterior a la plantación.

Landis y Landis (1990), mencionan que la calidad de planta es el resultado de de su genética (genotipo), y del ambiente de propagación.

En términos generales una planta de calidad es la resultante de cuatro componentes: 1) la genético, 2) la morfología, 3) la fisiología y 4) la sanitaria (Villar, 2003).

Parviainen (1981), menciona que la calidad morfológica como la fisiológica depende de la carga genética y procedencia de las semillas de las condiciones

ambientales, de los métodos y técnicas de producción, además de la estructura y equipamiento utilizados con la economía hídrica y de carbono de brinjal.

## **2. 8. Invernadero**

Un invernadero es una estructura con paredes y techo transparente, que permite la entrada de suficiente radiación solar, para que las plantas realicen eficientemente su fotosíntesis. Aquí los factores del ambiente que influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas, pueden ser controlados total o parcialmente a través del invernadero, estos factores son, la luz, la temperatura, la humedad y el bióxido de carbono (Díaz, 2004).

En la actualidad comercialmente se tienen algunos sistemas de producción en invernadero, entre los cuales podemos citar: 1) técnica de película nutritiva (Nutrient Film Technique-NFT), 2) Nuevo sistema de crecimiento (New growing System-NGS), 3) Sistemas flotantes, y los sistemas que utilizan sustratos (Venator y Liegel, 1985; Díaz, 2004).

### **2. 8. 1 Riego**

Es una de las prácticas culturales más importantes en la producción de planta, ya que ayuda a mantener un adecuado nivel de agua para que el crecimiento ocurra sin restricciones (Maldonado, 2010), al influir en la mayoría de los procesos fisiológicos, tales como la fotosíntesis, la respiración, la síntesis de compuestos químicos, la división y la elongación celular, el transporte de elementos esenciales y la termo regulación foliar de las plantas procesos que dependiendo del nivel de estrés hídrico alcanzado, pueden afectar el rendimiento de las plantas (CEFORA, 1994; Rojas, 2003; Maldonado, 2010).

El 99% del agua que absorbe la planta se pierde en el proceso de transpiración. En viveros forestales que producen en contenedor, la tensión hídrica de las plantas se mantiene a niveles bajos durante la etapa de cultivo, mediante el uso de riego para estimular el crecimiento (Maldonado, 2010). Las necesidades de agua de las plantas

van a depender de la especie y su estado fenológico, del medio del cultivo y de las condiciones ambientales el estado del agua en las plantas puede ser descrito en varias formas distintas: contenido de humedad, potencial hídrico y movimiento del agua (Spomer, 1985).

## 2. 9 Estudios afines

Beltrán y colaboradores (2009), estudiaron a *T. recurvata*, para probarla como alimento forrajero para el ganado bovino, estudiando su calidad nutrimental del heno motita para animales rumiantes de zonas áridas y semiáridas. Encontraron que al estudiar la epífita en la concentración de materia seca fue de 47.6-61.5%; proteína 5.7-6.6% y un total de ácido detergente 42.9-46%; fibra neutra entre 7.7-75.6% y total de nutrientes 40.0-45.9%. Esto quiere decir que *T. recurvata*, puede ser utilizada como forraje de oportunidad para los rumiantes de zonas áridas y semiáridas.

Puente y Basham (1993), encontraron que la epífita *T. recurvata* está asociada a la bacteria que fija nitrógeno, esta bacteria fue extraída y aislada del interior del heno, la cual crece sobre los cables de luz y en un cactus gigante en la zona semiárida de Baja California Sur. La mayor parte del nitrógeno que extraen las bromelias lo obtiene de insectos que logran atrapar cuando ocupan a las hojas del heno como hospedero y mueren en ella, los demás nutrientes esenciales las obtienen de partículas de polvo y el medioambiente funcional. Se encontró que la bacteria *Pseudomonas stutzeri* le da forma simbiótica para que la planta pueda sobrevivir a temperaturas frías.

Raya y Aguirre (2009), encontraron que al hacer una prueba de compuestos elementales de algunas plantas, encontraron que al hacer el estudio en *T. recurvata*, a pesar que es, una epífita, acumula una buena cantidad de silicio en 1%, así también el contenido de carbono en *T. recurvata* en un 48.5% cuando creció sobre capulín y de un 46.81% cuando crece sobre acacia.

### III MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Descripción del área de estudio

##### Localización del invernadero

La investigación se llevo a cabo en una de las naves del invernadero de alta tecnología del Departamento Forestal (Figura 3), dicho invernadero se encuentra instalado en las áreas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, localizada al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila; a 10 km por la carretera Zacatecas, entre los paralelos 25° 21' y 25° 22' de longitud norte y entre los meridianos 101° 01' y 101° 03' de longitud oeste (López, 2007).



Figura 3. Invernadero Forestal dentro de las instalaciones de la UAAAN, en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

### Tipo de suelo

Presenta un tipo de suelo de rendzina y castañozem de origen aluvial, variando de somero a profundo y con a floraciones roca caliza y lutitas (López, 2007).

### Altitud

La UAAAN se encuentra ubicada en un valle formado por, la Sierra de Zapalinamé y la Sierra Cuchilla de Calabacita, a una altitud de 1754 msnm. (López, 2007).

### Clima

El clima de Saltillo es templado; con una temperatura promedio de 17°C. El invierno es fresco siendo comunes las temperaturas por debajo de 0°C llegando en ocasiones a -7°C y pudiendo nevar. El verano es cálido con temperaturas que pueden superar los 32°C algunos días y teniendo tormentas eléctricas por las tardes. Presenta lluvias en verano, principalmente (López 2007).

### Precipitación

La precipitación media anual es de 490 mm y los meses más lluviosos son Julio, Agosto y Septiembre; lo anterior da como resultado un 64% de humedad relativa media anual que se distribuye desigualmente; el verano es la estación con mayor humedad relativa y las estaciones de invierno y primavera de mayor sequía (López 2007).

## **3.2 Localización del área de colecta**

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).

Se puede observar un tipo de vegetación compuesto por pino piñonero, dominado principalmente por *Pinus cembroides* (Figura 4); en su exposición sur y sureste podemos encontrar un matorral de rosetofilo y por encima de los 2,600 m domina un matorral de encino arbustivo (Hernández, 2010).

### Mapa de Localización del Área de Colecta

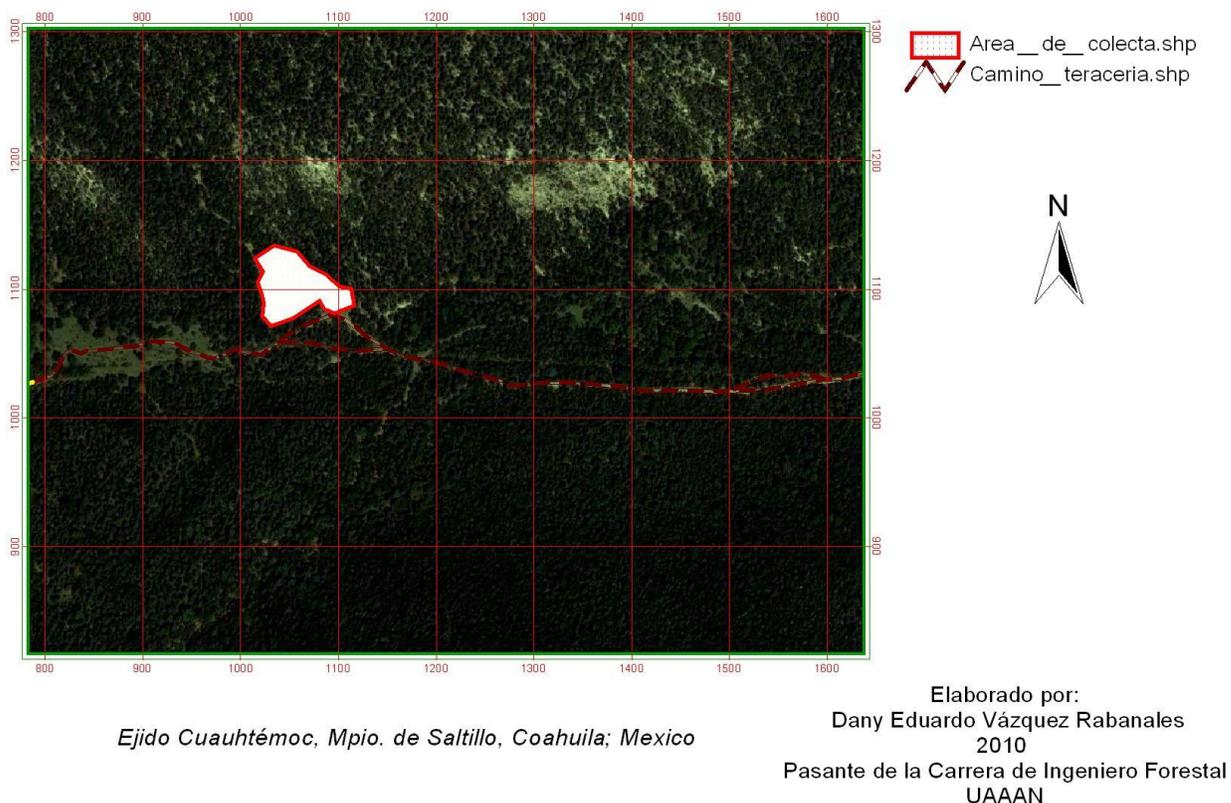


Figura 4. Localización del área de colecta de *Tillandsia recurvata*, en el Ejido Cuauhtémoc, Saltillo Coahuila.

#### 3. 2. 1 Tipo de clima

El tipo de clima que presenta este lugar es BSow” (e) con una temperatura media anual de 5 a 12 °C, la temperatura del mes más seco es mayor a los 18 °C, con regímenes de lluvia en verano, la precipitación media anual es de 550 mm (Hernández, 2010).

### 3.3 Colecta del heno motita *Tillandsia recurvata* L.

La colecta se realizó en el mes de Abril el día 22 del mismo mes, en el ejido denominado Cuauhtémoc, municipio de Saltillo, Coahuila. Las muestras fueron puestas en bolsas de plástico esto con la finalidad de poder tener un control de estas, las muestras fueron expuestas a los rayos del sol, esto con la finalidad de que las muestras se secan favorablemente y poder llevarse a un molino y poder darle el tratamiento a la cual serán sometidas.

La segunda colecta se realizó el día viernes siete de Mayo de 2010, esto para aportar más material si este era necesario en la molienda para la producción del sustrato.

#### 3.3.1 Secado del heno motita

El heno motita se puso a secar al sol durante cinco días (Figura 5), esto para que la epífita se deshidratara y no tuviera problemas en la molienda con el molino de martillos.



Figura 5. Secado del heno motita *Tillandsia recurvata* L., en el patio del Departamento Forestal enfrente del laboratorio.

### 3.4 Análisis de *Tillandsia recurvata* en laboratorio

Una porción de heno motita *T. recurvata* ya deshidratada se llevo al Departamento Ciencias del Suelo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, el análisis nutrimental se efectuó con un proceso de incineración esto con la finalidad de que el heno quede hecho cenizas, después se realizó el proceso de digestión ya que, para la detección de estos elementos se realizó en cinco gramos de muestra más cuatro mL de ácido clorhídrico a 100 mL con agua destilada. Y las lecturas se realizaron con el equipo de Absorción Atómica, el cual está en Departamento Riego y Drenaje.

Este procedimiento fue para detectar o conocer el tipo de Macro y Micro nutrientes contenidos en el heno motita *T. recurvata*, para poder tener una mejor precisión, de que dicha, epifita al momento de convertirse en sustrato, tendrá una buena respuesta en la germinación de las semillas, ya que para eso es la investigación que se realizo.

El contenido inicial de elementos, de las muestras del Heno de mota en el laboratorio se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Contenido nutrimental del heno motita.

Elemento	Símbolo Nutrimientos	
	Químico	(ppm) (%)
Nitrógeno	N	0.66
Fosforo	P	0.5
Potasio	K	0.35
Calcio	Ca	1.62
Magnesio	Mg	0.09
Cobre	Cu	9
Fierro	Fe	3903
Zinc	Zn	37
Manganeso	Mn	102
Boro	B	10

El pH de heno de mota en borla es de 5.1 y la CE 2.7 dS m<sup>-1</sup> en el extracto de saturación, el porcentaje de la muestra indica que el 85% es materia orgánica, con un 41% de Carbono Total y el 15% son cenizas; la materia orgánica tiene 68 ppm de NH<sub>4</sub> y 2 ppm de NO<sub>3</sub>.

El análisis de componentes celulíticos indica que el heno de mota tiene 93% de materia seca, 13.6 de cenizas, 2.3% de extracto etéreo, 2.3% de proteína total, 82.3% de fibra detergente neutro, 44.6% de detergente ácido y 27.5% de lignina. Lo anterior indica que la proporción de celulosa, hemicelulosa y pectina, además de lignina es elevada, por lo que su descomposición es lenta y si se requiere acelerarlo es necesario utilizar bacterias lignocelulíticas.

### **3.5 Tratamientos**

Los tratamientos se describen a continuación:

1. Borla de heno motita completa.
2. Heno motita con una molida.
3. Heno motita con dos molidas.
4. Heno motita con tres molidas.
5. Mezcla de heno motita (tercera molienda) y Peat Moss y Agrolita.
6. Testigo (mezcla básica de Peat Moss y Agrolita).

La combinación que tuvo una mezcla de 2:2 en ambos casos para tener un control más adecuado de los tratamientos.

### **3. 6 Descripción de las actividades que se realizaron**

#### **3. 6. 1 Materiales**

Los materiales que se utilizaron en el experimento son los que se mencionan a continuación:

- 24 charolas de 60 cavidades cada una.
- Semillas de *Pinus cembroides*.
- Marcadores, libreta, y un formato de datos.
- Sustrato de *Tillandsia recurvata* en sus distintas modalidades.
- Peat Moss,
- Perlita.
- Molino de martillos.
- Tambos de para el lavado de las charolas.
- Cubetas.
- Raticidas.
- Camas para la colocación de las charolas.

#### **3. 6. 2 Actividad realizada**

##### Molienda

La molienda del heno motita se realizo en la bodega del invernadero forestal, esto se hizo para lograr obtener el sustrato que su utilizara en los tratamientos, la molienda comenzó un día miércoles 13 de Mayo de 2010, y siguió hasta el día jueves 14 de Mayo del mismo año.

El material obtenido en la molienda se coloco en un recipiente y se clasificaron de acuerdo al nivel de molienda que se le aplico, el recipiente se coloco en un lugar donde no tuviera contacto con la humedad o tuviera manipulación por otras personas.

El molino funciona con un motor eléctrico y una banda la cual hace girar los martillos y golpear a la planta epifita o semillas que se introduzcan en la cavidad o entrada del mismo (Figura 6). Para evitar algún accidente se tomo una regla pequeña

para poder empujar a la planta hacia el interior del molino como se muestra en la siguiente imagen.



Figura 6. Se aprecia una regla empujando a la planta epifita hacia el interior del molino de martillos, y no tener accidentes con la mano.

### 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, como se puede ver en la figura 7.

### Mezcla

La mezcla de sustratos se realizó dentro del invernadero para no tener alguna contaminación con algún otro elemento, para empezar la mezcla se cribó el Peat Moss, esto para eliminar las partículas más grandes que este trae.

Después de hacer la criba de Peat Moss, se hizo la mezcla con perlita y la cual tuvo la proporción siguiente 2:2; es decir dos litros de Peat Moss por dos de perlita y obtener la mezcla utilizada como testigo.

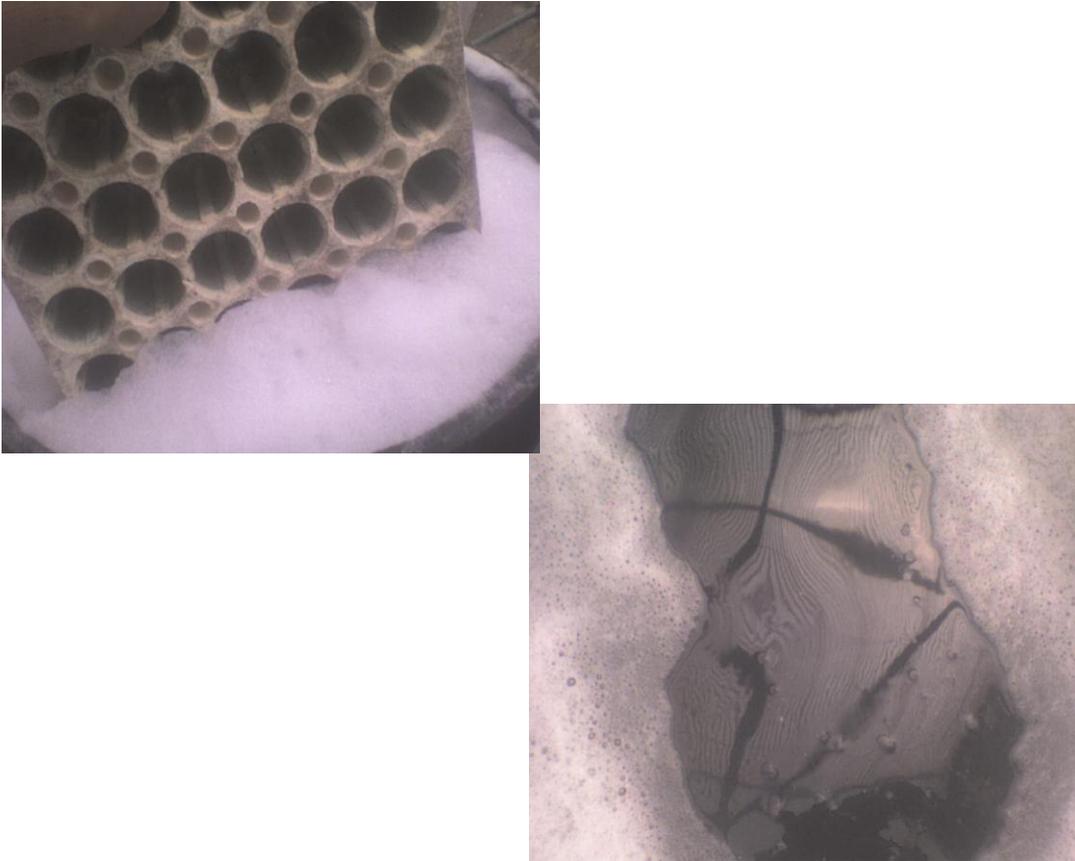


Figura 7. Lavado de charolas con jabón y cloro, para desinfectarlas.

Luego de eso se realizo una segunda mezcla pero esta vez fue con el sustrato de *T. recurvata*, Peat Moss y Perlita, para producir una nueva combinación de sustratos y probarlos de igual forma. La mezcla se realizo de igual forma dentro del invernadero y sobre un recipiente el cual impidió que tuviera contacto con el piso. La proporción de elementos fue de la siguiente manera: 2:2:2; dos de Peat Moss por dos de Agrolita y por dos del sustrato obtenido en la tercera molienda, (Figura 8).



Figura 8. Mezcla de Peat Moss, Perlita y heno de motita en la mezcla 2:2.

### Llenado de charolas

Las charolas se llenaron la tarde del viernes 21 de Mayo de 2010. Después de que se llenaron las charolas se procedió a ponerle las semillas de *P. cembroides* Zucc., en las cavidades de las charolas, se colocaron dos semillas por cavidad.

De cada una de las charolas se tomaron 15 cavidades para colocar dentro de ellas el contenido que debió llevar, cada charola se tomo como tratamiento, se marco con el tratamiento y el número de repetición, estas se colocaron de manera aleatoria.

### **3. 6. 3 Riegos**

Se dieron riegos diarios ya que, los tratamientos: Tillandsia sin moler, primera y segunda molienda, no retienen la humedad, por tal motivo se tuvieron que dar los riegos más seguidos y monitorear constantemente que no faltara la humedad.

Los otros tipos de sustratos como el de heno motita de la tercera molienda o trituración tienden a retener más agua, así como el sustrato de Peat Moss y Agrolita. Estos no se presento problema de rápida deshidratación.

### **3. 6. 4 Control de roedores**

Se realizo este control con el objetivo de no tener agentes causales de pérdidas de semillas o influyan en ciertos parámetros, ya que estas paracitos se estaban extrayendo y comiendo las semillas de *Pinus cembroides* del sustrato.

### **3. 6. 5 Descripción de los tratamientos**

Los tratamientos se hicieron de la siguiente manera, para lograr que el heno motita se lograra hacer sustrato se tuvo que moler, ya que, anteriormente se había hecho esto pero solamente se tomaba la borla entera y se colocaba dentro del contenedor, pero sin darle un proceso de molienda posterior.

En este trabajo se tuvo que moler a *T. recurvata* L., en una, dos y tres moliendas para poder trabajar con ella, esto para saber si con este proceso previo se tienen mejores resultados con las semillas de *P. cembroides* Zucc., también se tomo a la epifita en su estado natural sin moler y otra fue la utiliza con un sustrato comercial en este caso fue el Peat Moss y Agrolita en una combinación de 2:2.

Después se combino el sustrato comercial y el sustrato derivado de la tercer molienda del heno motita, de igual forma en una combinación de 2:2:2, esto para tener un mejor control y la misma cantidad de sustratos.

En todos los tratamientos se utilizaron contenedoras (charolas) del mismo tamaño y profundidad para los tratamientos para que tengan las mismas características.

Se colocaron dentro del invernadero forestal, sobre una cama para tener más control y que no estén jugando con ellas, también se les colocaron letras que indiquen el numero del tratamiento y la repetición.

### **3. 6. 6 Diseño experimental**

El diseño que se utilizó fue en Bloques Completamente al Azar, esto con la finalidad de que todo lo que se haría fuera de una manera estadística reconocida y con

mayores usos en las investigaciones de campo. La comparación de la media de las variables analizadas se realizó con Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Ya que esto lo exige el método científico.

El arreglo de los tratamientos y las cuatro repeticiones, se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Arreglo experimental para evaluación de sustratos.

TRATAMIENTO	REPETICIÓN			
	R1	R2	R3	R4
T1	T3	T4	T6	T5
T2	T1	T6	T5	T3
T3	T4	T2	T1	T6
T4	T2	T1	T3	T5
T5	T2	T3	T4	T6
T6	T4	T5	T1	T2

Tratamiento =T, y Repetición = R.

### 3.7 Análisis de pureza de la semilla

El método de absorción, en el que se utiliza agua y, aunque al principio flotan tanto las semillas llenas como las vacías, transcurrido un determinado período de tiempo las semillas llenas absorben agua, se hacen más pesadas y se hunden. El tiempo de remojo varía desde unos minutos hasta varias horas. Este método es útil cuando entre los pesos específicos de las semillas llenas y las vacías existe una diferencia muy pequeña. Una vez separadas, es preciso volver a secar las semillas (FAO, 1988).

En este método las semillas de *P. cembroides*, se pusieron a flotación, y de estas después de unas horas transcurridas, las semillas llenas se hunden (imbibición) se llenan de agua, las semillas banas quedan arriba de flotando.

El porcentaje de viabilidad de la semilla utilizada en el proyecto es de un 85 % de latencia.

### **3. 8 Variables evaluadas**

Para cada variable que se evaluó se midió lo siguiente, hay tener en cuenta también que para realizar estas mediciones se tomaron cinco plántulas por tratamiento; a continuación se mencionan las variables:

#### **a) Porcentaje de germinación (%G).**

Se realizaron diez evaluaciones, contando el número de plántulas emergidas por cada unidad experimental a partir de la primera plántula emergida.

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

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

Donde:

%G= Porcentaje de germinación.

GA= Germinación acumulada hasta la última evaluación.

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

#### **b) Porcentaje de mortalidad (%M).**

Esto se pudo determinar con la resta del % de germinación menos el número de plantas muertas.

#### **c) Altura de la planta**

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

#### **d) Sistema radical**

Estos se realizo también con plántulas de tres meses de edad, se midió la longitud de la radícula en cm, la medición se realizo con una regla de 30 cm.

#### **e) Diámetro del cuello del tallo (DB).**

Se midió en la base del tallo en mm, para la medición de la variable se utilizo un vernier, evaluando cinco plántulas por cada unidad experimental.

#### **f) Propiedades físicas de los sustratos.**

Se analizo el pH, conductividad eléctrica (CE) en dS/m, ácidos fulvicos en %, densidad aparente en g/cc, porosidad total en %, porosidad de aireación en % y capacidad de retención de agua en %, en el Depto. de Ciencias del Suelo. Estas propiedades se correlacionaron con cada una de las variables de respuesta del *P. cembroides* mediante el programa SAS ver 9.0.

## IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a las variables observadas en esta investigación, se presentan a continuación los resultados obtenidos.

### 4.1 Porcentaje de germinación (%G).

En el ANVA de germinación se observó que hubo diferencia significativa entre los tratamientos ( $P \leq 0.01$ ) por lo tanto, existe variabilidad dentro de los tratamientos (Cuadro 3), la cual se reflejó en la cantidad de semillas germinadas, pero esto también puede deberse al sustrato utilizado y relacionarlo a alguna de sus propiedades físicas.

Cuadro 3. Porcentaje de germinación de *P. cembroides* en diferentes sustratos.

Tratamientos	Germinación (%)	
T6 Peat Moss + Agrolita	91.67	A
T5 Heno + Peat Moss	89.17	B
T4 Heno 3 moliendas	55.00	C
T2 Heno 1 moliendas	32.50	D
T1 Borla entera	13.33	E
T3 Heno 2 moliendas	3.33	F

A = Tukey ( $p \leq 0.05$ )

La toma de datos tuvo una duración de 70 días desde la fecha de siembra la mayor cantidad de semillas germinadas se obtuvo en el tratamiento seis (T6) con un 91.67 %, en este tratamiento se utilizó el producto comercial Peat Moss y agrolita a una combinación de 2:1, enseguida se menciona también el tratamiento cinco (T5) con un valor de 89.17 en la cual se utilizó una combinación de Heno más Peat Moss, a una proporción de 2:2, el tercer tratamiento que tuvo una respuesta de germinación considerable fue el T4 con un 55 % el cual es Heno con tres moliendas, esto se puede

explicar debido a que estos tratamientos tienen una buena retención de agua y porosidad ideal.

Esto se puede apreciar en la siguiente en la figura 9, donde el porcentaje de germinación en las líneas son cambiante e incluso en algunas es casi igual, pero debemos de apreciar que las líneas de tendencias de la desviación estándar, son constantes en todas los tratamientos con lo cual puede decirse que no hay cambios en cuanto la germinación en días pero si, tienes cambios estadísticamente.

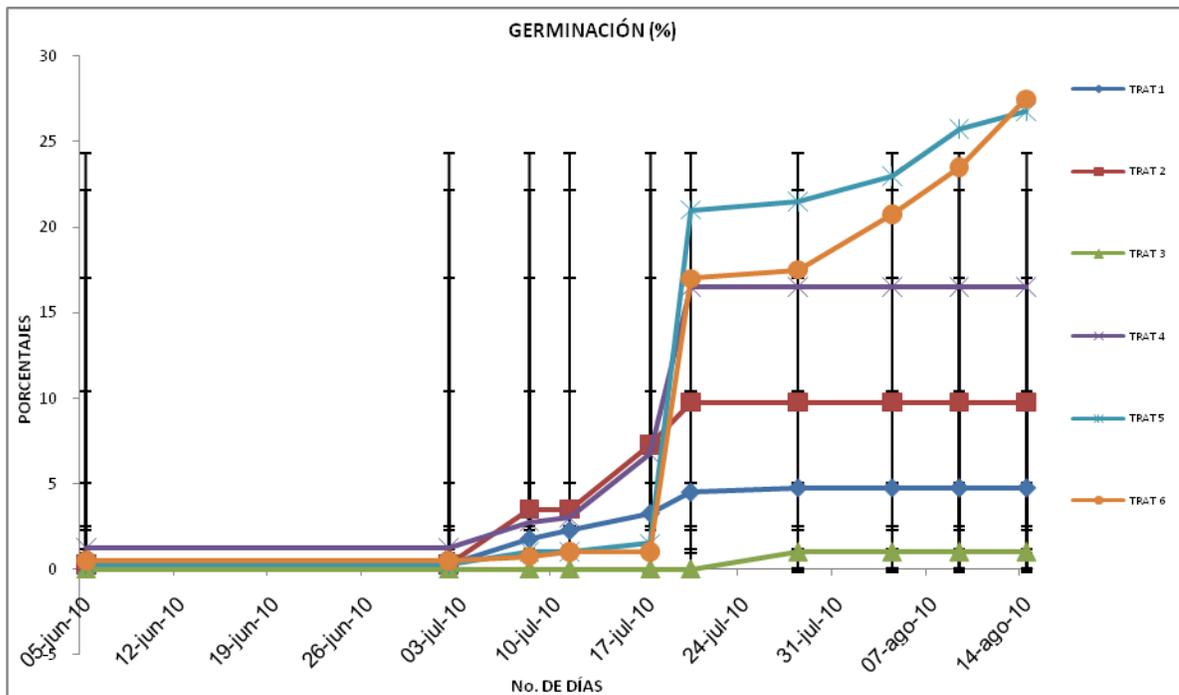


Figura 9. Grafica porcentaje de germinación con lines de tendencia (Desvisción estándar).

Los tratamientos con menor germinación se mencionan enseguida; el T2 (Heno con una molienda) con un 32.5 % de germinación de semillas, le sigue el T1 (Heno borla entera) con un 13.33 % y el peor calificado es el T3 (Heno con 2 moliendas) con un 3.33 % de emergencia de semillas de *P. cembroides* Zucc., esto puede deberse a diversos factores ya sea, la calidad del sustrato o de la gran pérdida de semillas que ocasiono la presencia de ratas (roedores), las cuales consumían el piñón o también a los días que el invernadero se quedo sin electricidad durante dos días seguidos en el cual este funciono como una sauna cocinando a las plantas y semillas.

Esta variable refleja como el sustrato influye en la germinación de la semilla, posteriormente a la salida de la plántula a la superficie. Conforme un sustrato provea las condiciones apropiadas para la germinación de la semilla, esto se verá influido en la cantidad de plántulas que emerjan, así como también en la calidad de la planta pero acá ya entrarían otros factores como: la calidad de semilla, el tipo de árbol o arboles de las cuales se tomaron, la genética, la sanidad, entre otras cosas.

Gaytan (2001), en una prueba de germinación de semillas de *Pinus cembroides*, observo que la mayor germinación la obtuvo en los tratamientos 8 con un 89 % en el cual el sustrato utilizado fue el Promix-Bx, y en el tratamiento 4, cuyo material utilizado fue el Cisco de Carbón, y los menores promedios se obtuvieron en el tratamiento 6 con un 60 % y el 7 con 63 %, en el cual se uso Tierra de monte, Composta y Arena en una proporción 70:30:00.

#### **4.2 Porcentaje de mortalidad (%M).**

El ANVA en la variable mortalidad fue altamente significativo entre los tratamientos ( $P \leq 0.01$ ), lo cual denota que dentro de los tratamientos que se establecieron en el experimento, los tratamientos son diferentes a los demás, esto se puede apreciar en el cuadro 4.

La mayoría de los sustratos tienen problemas de germinación de las semillas ya sean forestales o no, en este estudio se presentan los tratamientos y sus respectivas repeticiones, en los cuales la mortalidad es un factor de importancia comercial y de calidad del sustrato utilizado. Los valores de mortalidad obtenidos en el cuadro 4, son inversamente proporcionales a la germinación y de igual manera en los tratamientos evaluados.

El tratamiento con el más alto porcentaje de mortalidad fue el T3 (Heno con 2 moliendas) con un 96.67 % de mortalidad, le sigue el T1 (Heno Borla Entera) con un 86.67 % de mortandad, también el T2 (Heno con una Molienda) con un 67.50 %, los mejores en cuanto a menos mortandad existió fue el T6 (Testigo), T5 (Heno+ Peat Moss) y el T4 (Heno con tres moliendas) esto puede deberse a que los sustratos

tuvieron más una porosidad más adecuada y una mejor retención de gua, en la cual ayudaba a las plántulas a mantenerse con vida.

Cuadro 4. Porcentaje de mortalidad de *P. cembroides* en diferentes sustratos.

Tratamiento	Mortalidad (%)	
T3 Heno 2 moliendas	96.67	A
T1 Heno Borla Entera	86.67	B
T2 Heno 1 molienda	67.50	C
T4 Heno tres moliendas	45.01	D
T5 Heno + Peat Moss	10.83	E
T6 Peat Moss + Agrolita	8.33	F

A = Tukey ( $p \leq 0.05$ )

En el cuadro 4, se aprecia como el T3 es diferente a los demás tratamientos establecidos, y como el T6 es diferente a T3, T1 y T2, esto indica que los tratamientos son diferentes entre sí.

En el 2001 Gaytan, observo que el mayor porcentaje de mortalidad se obtuvo en los tratamientos 6 y 7, con un 40 % y 30 % de semillas no germinadas respectivamente.

### 4.3 Altura de planta

En el cuadro 5 se muestran los resultados obtenidos del ANVA con una  $p \leq 0.01$ , así como de la prueba de medias Tukey con una  $p \leq 0.05$ , lo anterior indica que los sustratos evaluados son diferentes significativamente entre si y esto indica que al menos uno de los tratamientos tuvo un efecto benéfico en la altura de *P. cembroides*.

La prueba de medias de Tukey muestra que los tratamientos T6= Testigo Peat Moss y T5= Heno con tres moliendas + Peat Moss son los que resultaron mejor o tuvo un mejor comportamiento en cuanto en el crecimiento de las plántulas de piñoneros, así

también se puede apreciar que el T4= Heno con tres moliendas tiene una buena respuesta esto se puede observar mejor en el cuadro 5, que a continuación se muestra.

Cuadro 5. Altura de planta de *P. cembroides* Zucc. bajo diferentes sustratos

Tratamiento	Altura de planta (cm)	
T6 Peat Moss + Agrolita	4.93	A
T5 Heno + Peat Moss	4.77	A
T4 Heno tres moliendas	4.25	A
T1 Borla entera	3.52	AB
T2 Heno con una molienda	2.07	BC
T3 Heno 2 moliendas	0.5	C

A = Tukey ( $p \leq 0.05$ )

Podemos observar que los tratamientos 6, 5 y 4 son los de más alto nivel de significancia estadística con un 4.93 cm para T6, 4.77 cm para T5 y con un 4.77 cm para T4, los cuales son iguales entre ellos, sin embargo los tratamientos ya antes mencionados son diferentes al tratamiento T1 con una media de 3.52 cm, pero esta a su vez es diferente a los tratamientos T3 y T2 en los cuales la germinación fue mínima o las plántulas se murieron, esto pudo haber sido por un exceso de agua o que tal vez el sustrato orgánico *Tillandsia recurvata* L., no retiene la suficiente cantidad de agua para que la raíz pueda absorber, así también hay que tener en cuenta que el invernadero del Depto. Forestal estuvo sin electricidad durante dos días y por lo tanto en el interior de las instalaciones la plantas se estaba deshidratando por la gran cantidad de calor que se pudo generar en estos momentos en los cuales no funcionaron los ventiladores y la pared húmeda, cabe mencionar que la epífita utilizada como sustrato pudo haber causado la inhibición de la germinación o que entro en un momento dado de descomposición y afectar la testa de las semillas, ya que se pudo observar la presencia de unos insectos dentro de ella. Aun que hay que recalcar que los mejores

tratamientos son el T6 y el T5 ya que presentaron las mejores medias y por lo tanto un mejor comportamiento en el desarrollo de la planta de *P. cembroides* Zucc.

Gaytan (2001), encontró que los sustratos evaluados, para la variable altura de planta no afecta o influye en el crecimiento de plántulas de *Pinus cembroides*, para el periodo de tiempo que duro la investigación.

Maldonado (2010), encontró que entre los tratamientos que se compararon con el testigo, las plántulas que presentaron una altura mayor (21.8 cm) fueron aquellas que se desarrollaron en un sustrato compuesto de 80% de aserrín + 20% de corteza con 4 g/L de hidrogel, la altura menor (19.77 cm) ocurrió en las mezclas con 60% de corteza + 40% de aserrín con 4 g/L y sin hidrogel respectivamente, es decir, el mejor sustrato produjo plántulas 9.3% más largas que el peor sustrato.

#### **4. 4 Diámetro del cuello de la planta**

En esta variable se observan que los siguientes datos estadísticos fueron de la siguiente forma,  $P \leq 0.01$  lo cual indica que existe una diferencia significativa entre los tratamientos, esto puede deberse a los tipos de moliendas y el sustrato testigo (Peat Moss).

Esto también se puede apreciar en la prueba de comparación de medias (Tukey  $p \leq 0.05$ ) en el cual muestra los tratamientos T5 y T6 son los mejores en cuanto a comparación de medias en este caso el T5= heno+ Peat Moss resulto ser el mejor en cuanto a media, aun que también el T6= Testigo tuvo una buena calificación en la meda resultando los tratamientos ya antes mencionados los mejores en cuanto al desarrollo y crecimiento de los cuello (Diámetros) de las plantas el T5 obtuvo una media de 1.7200 mientras que el T6 con 1.70, aun que esto indica que las medias entre los tratamientos fueron de un rango muy similar son los mejores tratamientos; así también el T4= heno con tres moliendas y T1= borla entera están dentro de los limites de comparación sin embargo estos tratamientos son diferentes estadísticamente a los tratamientos T5 y T6, ya que los tratamientos T4 presenta una media de 1.57 y T1 con 0.97; pero también hay que recalcar estos tratamientos resultaron ser mejores que el T2=0.10 y T3=0.05 estos

debido a que en los tratamientos la germinación fue la mínima sus respectivas repeticiones o las plantas fueron insuficientes para la toma de la muestra.

Esto indica que el mejor tratamiento es el T5 esto debido al efecto medio comparado, así también el tratamiento que le sigue es el T6 es cual es estadísticamente similar ( $Tukey \leq 0.05$ ), lo antes dicho se puede apreciar en el cuadro 6.

Cuadro 6. Diámetro de cuello de *P. cembroides* Zucc. en diferentes sustratos

Tratamiento	Diámetro (cm)
T5= Heno + Peat Moss	1.72 A
T6= Testigo Peat Moss	1.70 A
T4= Heno con tres moliendas	1.57 AB
T1= Borla entera	0.97 B
T2 Heno con una molienda	0.10 C
T3= Heno con dos moliendas	0.05 C

A = Tukey ( $p \leq 0.05$ )

Maldonado (2010), encontró que entre los tratamientos que se compararon con el testigo, las plántulas que presentaron un diámetro mayor (3 mm) fueron aquellas que se desarrollaron en un sustrato compuesto de 80% de aserrín + 20% de corteza con 4 g/L de hidrogel, el menor diámetro (2.72 mm) ocurrió en las mezclas con 60% de corteza + 40% de aserrín con 4 g/L y sin hidrogel respectivamente, es decir, el mejor sustrato produjo plántulas 9.3% más gruesas.

#### 4. 5 Longitud de raíz

En esta variable se podrán observar que los resultados obtenidos en el ANVA (Cuadro 7), son altamente significativos ( $P \leq 0.613$ ), esto nos indica que dentro de los tratamientos existe una diferencia.

Esto pudo haber ocurrido debido a que en cada tratamiento el sustrato biológico se comporto de una manera distinta en cada tratamiento, ya que en algunos tratamientos existió germinación y otros fue mínima como es el caso del T2 y T3 en los cuales la germinación o las plantas dificultó la toma de datos esto pudo haber ocurrido, porque el sustrato a base de *Tillandsia recurvata* no retenía la suficiente cantidad de agua y en otros casos el exceso era tanto que en la parte inferior se encontraba completamente saturada de agua y si la planta germinaba o no podía absorber agua y/o el exceso era tanto que podría a la planta desde la raíz.

Cuadro 7. Longitud de raíz de *P. cembroides* bajo diferentes sustratos.

Tratamientos	Longitud de Raíz (mm)
T6=Testigo (Peat Moss)	9.62 A
T5= Heno + Peat Moss	9.38 A
T4= Heno con tres moliendas	7.45 A
T1= Borla entera	5.59 AB
T3= Heno con dos moliendas	1.00 B
T2= Heno con una molienda	1.00 B

A=Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

En el cual podemos observar que el tratamiento T6= Testigo (Peat Moss), el T5= Heno + Peat Moss y T4= Heno con tres moliendas, son estadísticamente iguales entre sí, pero diferente al tratamiento T1= Borla entera, el cual es igual a los tratamientos T3= Heno con dos moliendas y T2= Heno con una molienda los cuales se encuentran muy mal evaluados en esta prueba de medias.

El mejor tratamiento es el T6 con 9.62 mm promedio, así también le sigue el tratamiento T5 con un valor medio de 9.38 mm, los cuales están dentro del rango de significancia (Tukey $\leq 0.05$ ), al igual que el T4, estos tratamientos pudieron haber sido superiores a los demás probablemente por la cantidad de humedad que retenían, ya que en los demás tratamientos el agua era un factor muy restrictivo y/o demasiado

húmedo y en la conjunción de Heno y el Peat Moss pudieron tener un mejor desarrollo en la parte aérea y la elongación de las raíces fue más efectiva en comparación de los demás tratamientos en donde no solo se pudo ver plantas pequeñas sino además con una formación de raíces escasa en la mayoría de los tratamientos.

#### 4. 6 Propiedades físicas del sustrato

Los resultados obtenidos en el análisis de los diferentes Tratamientos (Sustratos), se muestran en el cuadro 8, donde se analizan y discuten a continuación.

Cuadro 8. Propiedades físicas de los sustratos en el desarrollo de *P. cembroides*.

Tratamientos	Propiedades Físicas del Sustrato Heno y Peat Moss						
	pH (2:1 agua)	CE (dS.m <sup>-1</sup> )	AF (%)	Da (g.cm <sup>-3</sup> )	PT (%)	PA (%)	CRA (%)
Borla entera	7.10 D	0.93 A	0.13 E	0.09 D	58 E	20 E	38 E
Heno 1 moliendas	7.40 A	0.81D	0.16 D	0.10 C	87 B	38 B	49 D
Heno 2 moliendas	7.40 A	0.84 C	0.12 F	0.10 C	85 C	54 A	31 F
Heno 3 moliendas	7.30 B	0.86 B	0.18 C	0.14 B	85 C	27 C	58 C
Heno + Peat moss	7.20 C	0.26 F	0.32 B	0.14 B	65 D	4 F	61 B
Testigo (peat moss)	7.20 C	0.28 E	0.39 A	0.17 A	91 A	25 D	66 A

\*CE= Conductividad eléctrica; AF= Ácidos fúlvicos; Da= Densidad aparente; PT= Porosidad total; PA= Porosidad de aireación; CRA= Capacidad de retención de agua. A=Tukey (p≤ 0.05).

##### 4. 6. 1 Potencial hidrogeno (pH).

Para muchos cultivos los sustratos deben de mantenerse en un intervalo de 5.5-6.5, de esta propiedad dependen la disponibilidad de nutrimentos se pueden aplicar los nutrimentos (Figura 10) pero si no encuentra en un pH adecuado las raíces de las plantas no lo toman eficientemente y se pierden nutrientes y finalmente dinero (Díaz, 2010).

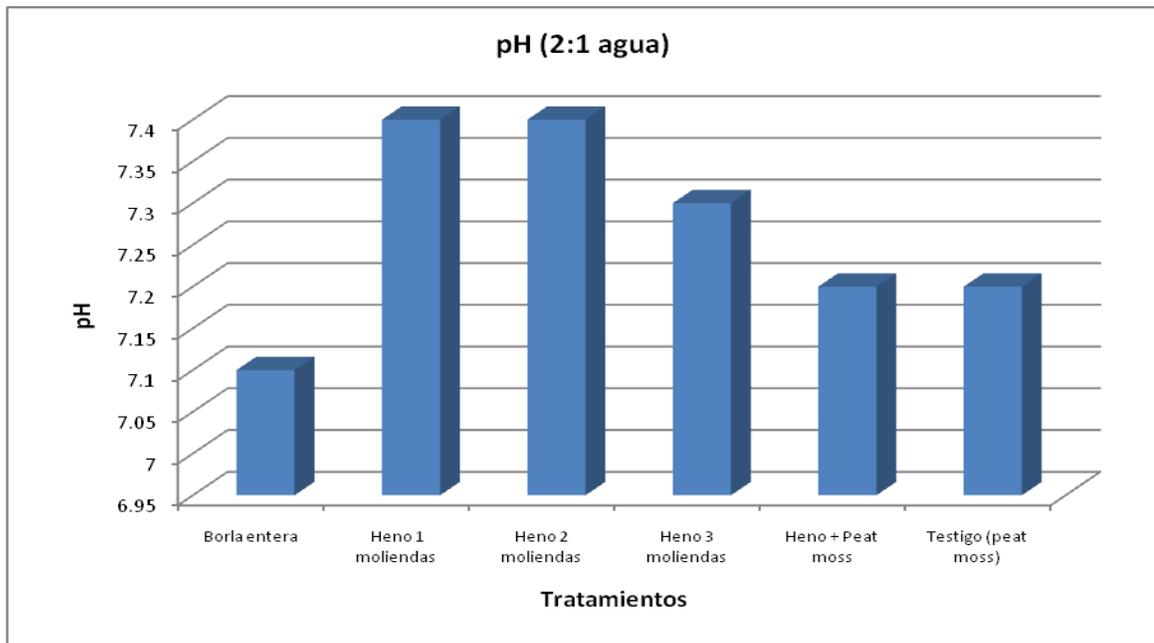


Figura 10. Comportamiento del pH en diferentes sustratos para el desarrollo de *P. cembroides*.

En este caso para todos los tratamientos utilizados en la germinación de semillas de piñonero, el contenido de Potencial de Hidrogeno fluctúa entre 7.1-7.4, lo cual denota que es material ligeramente alcalino lo cual es ideal para su uso, ya que los nutrientes no tendrán tanto problema en la disponibilidad de nutrientes. También hay que mencionar estos tipos de análisis son apropiados para ver si el medio de cultivo es apto para la producción y/o si se pueden hacer correcciones y con qué facilidad (Díaz, 2010).

La correlación del pH con las variables de desarrollo de *P. cembroides* (Cuadro 9), indican que al aumentar el valor de pH de 7.1 a 7.4, se reduce la altura de planta, el diámetro de cuello y la longitud de raíz de manera proporcional.

Cuadro 9. Correlación entre el pH del sustrato y el desarrollo de *P. cembroides*.

Germinación	Mortalidad	Altura de planta	Diámetro de cuello	Longitud de raíz
-0.33557	0.33557	-0.66075**	-0.62856**	-0.60228**

\*\* Altamente significativo a ( $p < 0.01$ )

El pH del Peat Moss, es por lo general ácido, pero la práctica de encalado, es para ajustar el pH a 7.0, lo que indica que la combinación con heno de motita aumenta el valor de pH, afectando el desarrollo de *P. cembroides*.

Maldonado (2010), encontró que el pH de todos los sustratos que utilizo está por debajo de un valor de 5, la mayoría de los sustratos se agruparon alrededor de 4. El tratamiento con 60% de corteza + 40% de aserrín y sin hidrogel fue el más ácido, inclusive más que el testigo. En cambio los sustratos M3 (corteza 20% y aserrín 80%) que contenían mayor contenido de aserrín presentaron una menor acidez que los sustratos M1 y M2, siendo el tratamiento 9 (80% de aserrín y 20% de corteza y 4g/L de hidrogel) con un pH 4.98 el menos ácido.

Mateo (2005), señala que el pH de aserrín de *Pinus patula* al 100% y en combinación con tierra de monte varía entre 4.5 a 4.7 sin y con fertilización de 4 kg.m<sup>-3</sup> de multicote.

Bracho *et al.*, (2008), mencionan que los materiales turba de río (5.45 f), aserrín de madera (5.79 e), y bagacillo de caña fresco (5.97 e) presentaron los valores más bajos de pH, considerándose ácidos con relación a esta característica. El resto de los materiales presentó valores de pH entre 6,46-6,87. Las turbas tienen pH superior o igual a 6,5 siendo las turbas Promix y Sogemix casi neutras (6,77 y 6,83, respectivamente). Las plantas pueden sobrevivir en un amplio intervalo de pH sin sufrir desórdenes fisiológicos, siempre y cuando todos los nutrientes se suministren en forma asimilable; esta variable ejerce su efecto principal sobre la asimilabilidad de los nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico y la actividad biológica. Diferencias significativas en la prueba no paramétrica de Kruskal - Wallis

#### **4. 6. 2 Conductividad eléctrica (CE).**

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 optimo. 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, los valores de CE en los sustratos se muestran en la figura 11, la borla entera presenta la mayor CE y el heno con tres moliendas, el que menos CE, presenta es el Heno más Peat Moss.

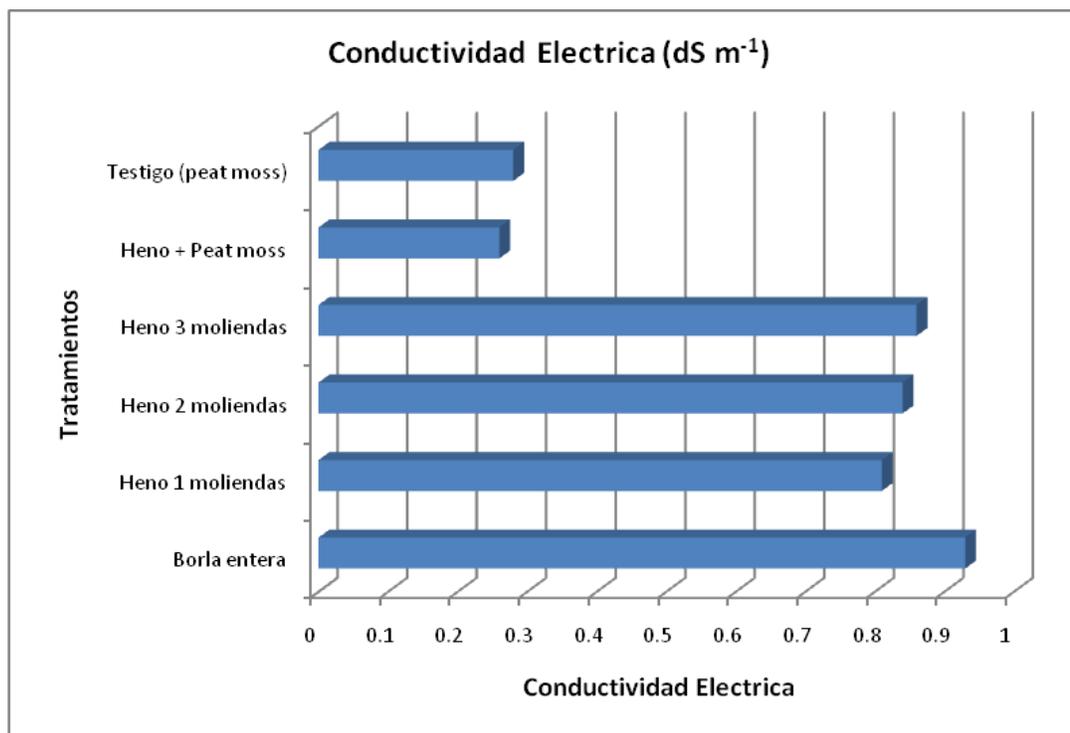


Figura 11. Conductividad eléctrica de los sustratos utilizados en la germinación de *P. cembroides*.

En cambio el contenido de C. E., en los sustratos utilizados en el experimento no tiene problemas con las sales esto debido a su baja conductividad. Pero hay que mencionar también que pequeño grupo de plantas se presentaron con quemaduras en las hojas esto podría ser por la Conductividad Eléctrica.

Cuadro 10. Correlación entre la Conductividad eléctrica del sustrato y el desarrollo *P. cembroides*.

Germinación	Mortalidad	Altura de planta	Diámetro de cuello	Longitud de raíz
-0.88821**	0.88821**	-0.56741**	-0.58925**	-0.59249**

\*\* Altamente significativo a (p<0.01)

En el cuadro 10, se muestra la correlación donde todas las variables fueron significativas, lo que indica, que la CE reduce la geminación, aumenta la mortalidad, reduce la altura de planta, el diámetro de cuello y la longitud de raíz, por lo que hay que someter a lavados al sustrato con heno de motita.

Maldonado (2010) señala que los valores de la CE de los sustratos están entre los  $0.23 \text{ dS ms}^{-1}$  la más baja y los  $0.47 \text{ dS ms}^{-1}$ , siendo el tratamiento testigo igual que el tratamiento 8 (corteza 20% y aserrín 80%,  $0.38 \text{ ds.ms}^{-1}$ ) y menor que le tratamiento 3 (corteza 60% y aserrín 40%,  $0.47 \text{ dS ms}^{-1}$ ).

#### **4. 6. 3 Ácidos fúlvicos (AF).**

Son parte del complejo de compuestos orgánicos del suelo, de naturaleza muy particular y distinta a la de cualquier sustancia vegetal. En términos generales, es posible considerar estos ácidos como los representantes “menos maduros” del grupo de los ácidos húmicos. Respecto a los ácidos húmicos, los ácidos fúlvicos poseen un porcentaje de carbono significativamente más bajo y el de hidrógeno es superior al de los ácidos húmicos.

Pero podemos observar que la cantidad de Ácidos fúlvicos es muy bajo, lo cual denota que es un material muy poco descompuesto con baja humificación, característico de un sustrato, porque de lo contrario sería una composta.

Esto lo podemos apreciar en la figura 12 con lo cual se denota el porcentaje de descomposición del heno, esto debido a que la planta no ha estado en contacto con el medioambiente, ya que el experimento estaba ubicado en el interior del invernadero Forestal. Además se muestra que el tratamiento con más alto grado de descomposición es el Testigo (T6) y el Heno de motita + Peat Moss (T5) y con menos descomposición el heno con dos moliendas (T3).

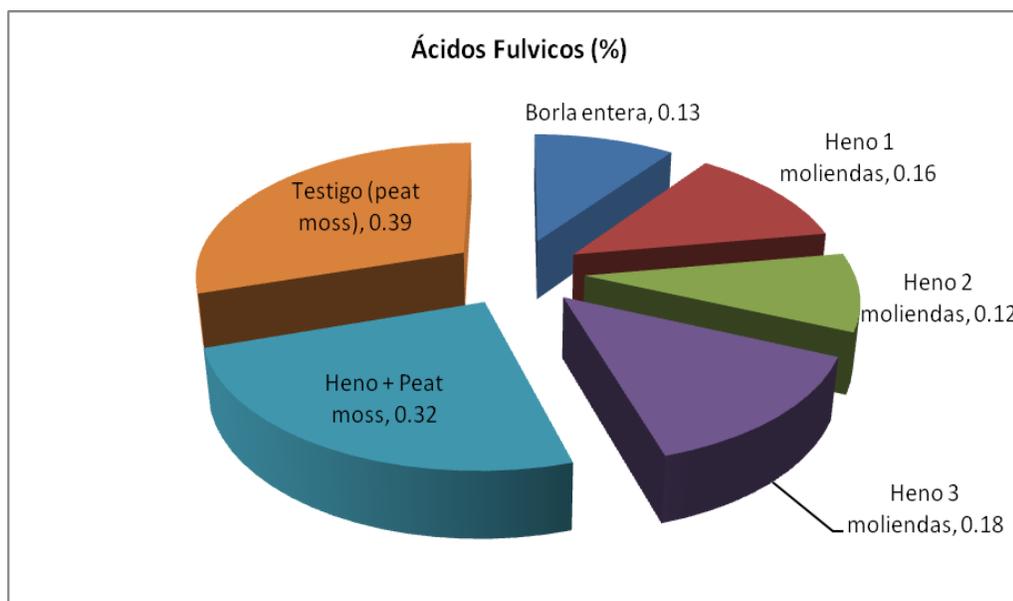


Figura 12. Contenido porcentual de Ácidos fúlvicos en las muestras de heno y Peat Moss,

Podemos observar que las concentraciones de AF, es demasiado baja no se acerca ni siquiera al 1%, esto puede deberse a la falta de mineralización, intemperismo o meteorización esto se atribuye a que dichos tratamientos estaban dentro del invernadero, ya que en estos medios de producción el clima está controlado.

El efecto de la AF en el desarrollo de *P. cembroides* se muestra en el cuadro 11, donde los AF favorecen la germinación, la altura de planta, el diámetro de cuello y la longitud de raíz y reducen la mortalidad. Lo que indica, que aunque los AF no sea nutrientes, influyen en la nutrición de *P. cembroides*.

Cuadro 11. Correlación entre los ácidos fúlvicos del sustrato y el desarrollo *P. cembroides*.

Germinación	Mortalidad	Altura de planta	Diámetro de cuello	Longitud de raíz
0.94203**	-0.94203**	0.68399**	0.69015**	0.67775**

\*\* Altamente significativo a ( $p < 0.01$ )

#### 4. 6. 4 Densidad aparente (Da).

Los seis materiales son de muy baja Densidad aparente lo que indica que son ideales debido a que resultan económicamente beneficiosos, ya que mejora

significativamente la capacidad operacional del medio del cultivo, disminuyendo los costos de transporte y manipulación de materiales (Figura 13).

La mayor densidad la podemos encontrar en el tratamiento T6 Testigo seguido por el T5, esto se debe a la presencia de Peat Moss, lo que representa una mayor masa en un mismo volumen y por lo tanto mayor superficie específica para adsorción de nutrientes.

El efecto de la Da sobre el desarrollo de *P. cembroides* (Cuadro 12), es benéfico porque favorece la germinación, la altura de planta, el diámetro de cuello y la longitud de raíz, y reduce la mortalidad.

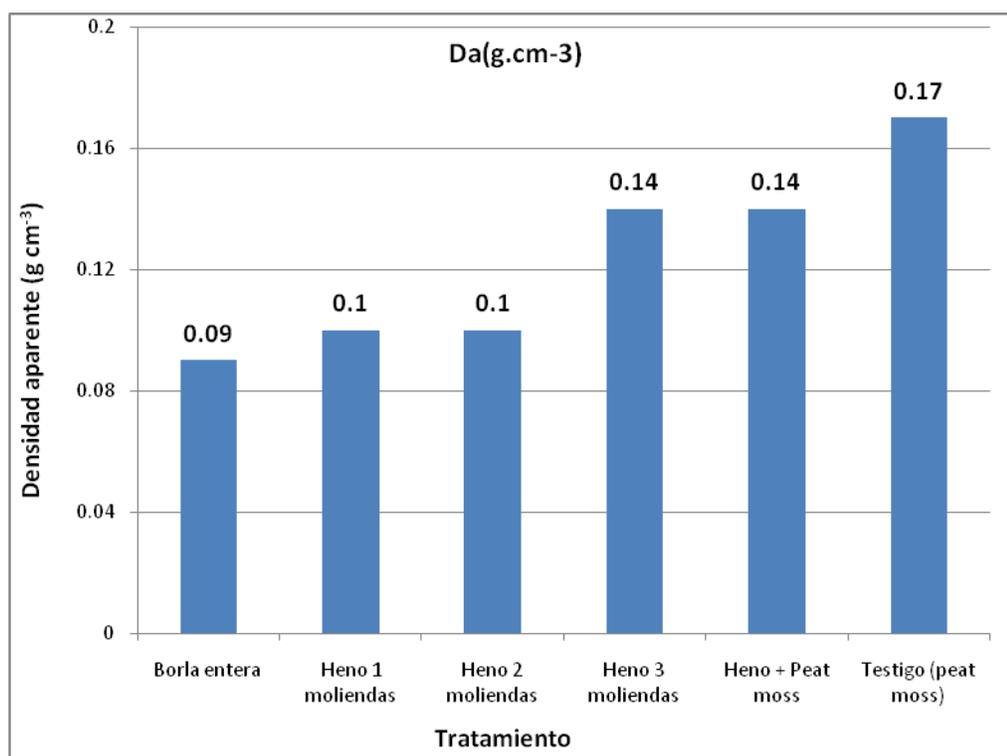


Figura 13. Densidad aparente observada en diferentes sustratos

Cuadro 12. Correlación entre la densidad aparente del sustrato y el desarrollo *P. cembroides*.

Germinación	Mortalidad	Altura de planta	Diámetro de cuello	Longitud de raíz
0.91332**	-0.91332**	0.68561**	0.75387**	0.7032**

\*\* Altamente significativo a ( $p < 0.01$ )

Maldonado (2010) encontró que las densidades aparentes ( $D_a$ ) oscilan entre  $0.17 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  y  $0.36 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , siendo la mezcla con 60% corteza + 40% aserrín y 2 mg/L y sin hidrogel, la que presenta valores más bajas comparadas con el testigo que presentó el valor más alto.

Bracho *et al.*, (2008) citan que el valor más alto de  $D_a$  lo registró el Capriabono con  $0,61 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  seguido del pergamino de café molido y cernido ( $0,18 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ). El resto de los materiales registró valores de  $D_a \leq 0,12 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , presentando los más bajos el pergamino de café y el aserrín de coco ( $0,06 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ).

#### 4. 6. 5 Porosidad total (PT).

En el caso de la porosidad, los sustratos se encuentran en un muy estatus de porosidad y por lo tanto se supone que debe estar bien repartido entre sí, para tener una buena captación de agua. Las muestras están en un rango de 58-91 (Cuadro 8). El valor más bajo lo encontramos con el T1 de borla con un 58%, y le sigue el T5 de Heno más Peat Moss con un 65%, y los más altos en porosidad son el T6 con un 91 % de porosidad y el T2 de Heno con una molienda con un 87 %, los tratamientos restantes con un porcentaje igual de 85 %, esto lo podemos apreciar en la figura 14.

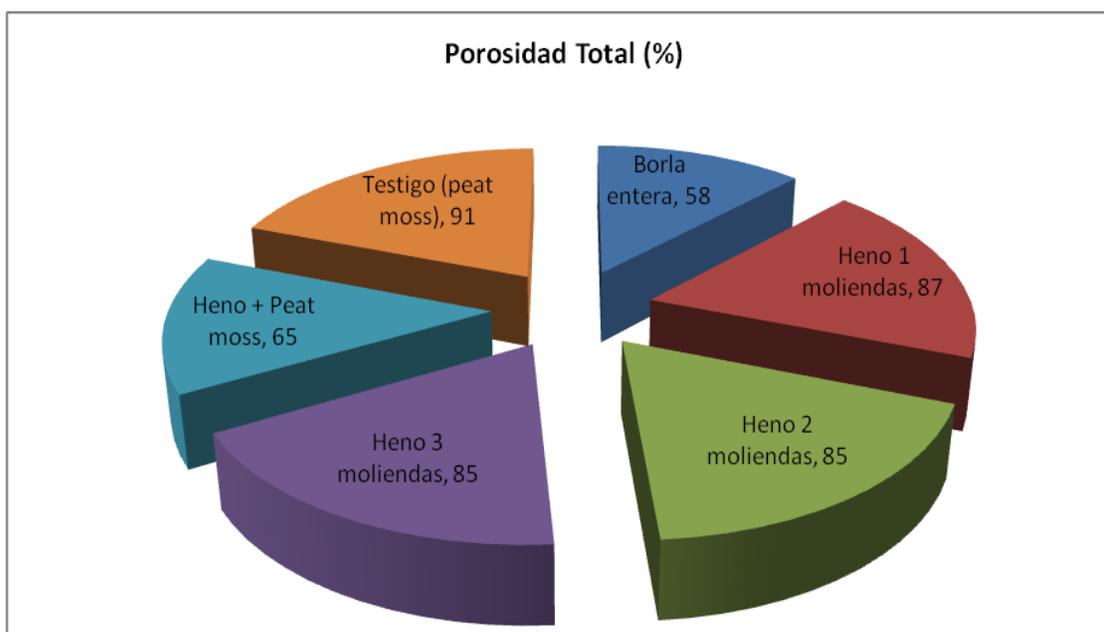


Figura 14. Porosidad total de los materiales analizados en laboratorio.

En el cuadro 13, se muestra que la porosidad total no tuvo ningún efecto en el desarrollo de *P. cembroides* bajo diferentes sustratos.

Cuadro 13. Correlación entre la porosidad total del sustrato y el desarrollo *P. cembroides*.

Germinación	Mortalidad	Altura de planta	Diámetro de cuello	Longitud de raíz
0.12728	-0.12728	-0.21061	-0.18684	-0.1811

\*\* Altamente significativo a ( $p < 0.01$ )

Maldonado (2010), encontró que ya que los valores oscilan entre el 68% (testigo) que es el más bajo y 89% en el tratamiento 9 (corteza 20% y aserrín 80%) con la mejor porosidad. Estos valores se acercan al 60% y 80% reportados para un sustrato ideal en contenedor Landis *et al.* (1990).

#### 4. 6. 6 Porosidad Aireación (PA).

La utilización de sustratos en contenedores puede reducir las propiedades de aireación y retención de agua del medio, múltiples investigaciones han encontrado importantes diferencias en la capacidad de intercambio gaseoso al modificar la naturaleza de los materiales del sustrato. Sustratos a base de fibras de madera, perlita y turba, han mostrado algún grado de dificultad al pasa del aire, debido al pequeño tamaño o discontinuidad de sus poros (Pastor, 2000).

La PA, debe fluctuar entre 18 y 30 % y los tratamientos de heno con una molienda, heno con dos moliendas y heno con tres moliendas + Peat Moss, no cumplen este requerimiento (Figura 15).

La variable de PA del sustrato es la que tiene mayor efecto en el desarrollo de *P. cembroides* en los sustratos evaluados (Cuadro 14), como ya se comento los excesos de agua influyeron en la geminación y esto se demuestra porque se reduce la germinación, la altura de planta, el diámetro de cuello y la longitud de raíz cuando se aumenta la PA, en cambio se aumentan la mortalidad al aumentar el valor de PA a más de 30%.

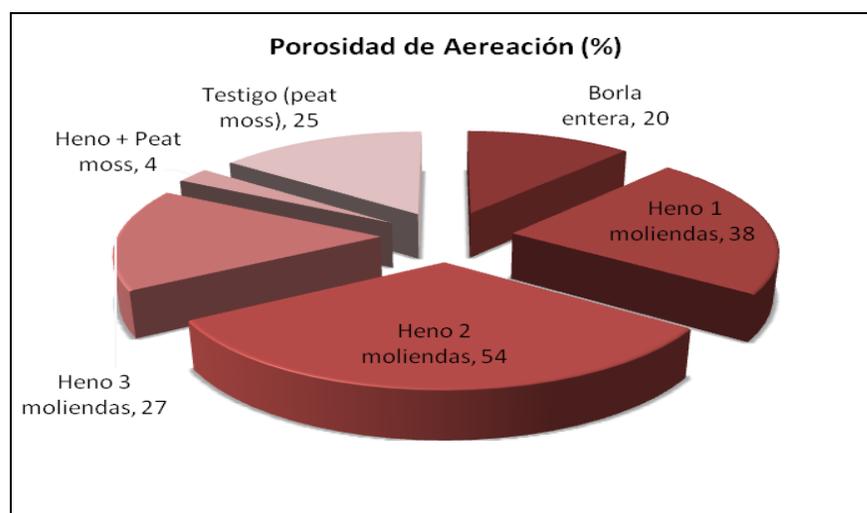


Figura 15. Porosidad de aire en sustratos utilizados en pruebas de germinación de *P. cembroides*.

Cuadro 14. Correlación entre la porosidad de aireación del sustrato y el desarrollo *P. cembroides*.

Germinación	Mortalidad	Altura de planta	Diámetro de cuello	Longitud de raíz
-0.68104**	0.68104**	-0.80161**	-0.76228**	-0.70564**

\*\* Altamente significativo a ( $p < 0.01$ )

Bracho *et al.*, (2008) mencionan que el Capriabono, turba Biolan y el bagacillo de caña fresco mostraron valores por debajo y/o alrededor del 10 % en PA, cuestión que los limita por la alta retención de agua asociada a esta condición. En contraste, el pergamino de café y la cascarilla de arroz presentaron valores altos de PA (> 60 %), lo que implica poca capacidad para retener agua en estos materiales.

#### 4. 6. 7 Capacidad de Retención de Agua (%)

Para la capacidad de retención de agua se encontró que, para que sea óptima deberá ser al 40 % y todos los sustratos los cumplen con excepción del heno con dos moliendas. Según Ansorena (1994), un sustrato puede presentar una pobre retención de agua cuando se presentan las siguientes características:

- Su porosidad total es baja,
- Los poros son grandes y gran parte del agua se pierde por gravedad,

- Los poros son muy pequeños y la planta no es capaz de extraer una parte importante del agua,
- Existe una elevada combinación de sales en la solución acuosa, y
- Una combinación de las situaciones anteriores.

De los sustratos evaluados sólo los tratamientos T1 de borla entera y T3 de Heno de motita con 2 moliendas, tienen menos del 40% de CRA (Figura 16).

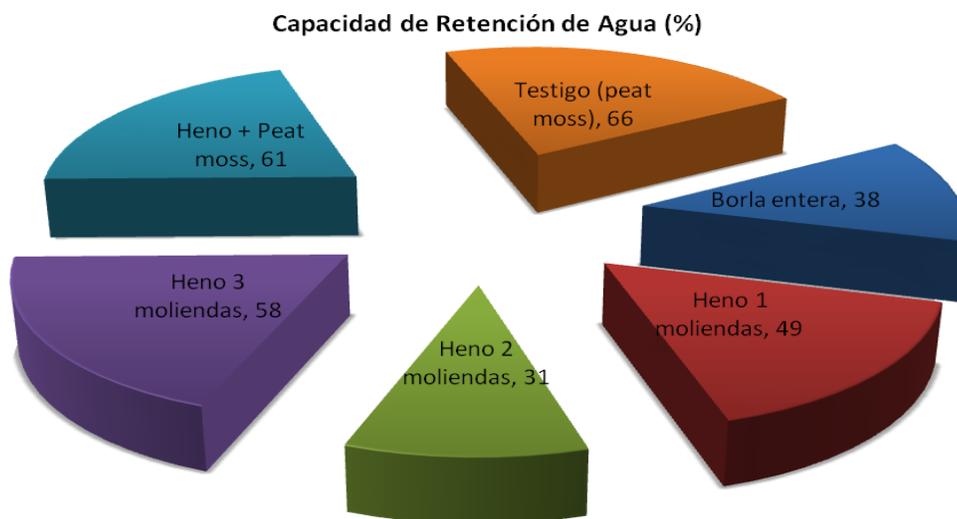


Figura 16. Porcentajes de capacidad de retención de agua de diferentes sustratos.

Por lo tanto podría ser que una de esas limitantes son las que afectaron la planta ya emergida en cuestión de absorción del líquido vital, ya que algunas de las plantas se comenzaron a secar de la raíz a la punta.

En el Cuadro 15, se determina que el CRA aumenta la geminación y reduce la mortalidad cuando los niveles de agua está abajo del 40% de su volumen de poro, para que favorezca la aireación. Esto se demuestra con un efecto benéfico en la altura de planta, diámetro de cuello y longitud de raíz.

Cuadro 15. Correlación entre la capacidad de retención del agua del sustrato y el desarrollo *P. cembroides*.

Germinación	Mortalidad	Altura de planta	Diámetro de cuello	Longitud de raíz
0.96165**	-0.96165**	0.77718**	0.75232**	0.68838**

\*\* Altamente significativo a ( $p < 0.01$ )

Los propiedades de Da, PA y CRA, afectaron significativamente el desarrollo de *P. cembroides* al reducir la aireación en el sustrato y favorece la mortalidad de la planta. Por lo cual, se debe de regar en función a la retención de agua, los tratamientos con borla y sólo con una y dos molienda, requieren de riegos frecuentes porque el sustrato no retiene el agua y provoco la mortalidad, en cambio los sustratos con Peat Moss, requieren riegos poco frecuentes por su mayor retención de agua, que provoca fallas en la aereación.

Maldonado (2010), menciona que mientras más hidrogel se le añade a la mezcla de aserrín aumenta la C. R. A, ya que este fluctuó en  $> 80\%$ . Pero mientras más aserrín se añade la C. R. A disminuye significativamente.

Bracho *et al.*, (2008) encontraron que los valores de C. R. A más bajos se presentaron en la cascarilla de arroz y el pergamino de café ( $< 20\%$ ); no obstante, el pergamino de café molido y cernido mejoró significativamente la C. R. A. El resto de los materiales presentó valores aceptables de C. R. A., que variaron entre el 53,24% y el 69,29%. Las turbas comerciales Promix y Biolan presentaron los valores más altos de C. R. A., mientras que la turba Sogemix presentó valores inferiores. Se determinaron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre ellas.

## V CONCLUSIONES

De acuerdo a los datos obtenidos se concluye lo siguiente:

1. El heno de mota *Tillandsia recurvata*, sirvió como sustrato cuando recibió tres moliendas y asociado con Peat Moss, alcanzando un porcentaje de germinación del 89.17 % de germinación, siendo superado únicamente por el tratamiento testigo que consistió en usar solamente Peat Moss, el cual alcanzo un 91.67 % de germinación. Con lo que se cumple el objetivo y la hipótesis.
2. Los otros tratamientos que incluyeron al heno motita como sustrato resultaron estadísticamente muy inferiores en sus porcentajes de germinación todos ellos con menos del 50%. Esto implica que el heno motita solo funciona como sustrato cuando es suficientemente molido y mejoran sus características físicas y nutricional al asociarlo con Peat Moss.
3. Las características físicas que reporta el análisis de laboratorio revelan que *Tillandsia recurvata*, tiene adecuadas características físicas para ser utilizado como sustrato cuando es asociado con Peat Moss.
4. El uso de *Tillandsia recurvata* como sustrato, además de considerarse efectivo reducirá en forma importante el costo de un sustrato a base de Peat Moss, ya que al asociarlo en partes iguales, disminuirá a la mitad el volumen de Peat Moss.

## VI RECOMENDACIONES

Los resultados del proyecto permiten inferir las siguientes recomendaciones:

1. Probar este sustrato para ver su eficiencia en la germinación de otras especies forestales.
2. Probar la mezcla de heno con otros sustratos comerciales.
3. Valorar este sustrato a base de heno para medir el desarrollo vegetativo de las plantas.

## VII LITERATURA CITADA

- Abad B. M. (1993). Sustratos, inventarios y características. Curso superior de especialización sobre cultivos sin suelo. FIAPA. Almería, España. pp, 65-79.
- Aguilar R. S.; Terraza T.; Aguirre L. E.; Huidobro S., M. E. (2007). Modificaciones de la corteza de *Prosopis laevigata* por el establecimiento de *Tillandsia recurvata*. Boletín de la Sociedad Botánica de México. N 081. D.F., México. pp 27-35.
- Ansorena M. J. (1994). Sustratos, propiedades y caracterización. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Beltrán, L., S.; Gámez, V., H. G.; Banuelas, V., R.; Rincón, D. R. (2009). VI simposio internacional de pastizales: análisis químico proximal de *Tillandsia recurvata* L. para evaluar su potencial como planta forrajera. UANL-ITESM. Nuevo León, México. pp, 17.
- Bracho, J; Pierre, F y Quiroz, A. (2008). Caracterización de componentes de sustratos locales para la producción de plántulas de hortalizas en el estado Lara, Venezuela. *bioagro*. [online]. Ago. 2009, vol.21, no.2. Pp.117-124. Disponible en la [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s1316-33612009000200006&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1316-33612009000200006&lng=es&nrm=iso). issn 1316-3361.
- CEFORA. (1994). Viveros y reforestación en México. *In*: Curso internacional de entrenamiento. 4-22 Junio 1994. Centro de Forestación para las Américas. NMSU. Servicio Forestal de los Estados Unidos. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre en México. México. 120 p.
- Coria A., V. M.; Vázquez C. I. (2008). Estudio de evaluación de efectividad biológica de productos para el control de muérdago enano y muérdago verdadero. Inifap, Uruapan, Michoacán. 26 p.
- CONABIO. (1983). Descripción del pino piñonero (*Pinus cembroides*): folleto técnico. 6 p. [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx).
- CONAFOR. (2008). *Pinus cembroides*: resistentes y dadivoso. Revista electrónica de la Comisión Nacional Forestal. V1 (75). Con información de [www.conafor.gob.mx](http://www.conafor.gob.mx).
- Conzatti, C. (1968). Flora taxonómica mexicana (plantas vasculares). Tomo II Monocotiledoneas Diferenciadas-Superovarias e inferovarias. México, D.F. pp, 83-85.
- Cortina, J., A. Valdecantosa, J. Seva P., y V. Vallejo P. (1997). Relación tamaño supervivencia en plántulas de especies arbustivas y arbóreas mediterráneas producidas en vivero. *In*: Actas II Congreso Forestal Español. pp: 159-164.

- Cuevas R., R. A. (1995). Calidad de la planta. In. Viveros forestales. Pub. esp. 3. Centro de Investigación Disciplinaria en conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. INIFAP. México. D.F. p. 112.
- Chaves G., A. G. (2009). Respuesta de tres especies forestales a la poda mecánica para el control del heno *Tillandsia recurvata*. Tesis profesional. UAAAN. Saltillo, Coahuila. pp. 4-19.
- Díaz S., R. F. (2004). Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero. Memoria de IV Simposio Nacional de Horticultura: Diseño, Manejo y Producción. Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad de Guanajuato. 25 p.
- Duryea, M.L. (1985). Evaluating seedling quality: importance to reforestation. In: Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of major test. M.L. Duryea. (ed.). Forest Research Laboratory. Oregon. USA. pp: 1-4.
- FAO. (1988). Manipulación de las semillas forestales. 289 p. localizado en medio electrónico. [www.fao.org/semillas\\_forestales/libro\\_electronico](http://www.fao.org/semillas_forestales/libro_electronico).
- Fahn, A. (1978). Anatomía vegetal. Editorial Omega. Segunda Edición. Barcelona. pp, 240, 482, 533.
- Fonteno, W.C. (1988). Know your media, the air, water, and container connection. Grower Talks. 51 (11):110-111.
- Flores F, J.D; A. Cruz G; J. L. Nava; L, M. Torres E; A. S. Cortes P; U. Macias H. y G. Rodríguez V. (2005). *Tillandsia recurvata* un fuerte problema de sanidad en los recursos forestales en el sur de Coahuila. Memorias del XII Simposio Nacional de Parasitología Forestal. Morelia, Mich.
- Gaytán M, M. D. (2001). Prueba de germinación de *Pinus cembroides* var. Zucc en ocho sustratos diferentes. Tesis de licenciatura. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila. pp, 12-15.
- Hernández S. E. (2010). Determinación de la dosis optima de Muerdago Killer para el control de *Tillandsia recurvata*, en el ejido Cuauhtémoc, Saltillo, Coahuila. Tesis Profesional. UAAAN. pp. 7-15.
- Landis, T. D., Tinus, R. W., McDonald, S. E., Barnett, J. P. (1994). Nursery Planning Development and managemet. Vol. two. Containers and growing media agriculture hanbook 74. Washington, D. C., U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 87 pp.
- López, H. O. (2007). Desarrollo histórico de las aéreas naturales protegidas en México. Monografía. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 54 p.

- Lombardo, A. (1984). Flora Montevicensis. Tomo III. Monocotiledoneas, Intendencia municipal, de Montevideo. pp, 66.
- Maldonado B., R. K. (2010). Sustratos alternativos para la producción de *Pinus greggii* Engelm. en vivero. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 115p.
- Martínez, M. (1948). Flora del Estado de México. Ed. Gobier. Toluca, México.
- Mateo S., J.J. (2005). Potencial del aserrín como alimento para rumiantes y sustrato para plantas. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 92 p.
- Mesa N. J. (1965). Semilla. Manual para el análisis de su calidad. Ed. Herrera. México, D.F. 22 p.
- Mirov N. T. (1967). The genus Pinus. Ed. The Ronald Press Company. N. Y., USA.
- Mexal, J.G. y T.D. Landis. (1990). Target seedling concepts: height and diameter. *In: Target Seedling Symposium: Proceedings Combined Meeting of the Western Forestry Nursery Associations*. R. Rose, S.J. Campbell, and T.D. Landis (editors.). USDA For. Serv. Oregon. pp: 17-35.
- Páez, G., E. L.; Aguilar, R. S.; Terrazas, T.; Huidobro, S., E. M.; Aguirre, L. E. (2005). Cambios anatómicos en la corteza de *Parkinsonia praecox* (Ruíz et Pavón) Hawkins causados por la epífita *Tillandsia recurvata* L. (Bromeliaceae). Boletín de la Sociedad Botánica de México. (77). pp, 59-64.
- Parviainen, J.V. (1981). Qualidade e avaliação de qualidade de mudas florestais. *In: Seminário de sementes e viveiros florestais*, 1. Curitiba: FUPEF. pp: 59-90.
- Pastor, S., J. N. (2000). Utilización de sustratos en viveros. Use of Growing Mediums in the Nursery Production. Terra. V.17 (3).1999. 232 p.
- Puente, E., M.; Bashan, V. (1993). The desert epiphyte *Tillandsia recurvata* L. harbours the nitrogen-fixing bacterium *Pseudomonas stutzeri*. Baja California Sur, México. pp, 406-408.
- Puñuelas, R., J.; Ocuña B., L. (2000). Cultivo de plantas en contenedor. Segunda Edición. Ediciones Mundi-prensa. España. pp. 36-39.
- Raya, P., J. C.; Aguirre, M., C. L. (2009). Composición elemental de algunas especies de plantas silvestres mexicanas. Redalyc. México. pp, 95-98.
- Ritchie, G.A. (1984). Evaluating seedling quality. *In: M.L. Duryea and T.D. Landis (eds.). Forest Nursery Manual: Production of bareroot seedlings*. The Hague, The Netherlands. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers. pp: 243- 257.

- Rojas, G.M. (2003). La resistencia a la sequía. *Ciencia UANL* 6(3): 326-331.
- Rzendowski, J. E. (1978). *Vegetación de México*. Ed. Limusa. México.
- Sánchez S., O. (1969). *Flora del Valle de México*. Editorial Limusa. México, D.F. pp, 34-37.
- SEMARNAT (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2006). Norma para el aprovechamiento de *Tillandsia recurvata*, en línea. Fecha de consulta: 30 de mayo de 2010. Disponible en: [www.semarnat.gob.mx/pfnm/tillandsiaRecurvata.html](http://www.semarnat.gob.mx/pfnm/tillandsiaRecurvata.html).
- SEMARNAT. (1996). Norma Oficial Mexicana -011- Recnat. Establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento de musgo, heno y doradilla. *Diario Oficial de la Federación*. México. pp, 9.
- SEMARNAT-CONAFOR. (2009). *Manual de Sanidad Forestal*. pp, 26-28. En línea.
- Spomer, L. A. (1975). Small soil container as experimental tools; soil: water relation. *Comm. Soil Sci. Plant. Anal.* 6: 21-26.
- Spomer, L.A. (1985). Techniques for measuring plant water. *Hort Science* 20(6): 1021-1028.
- Toral I., M. (1997). Concepto de la calidad de plantas en viveros forestales. Documento Técnico 1. Programa de Desarrollo Forestal Integral de Jalisco. SEDER. Fundación Chile. Consejo Agropecuario de Jalisco. México. 26 p.
- Tinus, W. R and Stephen, E. M. (1979). How to grown tree seedlings in containers in green house. General technical report R. M. Rocky Mountain Forestry and Ranger Experiment Station Forest Service, USA, Department of Agriculture. USA.
- Valencia D. S. (2009). Seminario (doctorado en ciencias en desarrollo de productos bióticos seminario b2009). Efecto alelopático de la corteza de árboles sobre la germinación de semillas de *T. recurvata* L. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Yautepec, Morelos. pp, 8.
- Venator, C. R y Liegel, L. H. (1985). *Manual para el funcionamiento de viveros mecanizados para raíces desnudas y viveros semimecanizados con recipientes de volumen menor*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Programa Nacional Forestal. Agencia para el desarrollo internacional. Ecuador. 140 p.
- Villar S., P. (2003). Importancia de la calidad de planta en los proyectos de revegetación. Capítulo IV. Asociación Española de Ecología Terrestre. Universidad de Alcalá. Valladolid, España. pp : 66-86.

Villareal, Q., J. A. (1994). Flora vascular de la sierra la paila Coahuila. Boletín Técnico Informativo. 16 (1): 109-123, pp. 110-120.

Willen, P., and R.F Sutton. (1980). Evaluation of stock after planting. New Zealand J. For. Sci. 10(1): 297-299.

## VIII ANEXOS

Cuadro 1A. Programa SAS para el análisis de sustratos en el desarrollo de *Pinus cembroides* Zucc.

---

```

option nodate nonumber ps=140 ls=90;
data germination;
/*ger=germinación de pino; mor=mortalidad de pino; alt=altura; dia=diámetro; lr=longitud raíz*/
/*ph=potencial hidrógeno; ce=conductividad eléctrica; af=ácidos fulvicos; da=densidad aparente*/
/*pt=porosidad total, pa=porosidad de aireación; cra=capacidad de retención de agua*/
input tra$ rep ger mor alt dia lr ph ce af da pt pa cra;
cards;

```

T1	1	13.33	86.67	3.32	1.62	10.82	7.10	0.93	0.13	0.09	58.00	20.00	38.00
T1	2	13.35	86.65	3.72	1.36	9.52	7.11	0.93	0.13	0.09	58.06	20.02	38.04
T1	3	13.33	86.67	3.52	0.15	1.02	7.10	0.93	0.13	0.09	58.00	20.00	38.00
T1	4	13.32	86.68	3.52	0.75	1.02	7.09	0.93	0.13	0.09	57.94	19.98	37.96
T2	1	32.50	67.50	2.00	0.10	1.00	7.40	0.81	0.16	0.10	87.00	38.00	49.00
T2	2	32.53	67.47	2.00	0.10	1.00	7.41	0.81	0.16	0.10	87.09	38.04	49.05
T2	3	32.50	67.50	2.00	0.10	1.00	7.40	0.81	0.16	0.10	87.00	38.00	49.00
T2	4	32.47	67.53	2.00	0.10	1.00	7.39	0.81	0.16	0.10	86.91	37.96	48.95
T3	1	3.33	96.67	0.50	0.05	1.00	7.40	0.84	0.12	0.10	85.00	54.00	31.00
T3	2	3.34	96.66	0.50	0.05	1.00	7.41	0.84	0.12	0.10	85.09	54.05	31.03
T3	3	3.33	96.67	0.50	0.05	1.00	7.40	0.84	0.12	0.10	85.00	54.00	31.00
T3	4	3.33	96.67	0.50	0.05	1.00	7.39	0.84	0.12	0.10	84.92	53.95	30.97
T4	1	55.00	45.00	4.44	1.74	9.20	7.30	0.86	0.18	0.14	85.00	27.00	58.00
T4	2	55.06	44.94	2.22	1.57	4.60	7.31	0.86	0.18	0.14	85.09	27.03	58.06
T4	3	55.00	45.00	4.98	1.36	8.20	7.30	0.86	0.18	0.14	85.00	27.00	58.00
T4	4	54.95	45.05	5.36	1.64	8.98	7.29	0.86	0.18	0.14	84.92	26.97	57.94
T5	1	89.17	10.83	3.64	1.76	8.80	7.20	0.26	0.32	0.14	65.00	4.00	61.00
T5	2	89.26	10.74	6.14	1.42	10.60	7.21	0.26	0.32	0.14	65.07	4.00	61.06
T5	3	89.17	10.83	4.00	1.90	9.34	7.20	0.26	0.32	0.14	65.00	4.00	61.00
T5	4	89.08	10.92	5.30	1.80	8.76	7.19	0.26	0.32	0.14	64.94	4.00	60.94
T6	1	91.67	8.33	4.42	1.52	10.68	7.20	0.28	0.39	0.17	91.00	25.00	66.00
T6	2	91.76	8.24	5.04	1.82	9.80	7.21	0.28	0.39	0.17	91.09	25.03	66.07
T6	3	91.67	8.33	5.74	1.60	8.60	7.20	0.28	0.39	0.17	91.00	25.00	66.00
T6	4	91.58	8.42	4.52	1.84	9.40	7.19	0.28	0.39	0.17	90.91	24.98	65.93

---

```

proc anova; class tra rep;
model ger mor alt dia lr ph ce af da pt pa cra = tra rep;
means tra/tukey;
proc corr;
var ph ger mor alt dia lr; var ce ger mor alt dia lr;
var af ger mor alt dia lr; var da ger mor alt dia lr;
var pt ger mor alt dia lr; var pa ger mor alt dia lr;
var cra ger mor alt dia lr; run;

```

Cuadro 2A. Análisis de varianza (ANVA) para la variable germinación de *Pinus cembroides* Zucc.

FV	gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	F $\alpha$
Tratamiento	5	28347.41	5669.48	6201803	<.0001
Repetición	3	0.0271	0.0090	9.89	0.0008
Error	15	0.0137	0.0009		
Total	23	28347.45			

Cuadro 3A. Análisis de varianza (ANVA) para la variable mortalidad de *Pinus cembroides* Zucc.

FV	gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	F $\alpha$
Tratamiento	5	28347.41	5669.48	6201803	<.0001
Repetición	3	0.0271	0.0090	9.89	0.0008
Error	15	0.0137	0.0009		
Total	23	28347.45			

Cuadro 4A. Análisis de varianza (ANVA) para la variable altura de *Pinus cembroides* Zucc.

FV	gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	F $\alpha$
Tratamiento	5	65.54	13.11	43.08	<.0001
Repetición	3	1.2776	0.4259	1.4	0.2817
Error	15	4.5648	0.3043		
Total	23	71.38			

Cuadro 5A. Análisis de varianza (ANVA) para la variable diámetro de cuello de *Pinus cembroides* Zucc.

FV	gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	F $\alpha$
Tratamiento	5	13.01	2.60	121.07	<.0001
Repetición	3	0.0167	0.0056	0.26	0.8537
Error	15	0.3224	0.0215		
Total	23	13.35			

Cuadro 6A. Análisis de varianza (ANVA) para la variable longitud de raíz de *Pinus cembroides* Zucc.

FV	gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Fα
Tratamiento	5	304.77	60.95	183.02	<.0001
Repetición	3	1.0940	0.3647	1.09	0.3817
Error	15	4.9957	0.3330		
Total	23	310.86			

Anexo 7A. Determinación de algunas de las características físicas de los sustratos a base de *Tillandsia recurvata* y Peat Moss.

**Densidad aparente (Da);** este parámetro puede ser determinado en campo, solamente se requiere un recipiente de volumen conocido, una balanza y se determina

mediante la siguiente ecuación:

$$Da(g/cm^3) = \frac{PSS - Pr}{V}$$

Donde:

PSS= Peso del sustrato seco en el recipiente en g.

Pr= Peso del recipiente vacío en g.

V= Volumen del recipiente en cm<sup>3</sup>.

**Porosidad total (PT);** este parámetro puede ser determinado, se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$PT(\%) = \left(1 - \frac{Da}{Dr}\right) * 100$$

Donde:

Da= Densidad aparente, g/cm<sup>3</sup>.

Dr= Densidad real, g/cm<sup>3</sup>.

Para fines prácticos, si se trata de un sustrato orgánico, la Dr se considera como 1.5 g/cm<sup>3</sup>, y para un material mineral como 2.63 g/cm<sup>3</sup>.