

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



**RESPUESTA DE ESTACAS DE CANDELILLA
(*Euphorbia antisiphilitica* Zucc.) A DIFERENTES
PROMOTORES DEL ENRAIZAMIENTO Y APLICACIÓN
DE RIEGOS**

POR:

PEDRO HERNÁNDEZ OSORIO

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO
DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

MAYO DE 2007

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**Respuesta de Estacas de Candelilla (*Euphorbia
antisyphilitica* Zucc.) a Diferentes Promotores del
Enraizamiento y Aplicación de Riegos**

POR:

PEDRO HERNÁNDEZ OSORIO

TESIS

Que se somete a consideración del comité asesor, como requisito parcial
para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:

M.C. ABEL ROMÁN LÓPEZ

ASESOR:

Ph D. Ma. MAGDALENA VILLA CASTORENA

ASESOR:

Ph D. ERNESTO ALONSO CATALÁN VALENCIA

ASESOR:

M.C. FEDERICO VEGA SOTELO

**M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

MAYO DE 2007

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**TESIS QUE PRESENTA EL C. PEDRO HERNÁNDEZ OSORIO Y QUE SE
SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

APROBADA POR:

**PRESIDENTE DEL
JURADO:**

M.C. ABEL ROMÁN LÓPEZ

VOCAL:

Ph D. Ma. MAGDALENA VILLA CASTORENA

VOCAL:

M.C. FEDERICO VEGA SOTELO

VOCAL SUPLENTE:

Ph D. ERNESTO A. CATALÁN VALENCIA

**M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

MAYO DE 2007

AGRADECIMIENTO ESPECIAL

El presente trabajo de investigación se realizó en su totalidad en las instalaciones del Centro Nacional de investigación Disciplinaria en Relación Agua – Suelo – Planta – Atmósfera (CENID – RASPA), del Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP), en Gómez Palacio, Durango, bajo la dirección y asesoría de la Ph.D. Ma. Magdalena Villa Castorena y forma parte del Proyecto “Técnicas para la Producción de Plántula de Candelilla para Reforestar Áreas Naturales y su Establecimiento en Campo para Cultivo” con clave de Registro 14764 y fue financiado por el Fondo sectorial CONAFOR-CONACYT.

DEDICATORIAS

A mis padres:

Lázaro Hernández Ramírez y Aldegunda Osorio Nolasco. Por su amor, cariño, respeto, comprensión y apoyo incondicional durante toda mi vida, pero sobre todo por ser un gran ejemplo para mí.

A mis hermanos:

Patricia, Faviola, Marcelo, Gregoria, Matilde, Lázaro, Casimiro, José de Jesús, Ignacio. Por el inmenso apoyo que siempre me han brindado.

A mi familia:

A toda mi familia que de alguna u otra manera colaboraron en el desarrollo de mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS: Por estar siempre conmigo y ser mi refugio ante todos mis problemas.

A mi “ALMA TERRA MATER” Por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios profesionales, por abrazarnos en tus aulas durante mi formación profesional y por formar parte de la familia NARRO y ser orgullosamente buitre.

Al Ph D Ma. Magdalena Villa Castorena, por su amistad, apoyo, así como la dedicación en la colaboración, asesoramiento y revisión de esta tesis.

Al M.C. Abel Román López, por su valiosa Colaboración en la revisión de la presente tesis.

Al Ph D. Ernesto Alonso Catalán Valencia, por el asesoramiento para concluir esta tesis.

Al M.C. Federico Vega Sotelo, por su valiosa colaboración y asesoramiento para concluir esta tesis.

Al CENID – RASPA (Centro nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera), por brindarme su apoyo y las herramientas necesarias para la elaboración de esta tesis, en especial a la Biol. Maria de Lourdes González López y Lic. Jaime Valdez Amaya.

A mis maestros: M.C. Carlos Efrén Ramírez Contreras, Ph D. Vicente De Paúl Álvarez Reyna, M.C. Jorge Luís Villalobos Romero, M.C. Ernesto Luna Dávila y todos aquéllos que intervinieron en mi formación académica.

A mis compañeros de generación: Rosibel, Paola, Guillermo, Abraham, Benjamín, Orlando, Argeo Noe, Ildfonso, Ramiro, Marco, Martín, Amin Oscar, por la amistad que me brindaron durarante mi estancia en la universidad.

A mis amigos: Octavio, Guillermo, Abraham, Benjamín, Nelson, Rubén, Emiliano, Neptalí, Cesario, Benito, Humberto, Oscar isai, Luis, Adán, Jesús Antonio, por la amistad que me brindaron.

A todas aquellas personas que por razones de espacio no mencione y que de alguna u otra manera colaboraron en el desarrollo de mis estudios y la realización de esta tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVO.....	2
III. META.....	2
IV. HIPOTESIS.....	2
V. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
5.1. Descripción de la planta.....	3
5.2. Clasificación y descripción botánica.....	3
5.3. Fisiología de la planta.....	6
5.4. Requerimientos edafoclimáticas.....	7
5.5. Ecosistemas asociados con la candelilla.....	9
5.6. Plagas y enfermedades.....	9
5.7. Propagación.....	10
5.8. Importancia del recurso.....	11
5.9. Países productores de candelilla en el mundo.....	12
5.10. Estados productores de la cera de candelilla en México.....	12
5.11. Candelilla en la Comarca Lagunera.....	12
5.12. Recolección de la planta y extracción de la cera.....	13
5.13. Componentes químicos.....	16
5.14. Usos de la cera de candelilla.....	17
5.15. Reguladores de crecimiento.....	19
5.16. Importancia de la humedad del suelo en el crecimiento.....	20
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
6.1. Localización y clima del sitio experimental.....	22
6.2. Factores estudiados.....	22
6.3. Diseño experimental.....	22

	Página
6.4. Procedimiento experimental.....	24
6.4.1. Obtención del material vegetativo.....	24
6.4.2. Preparación del sustrato.....	24
6.4.3. Características físico – químicas del sustrato.....	24
6.4.4. Análisis químico del agua de riego.....	27
6.4.5. Llenado de macetas.....	28
6.4.6. Selección, tratamiento de estacas y plantación.....	28
6.4.7. Riegos.....	28
6.5. Variables evaluadas.....	28
6.6. Análisis de resultados.....	29
VII. RESULTADOS Y DISCUSION.....	30
7.1. Número de riegos y agua aplicada.....	30
7.2. Brotes por estaca.....	30
7.3. Longitud de brotes.....	35
7.4. Longitud total de raíces.....	38
VIII. CONCLUSIONES.....	41
IX. LITERATURA CITADA	42

INDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 5.1	Especies asociadas con la candelilla.....	9
Cuadro 5.2	Composición típica de la cera de candelilla.....	16
Cuadro 5.3	Principales aplicaciones y usos de la cera de candelilla.....	18
Cuadro 6.1	Composición química de los productos comerciales evaluados.....	23
Cuadro 6.2	Tratamientos de humedad del sustrato y promotores de enraizamiento estudiados.....	23
Cuadro 6.3	Principales características físico químicas del sustrato.....	25
Cuadro 6.4	Análisis químico del agua de riego.....	27
Cuadro 7.1	Datos de los tratamientos de humedad.....	30
Cuadro 7.2	Análisis de varianza para el número de brotes por estaca para cada uno de los muestreos.....	31
Cuadro 7.3	Medias del número de brotes por estaca en cada tratamiento de humedad estudiado en el último muestreo.....	32
Cuadro 7.4	Cuadro 7.4. Medias del número de brotes por estaca en cada promotor del enraizamiento en el primer muestreo.....	32
Cuadro 7.5	Cuadro 7.5. Medias del número de brotes por estaca en cada promotor del enraizamiento en el último muestreo.....	33
Cuadro 7.6	Cuadro 7.6. Análisis de varianza para la longitud de brotes por estaca en cada uno de los muestreos.....	35
Cuadro 7.7	Cuadro 7.7. Comparación de medias de la longitud total de brotes en cada muestreo.....	36
Cuadro 7.8	Cuadro 7.8. Medias de la longitud de brotes por estaca en cada tratamiento de humedad en el tercer muestreo.....	37
Cuadro 7.9	Cuadro 7.9. Medias de la longitud de brotes por estaca en cada tratamiento de humedad estudiado en el cuarto muestreo.....	38
Cuadro 7.10	Cuadro 7.10. Análisis de varianza para la variable longitud total de raíces.....	38
Cuadro 7.11	Cuadro 7.11. Medias de la longitud de raíces por estaca en cada promotor del enraizamiento.....	40

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 6.1	Función de retención de humedad del sustrato..... 26
Figura 7.1	Emisión de brotes a través del tiempo en los tratamientos estudiados..... 34
Figura 7.2	Longitud de brotes en cada tratamiento estudiado a través del tiempo..... 39

RESUMEN

En México, la producción de candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc.) representa una importante fuente de ingresos para las comunidades de las zonas semidesérticas consideradas como de extrema pobreza. Sin embargo, existe una sobre explotación de esta especie originando el incremento de las áreas degradadas de este recurso. El objetivo del presente trabajo fue evaluar tres sustancias promotoras del enrizamiento: proroot, algaroot y sin tratamiento, y tres niveles de humedad del sustrato: húmedo, intermedio y seco en el enraizamiento y emisión de nuevos brotes en estacas de candelilla. El estudio se llevó a cabo en un invernadero tipo túnel con cubierta de plástico y ventilación natural del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en la Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (CENID RASPA) del INIFAP. Se usó un diseño experimental de bloques al azar con diez repeticiones y un arreglo de tratamientos factorial 3X3. El material vegetativo se obtuvo del valle de Acatita, municipio de Francisco I. Madero, Coahuila y se utilizó una mezcla de turba (peatmoss) + arena de río como sustrato, con el cual se llenaron bolsas de plástico color negro de 6 L de capacidad. En ellas se plantaron las estacas de tallo que previamente fueron tratadas con las sustancias evaluadas. Durante el desarrollo del cultivo se realizaron cuatro muestreos: a los 29, 45, 61 y 76 días después de la plantación, para evaluar el número y longitud de brotes, longitud de raíces. Los resultados indican que la aplicación de sustancias químicas no promovió una mayor emisión y longitud de brotes, ni una mayor enraizamiento de estacas de candelilla. El efecto de la humedad del sustrato se reflejó en las variables de número y longitud de brotes. El nivel de humedad medio, 80% de abatimiento de humedad, tensión de -2.3 bars y una frecuencia de riegos de cada 11 días, produjo el mayor número de brotes al final del estudio.

I. INTRODUCCIÓN

La candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) es un recurso vegetal nativo de zonas áridas y semiáridas del norte de México, donde el principal factor limitante para el desarrollo de cualquier especie vegetal es la precipitación. Como respuesta adaptativa a las condiciones ambientales extremas de estas zonas, la candelilla produce la cera, que tanta importancia económica tiene para el hombre que vive en comunidades de extrema pobreza cuyos ingresos se complementan con el producto de la recolección de otras especies nativas del desierto como la lechuguilla y el orégano.

También se considera que la candelilla tiene un gran futuro mundial, puesto que es de los llamados “petrocultivos” o cultivos de donde se puede obtener compuestos de hidrocarburo susceptibles de ser convertidos a combustibles (Mehrotra y Ansari, 1992) y de esta manera sería un recurso natural renovable, especialmente en las tierras desérticas donde la producción de otros cultivos es improbable. Diversos estudios señalan que la candelilla es tolerante a la salinidad y a la sequía (Villa, 1992) y tiene buena adaptación a suelos calcáreos y pobres en cuanto a fertilidad (Flores *et al.*, 1994; De la Garza *et al.*, 1992).

Actualmente la candelilla se explota básicamente como un recurso silvestre y su método de recolección consiste en arrancar las plantas con la mano, lo que destruye el cuello de la planta y una parte de las raíces ocasionando la destrucción de los plantíos o la baja regeneración de ellos. De esta forma se tiene una sobreexplotación de la candelilla, implicando el desplazamiento cada vez mayor de los recolectores de esta planta y el aumento de las áreas degradadas de las comunidades vegetales donde crece (De la Garza y Berlanga, 1993; Álvarez y Lorusso, 2004).

La producción de plántulas de candelilla mediante partes vegetativas en condiciones de vivero es una opción para la obtención de plantas vigorosas y sanas que sirvan para la reforestación de zonas degradadas y el establecimiento de esta especie vegetal en áreas de cultivo para estudiar su comportamiento. Sin embargo en la actualidad no existe o no está reportada la investigación sobre las técnicas de producción de plántula de candelilla en vivero.

II. OBJETIVO

Evaluar el uso de sustancias promotoras del enraizamiento y niveles de humedad del sustrato sobre la emisión de raíces y nuevos brotes en estacas de candelilla.

III. META

Obtener plántulas de candelilla por medio de estacas que sean sanas, vigorosas y con buen sistema radicular y puedan ser utilizadas en la reforestación de áreas degradadas.

IV. HIPÓTESIS

Mediante el uso de sustancias promotoras del enraizamiento y un buen manejo de la humedad del sustrato es posible obtener plántulas de candelilla por medio de estacas.

V. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1 Descripción de la planta de candelilla

El nombre común de la planta, "Candelilla", parece provenir de la forma particular de los tallos que son largos, rectos, erectos y recubiertos de cera los cuales presentan la apariencia de pequeñas velas ("candles" en el idioma Inglés). (<http://www.candelilla.org/es/>) Algunas otras versiones indican que la hierba de candelilla se quemaba directamente para iluminación, haciendo las funciones propias de una vela.

Monasterio (1992) señala que la candelilla es una planta perene tuberifera de tallos múltiples, cilíndricos y de ramificación simpodica, de color verde glauco con rangos de altura entre 20 y 80 cm. y con un diámetro de 5 mm. Sus hojas son efímeras, sésiles y pequeñas y crecen en el extremo distal del tallo.

5.2 Clasificación y Descripción Botánica

La candelilla se ha clasificado de la siguiente manera (National Plant Data Center, 2000, La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2007):

Reino: **Plantae**

Subreino: **Tracheobionta**

División: **Magnoliophyta (Angiospermae)**

Clase: **Magnoliopsida (Dicotyledoneae)**

Subclase: **Rosidae**

Orden: **Euphorbiales**

Familia: **Euphorbiaceae**

Género: **Euphorbia**

Especies: **Euphorbia antisyphilitica**

Existen varios autores que hacen la siguiente descripción botánica de la candelilla (Chapa, 1959; De la Cruz, 1958; Robles ,1985; Maldonado, 1979: Ortega, 1981):

Raíz

Presenta una raíz principal de la cual dependen gran cantidad de raicillas adventicias, presentando un aspecto de cabellera (en la planta adulta), estas son muy delgadas y largas nacen por grupos en diferentes partes del rizoma; ocasionalmente nacen aislados y se ramifican poco después de su nacimiento. Poseen tallos cilíndricos aéreos y subterráneos, la raíz es pivotante y nabiforme.

Tallos

Los tallos son aéreos y subterráneos, presentan a simple vista el aspecto de una vara de color verde glauco debido a que esta cubierto de una capa de cera y de tramo en tramo se aprecia nudosidades. Su ramificación es simpódica. Los renuevos son de color verde pálido, aunque en algunos tramos presenta tintes rojizos.

Los tallos forman macollos y su desarrollo varia de 20 a 80 cm. de altura, en ellos se localizan los poros ceríferos. La planta posee un tallo subterráneo principal, grueso y de color café más oscuro que el resto, del que nacen tallos más delgados que se dirigen hacia arriba y emergen a la superficie de la tierra. El tallo principal es un rizoma, solo que no toma necesariamente la posición horizontal característica de los tallos aéreos, si no que puede ser vertical, inclinado u horizontal.

Hojas

Las hojas son esparcidas, sésiles y pequeñas, sobrepasando escasamente en su mayoría 1 mm. de longitud y de 1 a 2 mm. de ancho. Las hojas se caen muy pronto y pocas veces son vistas; son lineares, rígidas y recurvadas. Son de color totalmente verde, las que se encuentran en el extremo distal del tallo que por lo general son 2 o 3; el resto de ellas, considerándolas desde la parte superior del tallo a la inferior, presentan un tinte rojizo que comienza en el ápice y continua por los bordes, avanzando hacia el centro del limbo a medida que se trata de hojas más viejas, hasta que finalmente se desprende la hoja. En el caso de los renuevos presentan coloración rojiza, todas sus hojas, inclusive las más jóvenes, son totalmente rojas.

Inflorescencia

La inflorescencia de la candelilla es comúnmente una espiga de cabezuelas. Las flores de ambos sexos se encuentran dentro de una estructura en forma de copa, llamado ciato, conteniendo cada una aproximadamente de 45 a 47 flores masculinas y una femenina en el centro, la cual no siempre se desarrolla. Generalmente cada espiga consta de tres cabezuelas, una de las cuales frecuentemente no alcanza su total desarrollo. En algunos casos la inflorescencia no adopta la disposición de espiga, si no que sobre un mismo punto nacen 2 o 3 ciatos.

Fruto

El fruto es una cápsula trilocular que pende de un largo pedúnculo, el ginóforo. Cuando llega a su madurez toma una coloración café de tonalidad variable. Cuando los óvulos han completado su desarrollo y se transforman en semillas, la cápsula estalla arrojando a estas en torno de la planta.

Semilla

Las semillas son de color café claro, rugoso y con tres o cuatro ángulos. Se ha calculado que un kilogramo de semilla tiene alrededor de 272,000 de las cuales alrededor del 90% son buenas aunque la recolección es muy difícil debido principalmente al tamaño. Robles (1985) menciona que la semilla esta colocada dentro de su lóculo, con la carúncula hacia abajo. Es de color café claro y presenta en su extremo más delgado una estructura de color blanquecino, la carúncula, presentando en su cara interna profundos surcos que dejan entre si laminillas de una sustancia blanquecina, en su borde presenta una escotadura bastante profunda.

Laticíferos

Se encuentra en la región del periciclo, en la endodermis y en la corteza media, así como entre los haces liberianos, siendo más abundantes en la región del periciclo y en los espacios que hay entre dichos haces. Estos laticíferos son de los llamados articulados, anastomados y ramificados. Por su interior circula un látex de color blanco y pegajoso que se coagula con el aire (Ortega, 1981).

5.3 Fisiología de la planta

a) Floración

Esquivel (1979) indica que como también sucede con muchas otras plantas del desierto, los ciclos de floración coinciden con la falta de lluvia. Existen plantas de candelilla que florecen temprano. Esto es debido a que la planta guarda cierta humedad de lluvias anteriores; mientras mayor sea la humedad acumulada más temprano se presenta la floración. La floración femenina no siempre se desarrolla y el ovario abortivo permanece en su sitio, es frecuente también que se desarrolle uno o dos óvulos solamente.

La Universidad de Texas (2004) reporta que la floración de la candelilla coincide con las lluvias de primavera y verano, y que ocurre desde abril hasta agosto.

b) Adaptación a la sequía

La candelilla ha desarrollado dos mecanismos para evitar la pérdida de agua por evaporación, los cuales se resumen en lo siguiente:

- 1) Reducción de la superficie de evaporación por desaparición de las hojas, las que permanecen un corto periodo mientras se desarrolla el segundo mecanismo
- 2) Producción de cera que recubre la epidermis de los tallos y obstruye numerosos estomas. La producción de cera esta en relación inversa a la humedad ambiente o lluvias, es decir, en épocas lluviosas la cantidad de cera producida por la planta disminuye (Roux, 1966; Esquivel, 1979; Louw, and Seely, 1982).

c) Crecimiento

Flores (1941) encontró que el medio de determinar la edad aproximada de la planta, es valiéndose de los crecimientos anuales, medidos como la altura de los tallos. Dichos crecimientos están representados por ligeras estrangulaciones

de color moreno, encontrando que estas, por lo general, anualmente alcanzan una longitud media que varia de 8 a 13 cm.

Andrade (1958) señala que efectuando un corte transversal en el tallo se suspende el crecimiento longitudinal, por desaparecer la yema terminal, desarrollándose una ramificación o bien muriendo la planta.

5.4 Requerimientos edafoclimáticos

La candelilla se desarrolla bajo un clima predominantemente seco, semicálido, con lluvias escasas todo el año, un porcentaje de precipitación invernal del 18%, una temperatura media anual entre 20° y 22° C, resistiendo temperaturas máximas hasta de 47 °C y mínimas de hasta -14 °C una precipitación media anual entre 120 y 200 mm (Maldonado, 1979; Villa, 1992; García, 1993; Zamora *et al.*, 2001).

Esquivel (1979) indica que en las áreas en donde existe la candelilla la temperatura varía de -10 a 48° C, con una media anual de 12 a 18° C. Mientras que García (1939) menciona que la candelilla se desarrolla dentro del clima tipo estepario, el cual se destaca entre las isoyetas 250 y 500 mm, con un estado hidrométrico de 50 a 55 mm y con isotermas extremas de 8 y 44 grados. En algunas regiones se presenta también el clima desértico caliente de tipo sahariano el cual aparece bajo las isoyetas de 250 mm, con una humedad inferior a 50 mm. La temperatura es todavía más extremosa que la de tipo estepario.

Según Flores (1941) la candelilla se desarrolla dentro del clima tipo sahariano en las zonas de los "Bolsones", formados por la parte occidente de Coahuila, oriental de Chihuahua, Norte de Durango y Zacatecas.

Andrade (1958) indica que la zona candelillera está dentro de los climas muy secos, la clasificación de W. Koppen muestra a las zonas candelilleras dentro del clima Bw, Bs. Clima de desierto con vegetación xerófita o carente de vegetación, predominando el primero tipo de clima. Robles (1985) afirma que el clima donde se desarrolla la candelilla es de lo más desfavorable que puede utilizarse para cualquier otro cultivo.

Marroquín *et al.*, (1964) mencionan que los suelos donde se desarrolla la candelilla poseen profundidades que varían de 5 a 50 cm, presentan contenidos de piedras y grava comprendidos entre 15 y 60%. Contenidos de 15 a 60% de arena, 20 a 60% de limo y de 15 a 30% de arcilla, siendo más frecuentes los migajones arenosos, los migajones arcillo – arenosos, los migajones limosos y arcillosos y los suelos francos. El pH varía de 7.4 a 8.4; la materia orgánica y el nitrógeno total en los primeros 20 cm de profundidad varían de 0.9 a 11% y de 0.1 a 0.7% respectivamente.

La NAS (1975), reporta que la candelilla predomina en los suelos arenosos, sin embargo, los suelos calizos y ricos en potasa son los mejores para su desarrollo biológico, pero con su desmerecimiento de su calidad industrial ya que en estos suelos la candelilla desarrolla más follaje y en estas condiciones, es muy pobre el contenido de cera. La candelilla requiere de 100 a 300 mm de precipitación anual, crece entre rocas pendientes arenosas y suelos bien drenados y pobres en humus.

De la Cruz y Medina (1991) mencionan que la candelilla generalmente se localiza en suelos calcáreos, de origen coluvial, de profundidad somera (menor de 25 cm.), de textura franco arenoso, estructura granular, de consistencia friable, con presencia de pedregosidad y rocosidad, y con un pH que fluctúa entre 7.0 y 7.4.

La candelilla no requiere grandes cantidades de agua para su supervivencia. Hablando en términos técnicos, se podría afirmar que la aplicación de riegos en etapas tempranas del desarrollo de la planta podría ser ventajosa pues se promovería el crecimiento vegetativo; sin embargo se retardaría la producción de cera pues bajo condiciones de sequía la candelilla desarrolla una película de cera para evitar en parte la pérdida de agua por transpiración. Sin embargo, al igual que otra especie del desierto ya domesticada, como es el caso del guayule, podría ser posible inducir más crecimiento vegetativo vigoroso los primeros dos años y el tercer año dar castigos de agua para que al llegar el invierno y la sequía, la planta produzca cera en el gran número de tallos producidos (Nieto, 1987).

La planta de candelilla se localiza en alturas que varían desde 450 a 2,400 msnm., predominando en las alturas medias de 700 a 800 msnm. (De la Garza y Berlanga, 1993). Mientras que Marroquín *et al* (1981) citan que la candelilla se localiza en alturas que varían desde 460 a 2400 msnm.

5.5 Ecosistemas asociados con la candelilla

La planta de candelilla crece generalmente con especies de tipo xerófitas, propias de las zonas áridas y aparentemente no forman masas de tamaño considerable (Marroquín et al., 1981). Se asocia con un sin número de plantas entre las que destacan las señaladas en el siguiente Cuadro:

Cuadro 5.1. Especies asociadas con la candelilla.
(Marroquín, 1981; Pérez 1982)

Nombre común	Nombre científico
Lechuguilla	<i>Agave lecheguilla</i>
Guapilla	<i>Agave falcata</i>
Maguey	<i>Agave spp</i>
Guapilla china	<i>Hechita spp.</i>
Gobernadora	<i>Larrea tridentata</i>
Maguey cenizo	<i>Opuntia ecabra</i>
Sangre de drago	<i>jatropha spp</i>
Escalerilla	<i>Viguiera stenoloba</i>
Florencia	<i>Cernua mojasen</i>
Ocotillo	<i>Fouqiersia splendens</i>
Orégano	<i>Lippia spp</i>
Guayule	<i>Partenium argentatum</i>

5.6 Plagas y enfermedades

Existen varios insectos que depositan sus huevecillos en los tallos tiernos de la candelilla, y sus larvas, al penetrar al interior, destruyen la yema terminal de

estos. Esto origina que se formen nudosidades en la planta de los tallos atacados, por lo que estos mueren y no vuelven a retoñar hasta la primavera siguiente (García, 1939).

De la Cruz (1958) afirma que las principales plagas de la candelilla encontradas en el estado de Coahuila son: una escama no identificada perteneciente, posiblemente por sus características, al género *Phenocapsis*, es de color blanco sucio, con la cabeza amarillenta, el insecto adulto es de color tinto y se le encontró en tres fases: huevo, ninfa y adulto. Otra plaga es un díptero de la familia *Cecidomyiidae*, cuya larva es de color blanco cristalino al nacer, cambiando de color anaranjado fuerte a medida que crece, cuando los tallos son atacados por el díptero se forman agallas y acaba con el crecimiento del tallo, pero en la parte de abajo del mismo sale uno nuevo que más tarde llegará a su tamaño normal. También se encontró una araña roja que, aparentemente, es un parásito de las escamas.

Investigadores del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), encontraron larvas de insectos himenópteros de la familia *Cynipidae* en las agallas o cápsulas, estas larvas se relacionan con formaciones de agallas (Espinoza, 1962). En cuanto a enfermedades, describen unos ensanchamientos aplanados y retorcidos en las partes terminales de los tallos de tejidos caulinares, ignorándose la causa de tales formaciones, aunque se tiene la sospecha de que se trata de un virus.

Robles (1985) menciona que se han encontrado varios insectos parasitando las plantas de candelilla, algunos de ellos ovipositan en el interior de sus tallos, ahí se desarrollan las larvas, las cuales algunas veces, llegan a destruir la yema terminal, originando nudosidades con apariencia de una cápsula.

5.7 Propagación

La planta de candelilla puede reproducirse asexualmente, por brotes de sus tallos aéreos y de su tallo subterráneo así como por semilla. (Dávila, 1981; Ortega, 1981; Carlos y de la Vega Román, 1992). La regeneración bajo corte normal tarda de dos a tres años.

De Rafols (1964), menciona que las plantas de candelilla pueden reproducirse tanto por semillas como a partir de rizomas. La reproducción por semillas es más difícil puesto que la recolección de ellas ofrece dificultades debido a que las vainas se rompen cuando están maduras, perdiéndose la semilla. Otra de las formas de reproducción es por medio del tallo subterráneo rizoma el cual consta principalmente de un tallo principal, grueso de color café oscuro del que nacen los tallos más delgados que forman espirales y se ramifican.

Las primeras pruebas de propagación de la candelilla fueron realizadas por Flores (194), quien utilizó plantas completas con raíz que expuso al sol de 10 a 15 días y se plantaron en un suelo removido y con buena humedad durante el verano e invierno. De sus resultados concluyó que se tienen una mortalidad del 10% e indica que la propagación y multiplicación de la candelilla durante el invierno no requiere de una preparación esmerada del suelo, sin embargo en el verano si es necesaria. Dávila (1981) señala que el mejor método para reproducir a la candelilla en campo es por medio de la plantación de 5 tallos a distancias equidistantes de 50 X 50 cm, lo cual produce una regeneración de la planta arriba del 300% después de dos años.

5.8 Importancia del recurso

La cera de candelilla junto con el ixtle de lechuguilla y palma samandoca son la fuente de ingresos de los campesinos de las zonas áridas del noreste de México. El aprovechamiento de la candelilla tiene en la actualidad fuertes repercusiones sociales y económicas. En esta actividad participan alrededor de 20,000 campesinos distribuidos en 229 ejidos de la región candelillera, quienes utilizan métodos de colecta y extracción tradicionales e irracionales, los que son cada vez más ineficientes y destructivos (De la Garza y Berlanga, 1993). La explotación de la candelilla en estado silvestre para la producción de cera se convertiría, desde entonces, en una de las actividades económicas más importantes, en todas aquellas zonas rurales donde crece (Monasterio, 1992; Esparza, 1992).

La comercialización de la candelilla es una actividad que beneficia alrededor de 260 ejidos y 20, 000 campesinos de las zonas áridas de los estados de Coahuila, Chihuahua, Durango y Zacatecas, con una producción anual superior a las 3,000 toneladas de cerote (De la Garza y Berlanga, 1993 y Zamora *et al*, 2001).

5.9 Países productores de candelilla en el mundo

México es el principal y casi único productor de cera de candelilla en el mundo y Coahuila es el estado líder, seguido por Zacatecas, Durango y Chihuahua. La venta de la cera tiene dos vías: las exportaciones que representan alrededor de 80% de la comercialización total y las ventas nacionales con 20% (Valera, 2004; CONAFOR, 2006).. De los países importadores de candelilla destacan Estados Unidos con 36.6% de las ventas totales y principal comprador histórico; en segundo lugar se encuentra Japón con 31.20%, Alemania con 9.25% y el Reino Unido con 8.76%. (<http://www.mexicoforestal.gob.mx/>).

5.10 Estados productores de cera de candelilla en México

Flores *et al* (1994) señalan que la candelilla es una planta nativa de México y del sureste de los Estados Unidos que prospera en los estados de San Luís Potosí, Tamaulipas, Nuevo león, Zacatecas, Chihuahua, Coahuila Y Durango. Las mayores concentraciones de candelilla se encuentran entre los meridianos 102° y 103° (después del Rió Bravo hasta el paralelo 24°) y es el estado de Coahuila el que tiene las mejores poblaciones.

Además se encuentra en reservas en otros estados de la República como: San Luís Potosí, Tamaulipas, Jalisco, Sonora, Baja California, Puebla, Oaxaca e Hidalgo; pero no ha sido explotada debido principalmente al bajo porcentaje de cera que contiene la planta (Beltrán, 1964; Robles, 1985).

5.11 Candelilla en la Comarca Lagunera

En la Comarca Lagunera los municipios donde se ubican los ejidos candelilleros más constantes en la producción de cerote son, por orden de

importancia: San Pedro de las Colonias, Viesca y Francisco I. Madero en el estado de Coahuila y Tlahualilo, San Juan de Guadalupe, Simón Bolívar y Nazas del estado de Durango (Cervantes, 1988; Monasterio, 1992).

En la Laguna la producción promedio de cerote en los últimos años ha sido de 259 T por año. De dicha producción, el 85% la aportan los 40 ejidos que participan más en esta actividad, en los municipios antes mencionados. Los altibajos en la producción de cerote obedecen a que el proceso de recolección de la planta y su transformación a cerote es un trabajo agotador que requiere una alta participación de mano de obra. Se obtiene aproximadamente 4 Kg. de cerote por jornal, por lo tanto, el campesino busca otras actividades que requieren menos esfuerzo y que sean más remunerativas económicamente, realizando el aprovechamiento de la candelilla como una actividad complementaria a la agricultura o a la ganadería, o bien cuando no tiene otra alternativa de ingresos económicos. Así se ha observado que cuando el año agrícola es malo se incrementa la producción de cerote (Monasterio, 1992).

En el Estado de Coahuila la actividad de aprovechamiento de los recursos naturales se realiza en una superficie de 380,290 ha y en el estado de Durango 532,750 ha (Anónimo, 1991).

5.12 Recolección de la planta y extracción de la cera

Campos y Chávez (1981) mencionan que la explotación comercial de la cera de candelilla se inició a partir de 1900, cuando se empezó a estructurar un sistema de explotación y de transformación de esta planta que con el tiempo se convertiría en una de las actividades económicas más características en el desierto Chihuahense. Diversos grupos, especialmente algunos foráneos, se encargaron de explotarla, y de iniciar su introducción en el mercado mundial, particularmente en Estados Unidos, cuya demanda se incrementó durante la Primera Guerra Mundial. En la década de los 20 y 30 la explotación de la candelilla se consolidó, pasando a manos de grupos nacionales. La demanda vuelve nuevamente a incrementarse durante la Segunda Guerra Mundial.

Espinoza (1962) menciona que la recolección de candelilla se efectúa en la época de sequía, específicamente de octubre a junio; mientras que, García (1939) señala que la recolección se realiza en los meses invernales. Los campesinos recolectores de candelilla tienen que recorrer de 35 a 150 km para llegar al área de recolección (Maldonado, 1979) y recolectan generalmente las plantas adultas arrancándola con las manos, después proceden a sacudir la raíz para eliminar la tierra e impurezas, para esto utilizan una pechera de piel que los protege del líquido lechoso que libera la planta, una vez arrancada del suelo (Nieto 1987).

Se recomienda almacenar la hierba de candelilla por un periodo de 20 a 30 días, en los cuales se pierde alrededor de un 10% de la humedad de la planta, con esto se tiene un mayor beneficio pues se incrementa la extracción de la cera de la hierba en un 30%. Cuando se extrae la cera de una planta verde se logra un 2.5% de cera, después de 30 días de almacenamiento este porcentaje se incrementa hasta 3.4% (De la Garza y Berlanga, 1993).

El proceso tradicional para extraer la cera consiste en utilizar un recipiente rectangular llamado paila de aproximadamente un metro cúbico de capacidad, donde se colocan alrededor de 250 kg de hierba bien comprimida y agua suficiente hasta cubrir el volumen de hierba depositada, aproximadamente 35 litros por cada 100 kg de hierba. La paila se calienta en su base mediante un horno rústico socavado en la tierra, el cual es alimentado con varas secas de candelilla, de extracciones previas. Cuando el agua hierve se le agrega ácido sulfúrico, generalmente de 5 a 8% sobre la base del peso de la planta. La cera se desprende de la planta y flota en forma de espuma, la cual se saca con una cuchara llamada cuchara espumadora; se vierte en otro recipiente llamado tanque espumador en el cual solidifica el cerote a la temperatura ambiental (De la Garza y Berlanga, 1993; CONAFOR, 2006).

El proceso anterior es llamado pailada y dura aproximadamente 30 minutos. El producto así obtenido contiene una gran cantidad de impureza, por lo que se junta el producto de varias pailadas realizadas durante el día, colocándolo al final de la jornada en un recipiente llamado cortador en el cual se calienta nuevamente el cerote y se le agregan 80 ml de ácido sulfúrico diluido para que

posteriormente al enfriarse queden las impurezas en el fondo del recipiente, mismas que son fácilmente separadas del cerote, el cual es posteriormente quebrado y colocado en costales para su venta (De la Garza y Berlanga, 1993; CONAFOR, 2006).

Con este sistema tradicional, por cada tonelada de cera de candelilla que se obtiene en nuestro país, se pierden otras dos toneladas de cera que se quedan en los residuos de hierba cosechada. Esto nos muestra la necesidad que existe de perfeccionar el sistema de manera que los campesinos tengan acceso a la extracción de cera en forma tecnificada en las diversas áreas candelilleras de la región (Ortega, 1981; Pruneda, 1985).

Existen métodos de extracción mediante el uso de solventes que permiten obtener casi el total del contenido de cera de la planta, teniéndose el inconveniente de que se requieren instalaciones fijas de gran capacidad, lo cual hace incosteable la producción a los precios actuales de la cera, debido a lo costoso del transporte del material vegetal hasta el sitio donde estuviera colocada la planta extractora. (De la Garza y Berlanga, 1993; <http://www.candelilla.org/es/> - 14k -) Existen varios factores que afectan a los volúmenes de producción de la cera de candelilla, así como a los indicadores de rendimiento en la extracción y calidad final de la cera, entre ellos:

- La época del año.
- Las condiciones climáticas.
- La incidencia de lluvias.
- La composición del suelo.
- La frecuencia de explotación.
- La altura de la zona.
- Los procesos de recolección, extracción y refinación.

Los contenidos reales de cera en las plantas de candelilla son de entre 9 y 12% en relación al peso de las mismas, sin embargo debido a los métodos tan rudimentarios empleados para la extracción, en la actualidad solo se extrae en promedio un 2.5% en relación al peso de las mismas de cera. En función de la

época de cosecha, ecotipo y edad de los individuos y cantidad de humedad de la planta, así como el clima y suelo de la región, la cantidad de cera varía del 1 al 4%. Los más altos rendimientos se encuentran durante la época seca, de mayor estrés hídrico (Campos y Chávez, 1981; Pérez *et al.*, 1982).

5.13 Componentes Químicos

Nieto (1987) señala que la cera de candelilla es sólida, amorfa, de color café amarillento, es soluble en disolventes orgánicos como: acetona, cloroformo, éter caliente de petróleo, gasolina y tetralina. La solubilidad de la cera es reducida en alcohol absoluto, en cambio, una mezcla de alcohol-bencina (2-3%) es un disolvente excelente.

El hecho de que los componentes de resina de la cera de candelilla sean más solubles en alcohol, que la propia cera hace del alcohol un valioso disolvente para la purificación.

La mayoría de los constituyentes de la cera de candelilla son componentes naturales que se encuentran en los vegetales y en las frutas. Su composición química (Cuadro 5.2) se caracteriza por un alto contenido de hidrocarburos (alrededor del 50%) y una cantidad relativamente baja de ésteres volátiles. Su contenido de resina puede llegar hasta 40% en peso, lo cual contribuye a su consistencia pegajosa (<http://www.candelilla.org/es/>).

Cuadro 5.2. Composición típica de la cera de candelilla

(% Peso)	Cruda	Refinada
Hidrocarburos	46	57
Alcoholes libres	13	14
Ácidos libres	7	7
Ésteres simples	2	21
Ésteres hidroxilados	8	8
Ésteres ácidos	10	0
Diésteres	9	0

Para la mayoría de las aplicaciones que utilizan cera de candelilla es recomendable manejar el producto en forma de pastillas, dado que ofrece importantes ventajas con respecto a las demás presentaciones. En términos generales, la cera de candelilla en pastillas requiere menores costos de fabricación, presenta mayores niveles de pureza en productos semirefinados y refinados, permite un control más preciso en la dosificación, así como mayores niveles de eficiencia térmica en el proceso de fusión de la cera.(<http://www.candelilla.org/es/>).

5.14 Usos de la cera de candelilla

La cera de candelilla es ampliamente utilizada en la manufactura de cosméticos que requieren la más alta calidad y colores excesivamente claros y una vez mezclada con otras ceras se le utiliza en la fabricación de grasas para calzado y como abrillantador (García, 1939; Andrade, 1958).

Comercio Exterior (1960) informa que el grado estándar de la cera de la candelilla y por su color ámbar claro, tiene preferencia en el uso para aquellos artículos terminados en donde se requieren colores ligeros.

Si se desea, la cera de candelilla se puede blanquear adaptándola especialmente para las mezclas sin color que se usan en la industria de los cosméticos, como no es tóxica y además tiene un olor ligeramente agradable, se utiliza las pastillas de chicle y dulces, a los cuales les imparte además la correcta resistencia a la temperatura ambiental, sin ser incompatible con los otros ingredientes (<http://www.candelilla.org/es/>).

Se han realizado estudios sobre la comparación del uso de la cera de candelilla y otras ceras comerciales en la protección de frutos contra pérdidas de peso, almacenamiento, deterioro, composición química y propiedades organolépticas. Estos estudios se han llevado a cabo en cultivos como lima, limón, naranja, uvas y manzanas; los resultados indican que la cera de candelilla protege satisfactoriamente los frutos y se recomienda en todas y cada una de las

especies probadas (Lacshminarayana, 1975; Pérez *et al.*, 1982; Hagenmaier, 2000.)

Esquivel (1979) informa que la cera de candelilla tiene una gran diversidad de usos y se basa en sus características de impermeabilización, dureza, punto de fusión y estabilidad a muchos agentes químicos.

La cera de candelilla tiene una magnífica repelencia al agua, por lo que es muy utilizada en la preservación de productos metálicos, maquinaria y armamento; se usa además para recubrir equipos de campaña, lona, etc. Sus propiedades dieléctricas la hacen deseable para utilizarla junto con otras sustancias en forros de hule, cables eléctricos y algunos aparatos de radio; su fluidez en estado líquido le permite aprovecharla en la elaboración de chicles, tiene además muy buenas propiedades lustradoras aplicables a los artículos de piel y muebles (NAS, 1975; Mathus, 1980. Esparza, 2003).

En el siguiente cuadro se resumen los principales usos de la candelilla según SAC-CIQA 1979, citado por Nieto (1987).

Cuadro 5.3 Principales aplicaciones y usos de la cera de candelilla

Principales aplicaciones y usos de la cera de candelilla	
Acabados de piel	Esculturas de cera
Adhesivos	Impermeabilizante de telas
Aislantes eléctricos	Impermeabilizante protector de recipientes
Barnices	Industria dental
Celuloides	Lacre para sellos
Cementos	Lustre para pieles y maderas
Chicles	Papel carbón y cintas para máquina
Cosméticos faciales	Pintura y tintas
Cosméticos para bandas de transmisión	Plásticos
Discos de fonógrafo	Removedor de pinturas
Dulces	Velas
Endurecedor de ceras suaves	

5.15 Reguladores del crecimiento

Los reguladores de crecimiento se definen como compuestos orgánicos diferentes de los nutrientes que en pequeñas concentraciones tienen la habilidad para regular muchos aspectos del crecimiento y desarrollo de las plantas, desde la germinación de la semilla hasta la senescencia y muerte de ellas (Weaver, 1976; Rojas, 1993; Arteca, 1995). Pueden ser naturales, si los produce la planta, o sintéticos si los elabora el hombre.

Hartmann *et al* (2002) mencionan que las fitohormonas son moléculas específicas involucradas en la inducción y regulación del crecimiento y desarrollo. Tienen una gran importancia en la propagación de plantas debido a que no solo son una parte del mecanismo interno que regula la función de la planta, sino que pueden inducir una respuesta específica tal como la inducción de la raíz (Foskett, 1994).

Además de las fitohormonas, algunos químicos, algunos naturales, otros sintéticos muestran efectos hormonales en las plantas y ellos son clasificados como reguladores de crecimiento de las plantas (Hartmann *et al.*, 2002).

Los reguladores de crecimiento, tanto naturales como sintéticos pueden dividirse en cinco grupos, basados en diferencias de sus estructuras y efectos; 1) Auxinas, 2) Giberelinas, 3) Citocininas, 4) Etileno, e 5) Inhibidores de crecimiento. (Muñoz, 1998).

Las auxinas son involucradas en muchas actividades de las plantas incluyendo la emergencia, iniciación de la radícula y de las raíces adventicias, retención de flores y frutos, juventud de follaje y tropismo. (Rojas, 1993). La forma predominante de las auxinas es el ácido indolacético (AIA), sin embargo, hay evidencias que existen otras auxinas indólicas naturales en plantas.

Se ha descubierto que las auxinas sintéticas tienen las mismas funciones que el ácido indolacético en la planta pero no se desintegran tan fácilmente cuando son aplicadas al tejido vegetal. Las auxinas sintéticas más útiles, descubiertas alrededor de 1935, son el ácido indol-3-butírico (AIB) y ácido α -naftalen acético (ANA) (Hartmann *et al.*, 2002). Vidalie (1986), citado por Muñoz

(1998) además señala a los siguientes compuestos: Acido - B – naftoxiacético (A-B-NO), Naftalenacetamida (NAAM), clorofenoxi -a & - propionico (3-CPA: 3), y 2,4, -D: ácido - diclorofenoxiacético.

La estimulación del enraizamiento de estacas se logra primordialmente con auxinas, sobre todo AIB y ANA. También existen compuestos comerciales para este fin con instrucciones en la etiqueta, pero debe recordarse que puede haber diferencias en la respuesta según las especies y variedades (Rojas, 1993).

El ácido indolacético estimula la iniciación de raíces en cortes de tallo; el primer uso práctico de las auxinas se desarrolló a partir de esta demostración. La auxina sintética ANA por lo común es más eficaz que el AIA, al parecer debido a que no es distribuida por la IAA oxidasa u otras enzimas y, por consiguiente, persiste por un mayor tiempo. El ácido indolbutírico (IBA) se utiliza para causar la formación de raíces aun más a menudo que el ANA o cualquier otra auxina. El AIB es activo pese a que se metaboliza con un péptido. Se sugirió que la formación del conjunto almacena al AIB y que después de su liberación gradual mantiene la concentración de esta hormona en un nivel adecuado, especialmente en los estadios finales de la formación de la raíz. (Salisbury, 1991).

El agregar auxinas con frecuencia causa la formación de muchas raíces adventicias en la región inferior de los entrenudos en el tallo, como en las plantas de tomate (Muñoz, 1998). Las raíces adventicias no se restringen a la base de tallos, si no que pueden formarse en la superficie inferior de tallos colocados en posición horizontal y que se mantienen húmedos. Los mayores niveles de auxinas se presentan en la zona de emergencia de la raíz antes de que esta última se desarrolle. En condiciones naturales esta permitirá a los tallos débiles desarrollar raíces adicionales de soporte para completar el sistema de raíces ya existente. (Salisbury, 1991).

5. 16 Importancia de la humedad del suelo en el crecimiento

Cualquier exceso o deficiencia de humedad en el suelo, limita el crecimiento y funcionamiento de la raíz; la inundación del suelo detiene inmediatamente el

crecimiento de la raíz y la inundación prolongada causa deterioro en el sistema radical. (Salter y Gode, 1967; Fick *et al.*, 1988; Steudle, 2000).

Uno de los factores más importantes en la producción de grano y materia seca para los cultivos es el agua por lo que la falta de esta en la zona radicular, provoca en las plantas el desarrollo de tensiones hídricas, que alteran sus funciones normales (Kramer, 1980; Palacios, 1978; Mendoza *et al.*, 2004), lo cual según Kramer (1983) se expresa como un desequilibrio fisiológico.

Slatyer (1967) menciona que son dos los efectos directos sobre el proceso fotosintético que pueden esperarse como consecuencia de un déficit hídrico; por una parte el cierre parcial de los estomas que produce una reducción de la tasa de intercambio de CO₂, lo cual conduce a una disminución de dicho proceso; por otra parte este déficit también afecta los aspectos bioquímicos de mencionado proceso fotosintético. De igual manera Merrill (1981), señala que durante la fotosíntesis la absorción de energía es alta y los estomas deben de estar abiertos para la fijación de CO₂ y trae como consecuencia la perdida inevitable de agua por las hojas; sin embargo la planta tiene un control considerable sobre estas perdidas de agua, pero este control de la transpiración limita la fijación de CO₂ y la producción de materia seca.

Por su parte Norero (1984), señala que la cantidad y oportunidad de agua en el ciclo vegetativo de los cultivos, en interacción con las características hidrodinámicas del suelo y con el enraizamiento vegetal afectan todo el equilibrio hídrico del cultivo. La falta de agua para mantener sin restricciones la transpiración de las plantas es una de las causas más serias y frecuentes del bajo rendimiento de las plantas cultivadas.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Localización y clima del sitio experimental

La presente investigación se llevó a cabo en un invernadero tipo túnel con cubierta de plástico y ventilación natural del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en la Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (CENID RASPA) del INIFAP, localizado en el margen derecho del canal principal Sacramento km 6.5 en Gómez Palacio, Dgo. Este centro se ubica a una latitud 25° 31'57" N, longitud 103°25'57" W y altitud 1123 msnm (Mendoza *et al.*, 2004). De acuerdo a Villa *et al* (2005), la temperatura media anual es de 20.4°C, con temperatura media del mes más frío (enero) de 12.7°C y del mes más caliente (junio) de 26.4°C. La evaporación media anual acumulada es de 2488 mm y la precipitación de 215 mm.

6.2 Factores Estudiados

Se estudiaron tres niveles de humedad del sustrato contrastantes que se programaron mediante intervalos de riego variable: el H1 consistió en regar cada cuatro días, el H2 cada 11 días y el H3 cada 30 días. También se probaron tres productos comerciales promotores del enraizamiento: proroot, algaroot y un testigo sin tratamiento químico. En el Cuadro 6.1 se muestra la composición química de estos productos.

6.3 Diseño experimental

El establecimiento del experimento se hizo en un diseño experimental en bloques al azar con 10 repeticiones y un arreglo de tratamientos factorial 3 x 3. Tres niveles de humedad del sustrato y tres sustancias promotoras del enraizamiento, teniendo un total de nueve tratamientos (Cuadro 6.2) y 90 unidades experimentales; cada unidad experimental consistió de una maceta.

Cuadro 6.1. Composición química de los productos comerciales evaluados

Producto comercial	Componentes	Concentración
PROROOT	Nitrógeno total (N)	11.0 %
	Fósforo aprovechable (P ₂ O ₅)	55.0 %
	Acido Naftalenacético (ANA)	2800 ppm
	Acido Indolbutírico (AIB)	200 ppm
	Acido Fúlvico	2.0 %
	Acondicionadores e inertes	31.7%
ALGAROOT	Acido Naftalenacético (ANA)	2000 ppm
	Acido Indolbutírico (AIB)	1000 ppm
	Acido Indolacético (AIA)	400 ppm
	Fósforo (p)	4.0 %
	Acido fúlvico	1.0 %
	Extractos vegetales como agentes acondicionantes	84.96 %
	Quelatos y diluyentes orgánicos inertes	9.70 %

Cuadro 6.2. Tratamientos de humedad del sustrato y promotores del enraizamiento estudiados

Tratamiento	humedad del sustrato	Promotor del enraizamiento	Nomenclatura
1	H1	Algaroot	H1A
2	H1	Proroot	H1P
3	H1	Sin aplicación	H1S
4	H2	Algaroot	H2A
5	H2	Proroot	H2P
6	H2	Sin aplicación	H2S
7	H3	Algaroot	H3A
8	H3	Proroot	H3P
9	H3	Sin aplicación	H3S

6.4 Procedimiento experimental

6.4.1 Obtención del material vegetativo

Se colectó material vegetativo, plantas completas, del Valle de Acatita, que se localiza a los 26° 30' de latitud norte y los 103° 00' longitud oeste. Este Valle se ubica por la Carretera Finisterre – Química del Rey y abarca cinco ejidos: Charcos de Risa, Tres Manantiales, Felipe Ángeles, Lindavista y Río Aguanaval. Todos pertenecientes al municipio de Francisco I. Madero, Coahuila. El valle se encuentra delimitado por la Sierra de Tlahualilo al oeste, por la Sierra de los Remedios al noroeste y por la Sierra de las Delicias al suroeste. Las plantas se llevaron al sitio experimental y se dejaron en un lugar sombreado por 15 días.

6.4.2 Preparación de sustrato

Se utilizó una mezcla de turba (peatmoss) + arena de río cuyas densidades aparentes fueron 1.45 y 0.2 g cm⁻³, respectivamente. Ambos materiales se mezclaron en una proporción por volumen entre la arena y la turba de 1:1.5 (1 m³ de arena por 1.5 m³ de turba), equivalente a una proporción por masa o peso de 1:0.207 (1 kg de arena por 0.207 kg de turba). Frecuentemente se utilizan como sustratos mezclas de suelo y turba en proporciones volumétricas de 1:1 y 1:2. Aun cuando se sabe que la planta de candelilla se desarrolla bien en suelos arenosos, se decidió combinar arena con turba para incrementar la porosidad del sustrato y en consecuencia, su aireación y capacidad de retención de agua.

6.4.3. Características físico-químicas del sustrato

El Cuadro 6.3 muestran las principales características físico-químicas del sustrato, la mayoría de las cuales se determinaron en el laboratorio de análisis de suelo, agua y tejido vegetal del CENID RASPA.

Cuadro 6.3. Principales características físico químicas del sustrato

Características físicas	
Densidad aparente (g cm^{-3})	0.825
Contenido de humedad a capacidad de campo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	1.050
Contenido de humedad al punto de marchitamiento permanente ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	0.075
Arena (%)	87
Limo (%)	9
Arcilla (%)	4
Características químicas	
pH	5.36
Conductividad eléctrica (CE, dS m^{-1})	0.25
Nitrógeno disponible (N- NO_3 , mg kg^{-1})	66.5
Fósforo disponible (P, mg kg^{-1})	10.0
Potasio disponible (K, mg kg^{-1})	713
Calcio soluble (mg kg^{-1})	1564
Magnesio soluble (mg L^{-1})	62.0
Hierro (Fe, mg kg^{-1})	6.72
Cobre (Cu, mg kg^{-1})	0.28
Zinc (Zn, mg kg^{-1})	3.04
Manganeso (Mn, mg kg^{-1})	3.04
Materia orgánica (%)	5.23
CIC (meq por 100 g)	5.22
Porcentaje de sodio intercambiable (PSI, %)	7.47

La densidad aparente se midió directamente pesando repetidamente un volumen de un litro de sustrato seco. Las constantes de humedad capacidad de campo (CC) y punto de marchitamiento permanente (PMP) se determinaron con base en la función de retención de humedad (Figura 6.1). Sus valores se estimaron como los contenidos de humedad del sustrato correspondientes a las tensiones de humedad (potenciales mátricos) de -0.3 y -15 bars para CC y PMP

respectivamente. La función de retención se determinó mediante la olla y membrana de succión.

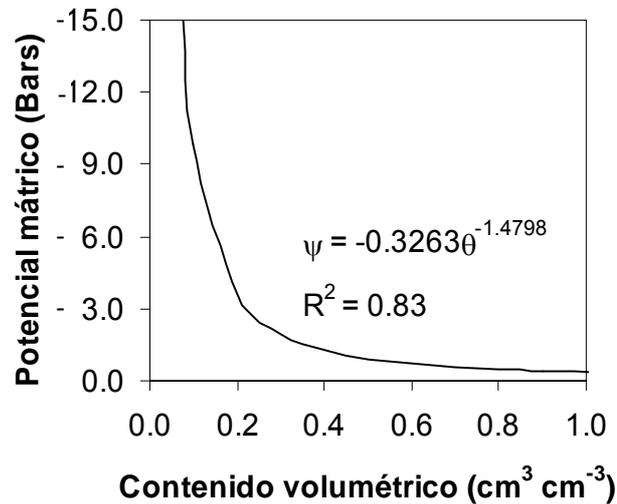


Figura 6.1. Función de retención de humedad del sustrato de textura arenosa mezclada con turba.

La humedad aprovechable total del sustrato, definida por la diferencia entre CC y PMP fue de $0.975 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, o sea, 975 mililitros por litro de sustrato. Aunque el valor de PMP como límite inferior de la humedad aprovechable debe tomarse únicamente como un valor de referencia en este caso debido a que la candelilla tolera potenciales mátricos del agua del suelo mucho menores que -15 bars.

El pH resultó ligeramente ácido, con un valor situado en el límite inferior del rango adecuado de 5.5 a 6.8 sugerido para sustratos por Escudero (1993). El valor de conductividad eléctrica fue un bajo nivel de salinidad ($0.15 - 0.50 \text{ dS m}^{-1}$).

Los contenidos de macro elementos resultaron aceptables para el nitrógeno, óptimo para el fósforo, alto para potasio y calcio, y aceptable para magnesio. Por su parte, los micro elementos resultaron óptimos para el cobre, zinc y manganeso y altos para el hierro (Ansorena, 1994). El contenido de materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico son altos debido a la composición orgánica de la turba. El porcentaje de sodio intercambiable es bajo.

6.4.4 Análisis químico del agua de riego

El agua que se utilizó para los riegos provino de la red de agua potable, sus características químicas se muestran en el Cuadro 6.4. De acuerdo a la conductividad eléctrica (CE) tiene un grado de restricción de uso de leve a moderado (0.7-3.0 dS m⁻¹, Castellanos, 2003), que debe ser usada en suelos con buen drenaje, no presenta exceso de sodio intercambiable y se puede utilizar en el riego de la mayoría de los suelos, con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.

Cuadro 6.4. Análisis químico del agua de riego

Características	Valor
pH	7.95
CE (dS m ⁻¹)	1.09
Ca ⁺⁺ (mg L ⁻¹)	173
Mg ⁺⁺ (mg L ⁻¹)	18
Na ⁺ (mg L ⁻¹)	65
K ⁺ (mg L ⁻¹)	0.39
CO ₃ ⁻⁻ (mg L ⁻¹)	16.8
HCO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	82.3
Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	41.5
SO ₄ ⁻ (mg L ⁻¹)	524.6
SE (me L ⁻¹)	5.30
SP (me L ⁻¹)	6.62
RAS	1.25
PSP (%)	53.24
N-Nitratos (mg L ⁻¹)	5.1
Boro (mg L ⁻¹)	0.01
Clasificación	C3-S1

6.4.5. Llenado de macetas

Con la mezcla de peat moss y arena se llenaron bolsas de plástico negro calibre 600 de 6 L de capacidad; en seguida se les aplicó 3 L de agua con una probeta graduada, con el fin de humedecer el sustrato y se dejaron 24 horas para que drenara el exceso de agua.

6.4.6. Selección, tratamiento de estacas y plantación

Del material vegetativo colectado, se seleccionaron estacas de tallos, aproximadamente de 14 a 18 cm de largo, se trataron con una solución de captán a razón de 1 g L⁻¹ de agua para prevenir enfermedades radiculares. En seguida las estacas se trataron con los promotores del enraizamiento estudiados siguiendo el siguiente procedimiento: se tomaron grupos de aproximadamente 12 estacas y se metieron, en su parte basal, en un recipiente de plástico conteniendo el enraizador correspondiente al tratamiento estudiado por un tiempo de tres minutos y en seguida se plantaron en las bolsas de plástico, se pusieron cuatro estacas en cada bolsa.

6.4.7. Riegos

Después de la plantación se aplicó un riego de 1L por maceta en forma manual y los riegos subsecuentes se hicieron de acuerdo a los tratamientos programados. Las macetas se pesaron antes de cada riego para determinar su contenido de humedad y a partir de estos valores se estimaron las cantidades de agua por aplicar a cada maceta en base a su capacidad para retener la misma.

6.5. Variables evaluadas

Durante el desarrollo del cultivo se realizaron cuatro muestreos: a los 29, 45, 61 y 76 días después de la plantación (ddp), para evaluar el número y longitud de brotes, longitud de raíces. En los primeros tres muestreos se midió únicamente el número y longitud de brotes y se evaluaron en cinco repeticiones tomando al azar una estaca en cada maceta; el último muestreo fue destructivo.

6.6. Análisis de resultados

Las variables evaluadas se analizaron mediante análisis de varianza usando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS, Versión 8.0 (SAS Institute, 1999). Cuando fue necesario se hicieron comparaciones de medias mediante la prueba de Duncan a un $\alpha = 0.05$ para determinar la diferencia entre ellas.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Número de riegos y agua aplicada

El Cuadro 7.1 muestra el número de riegos, la cantidad de agua aplicada, el porcentaje de abatimiento de la humedad así como la tensión de la humedad promedio al momento del riego en cada uno de los tratamientos de humedad evaluados. Se observa que en el tratamiento H3 (seco) la cantidad total de agua fue sólo el 51% y 35% de la aplicada en los tratamientos H2 (medio) y H1 (húmedo), respectivamente. El porcentaje de abatimiento de la humedad del sustrato varió desde el 63 al 100% para los tratamientos estudiados y la tensión de humedad desde -1.0 hasta -17.0 bars, indicando que los niveles de humedad del sustrato estudiados fueron realmente contrastantes.

Cuadro 7.1. Datos de los tratamientos de humedad

Tratamiento De riego	No. de riegos	Cantidad total de agua aplicada (L)	% de abatimiento de la humedad promedio	Tensión de humedad promedio al riego (Bars)
H1	16	13.220	62.6	-1.0
H2	6	9.182	80.2	- 2.3
H3	2	4.697	100.0	- 17.3

7.2 Brotes por estaca

Los efectos de la humedad del sustrato en el número de brotes por estaca fueron significativos ($\alpha = 0.05$) sólo en el último muestreo (Cuadro 7.2). En cambio los efectos de los promotores del enraizamiento fueron significativos ($\alpha = 0.05$) al inicio y al final de los muestreos ($\alpha = 0.01$). La interacción de los dos factores estudiados no fue significativa ($\alpha = 0.05$) en ninguna fecha de muestreo (Cuadro 7.2).

Cuadro 7.2. Análisis de varianza para el número de brotes por estaca para cada uno de los muestreos

No. de muestreo	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	F _c
1	Repetición	4	0.5627	0.1407	0.97 NS
	Humedad	2	0.2088	0.1044	0.72 NS
	Enraizador	2	0.9737	0.4869	3.35 *
	HumXEnraiza	4	0.5045	0.1261	0.87 NS
	Error	32	4.6523	0.1454	
	Total	44	6.9021		
2	Repetición	4	2.0889	0.5222	1.11 NS
	Humedad	2	0.9333	0.4667	0.99 NS
	Enraizador	2	0.1333	0.0667	0.14 NS
	HumXEnraiza	4	0.9333	0.2333	0.49 NS
	Error	32	15.111	0.4722	
	Total	44	19.200		
3	Repetición	4	3.7777	0.9444	2.56 NS
	Humedad	2	1.6444	0.8222	2.23 NS
	Enraizador	2	0.7111	3.5555	0.96 NS
	HumXEnraiza	4	1.1555	0.2889	0.78 NS
	Error	32	11.822		
	Total	44	19.1111		
4	Repetición	4	1.4222	0.3555	0.85 NS
	Humedad	2	3.7333	1.8667	4.47 *
	Enraizador	2	10.1333	5.0667	12.12 **
	HumXEnraiza	4	0.5333	0.1333	0.32 NS
	Error	32	13.3777	0.4180	
	Total	44	29.2000		

* Significativo a un $\alpha = 0.05$, ** altamente significativo a un $\alpha = 0.01$

N.S. No significativo a un $\alpha > 0.05$.

En el último muestreo, el tratamiento intermedio de humedad (H2), donde se regó cada 11 días y se tuvo un abatimiento de la humedad del sustrato del 80%, mostró el mayor número de brotes con respecto al tratamiento húmedo (H1) y seco (H3), los cuales no fueron estadísticamente diferentes de acuerdo a la comparación de medias por medio de la prueba Duncan a un $\alpha = 0.05$ (Cuadro 7.3).

Cuadro 7.3. Medias del número de brotes por estaca en cada tratamiento de humedad estudiado en el último muestreo

Tratamiento de humedad	Media [†]
H1	2.0 b
H2	2.6 a
H3	1.9 b

[†]Medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes (Duncan, $\alpha=0.05$)

Las estacas tratadas con proroot y las que no recibieron ningún tratamiento químico mostraron el mayor número de brotes y no fueron estadísticamente diferentes entre ellas en el primer y último muestreo (cuadros 7.4 y 7.5). En cambio las estacas tratadas con algaroot mostraron significativamente menos brotes que los otros tratamientos, apenas tuvieron un poco más de la mitad de los brotes obtenidos en proroot y sin tratar.

Cuadro 7.4. Medias del número de brotes por estaca en cada promotor del enraizamiento en el primer muestreo

Promotor del enraizamiento	Media
Algaroot	0.42 b
Proroot	0.78 a
Sin aplicación	0.64 ab

[†]Medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes (Duncan, $\alpha=0.05$)

Cuadro 7.5. Medias del número de brotes por estaca en cada promotor del enraizamiento en el último muestreo.

Promotor del enraizamiento	Media
Algaroot	1.5 b
Proroot	2.5 a
Sin aplicación	2.6 a

†Medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes (Duncan, $\alpha=0.05$)

La dinámica de la emisión de brotes a través del tiempo en cada uno de los tratamientos estudiados se muestra en la Figura 7.1. En ella se observa que en el último período evaluado se tiene un mayor incremento en el número de brotes por estaca en los tres tratamientos de humedad estudiados. Se aprecia también que en la humedad intermedia se produjo más brotes por estaca y con el tratamiento seco (H3) el menor. En este último tratamiento la emisión de brotes fue muy lenta hasta los primeros 61 días después de la plantación y sólo durante el último período se tuvo un incremento considerable en el número de brotes, particularmente en los tratamientos con proroot y el testigo (sin tratamiento químico) (Fig. 7.1).

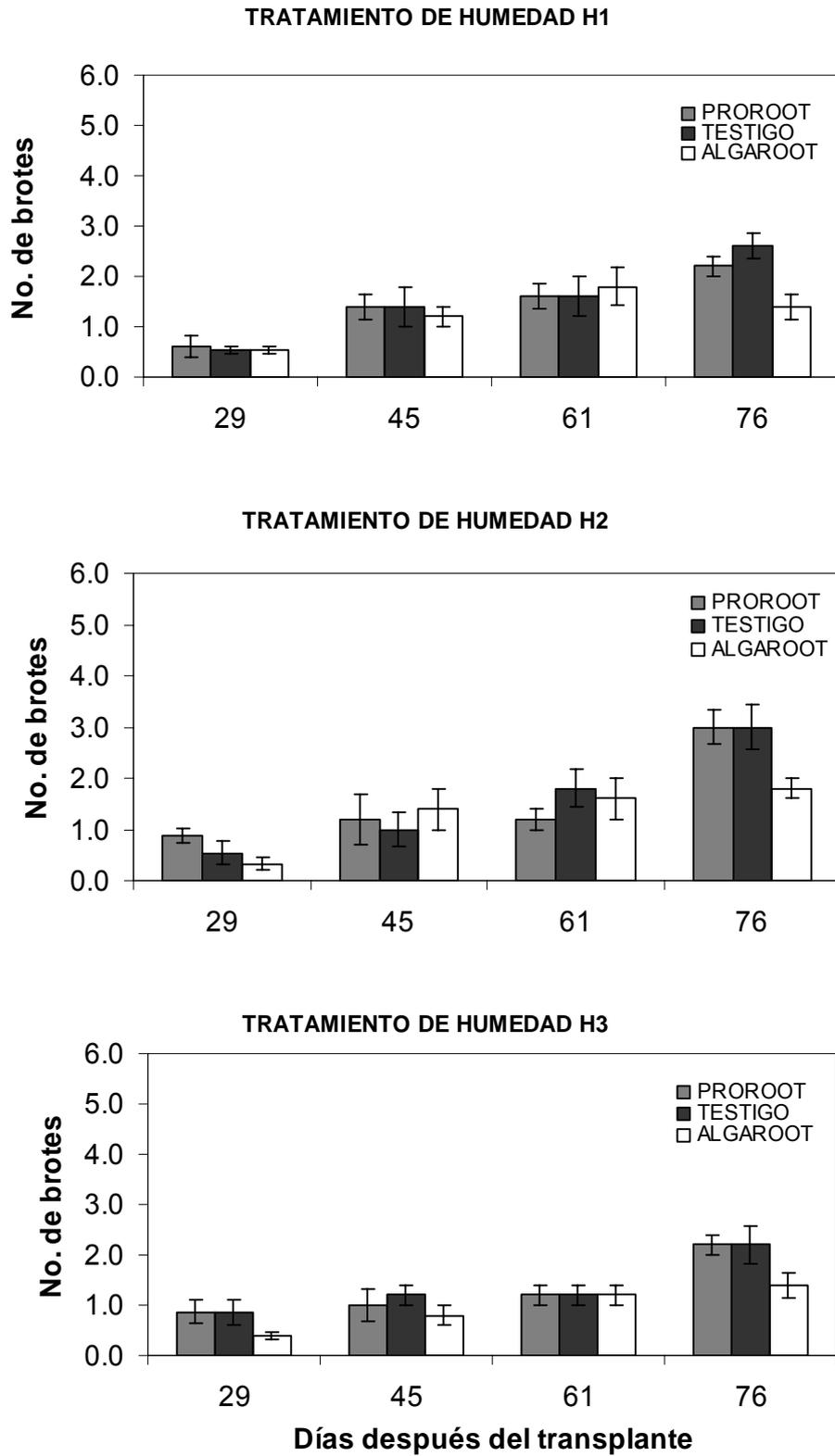


Fig. 7.1. Emisión de brotes a través del tiempo en los tratamientos estudiados.

7.3. Longitud de brotes

El efecto principal de los promotores del enraizamiento en la longitud total de brotes fue significativo en cada uno de los muestreos; en tanto que la humedad del sustrato afectó de manera significativa al crecimiento de brotes sólo en los dos últimos muestreos (Cuadro 7.6). La interacción de los dos factores estudiados no fue significativa durante todo el estudio.

Cuadro 7.6. Análisis de varianza para la longitud de brotes por estaca en cada uno de los muestreos.

No. de muestreo	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F _c
1	Repetición	4	49.046	12.261	2.67 NS
	Humedad	2	22.319	11.159	2.43 NS
	Enraizador	2	44.958	22.479	4.90 **
	HumXEnraiza	4	14.793	3.698	0.81 NS
	Error	32	146.775	4.587	
	Total	44			
2	Repetición	4	69.037	17.259	0.63 NS
	Humedad	2	92.811	46.405	1.68 NS
	Enraizador	2	176.990	88.495	3.21 *
	HumXEnraiza	4	60.958	15.239	0.55 NS
	Error	32	881.883	27.559	
	Total	44			
3	Repetición	4	17.737	4.434	0.19 NS
	Humedad	2	255.766	127.883	5.55 **
	Enraizador	2	159.368	79.684	3.46 *
	HumXEnraiza	4	45.469	11.367	0.49 NS
	Error	32	737.519	23.047	23.047
	Total	44			
4	Repetición	4	572.260	143.065	2.41 NS
	Humedad	2	487.086	243.543	4.10 *
	Enraizador	2	1749.123	874.561	14.74 **
	HumXEnraiza	4	186.962	46.740	0.79 NS
	Error	32			
	Total	44			

* Significativo a un $\alpha = 0.05$, ** altamente significativo a un $\alpha = 0.01$

N.S. No significativo a un $\alpha > 0.05$.

La comparación de medias de la longitud total de brotes indica que las estacas tratadas con proroot y sin aplicación de químicos manifestaron un crecimiento de brotes similar en todos los muestreos y estadísticamente superior que el de las estacas tratadas con algaroot (Cuadro 7.7). La longitud total de brotes de estacas sin tratamiento químico fue desde un 30 hasta un 100% mayor que la de aquéllas tratadas con algaroot durante las fechas de muestreo.

Cuadro 7.7. Comparación de medias de la longitud total de brotes en cada muestreo

No. de muestreo	Promotor del enraizamiento	Media (cm)
1	Algaroot	2.3 b
	Proroot	3.2 ab
	Sin aplicación	4.7 a
2	Algaroot	8.6 b
	Proroot	11.0 ab
	Sin aplicación	13.4 a
3	Algaroot	14.6 b
	Proroot	18.0 a
	Sin aplicación	19.0 a
4	Algaroot	19.4 b
	Proroot	32.3 a
	Sin aplicación	33.0 a

[†]Medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes (Duncan, $\alpha=0.05$)

Durante el tercer muestreo cuando se encontraron efectos significativos de la humedad del sustrato en la longitud de brotes, la comparación de medias indica que el tratamiento más húmedo (H1) fue estadísticamente superior a los otros dos tratamientos de humedad del sustrato (H2 y H3), en los cuales no hubo diferencia

estadística entre ellos (Cuadro 7.8). El tratamiento H1 produjo un 24 y 39% más longitud de brotes que los tratamientos H2 y H3, respectivamente.

Cuadro 7.8. Medias de la longitud de brotes por estaca en cada tratamiento de humedad en el tercer muestreo

Tratamiento de humedad	Media
H1	20.4 a
H2	16.5 b
H3	14.7 b

†Medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes (Duncan, $\alpha=0.05$)

En el cuarto muestreo, el tratamiento intermedio de humedad produjo el mayor crecimiento de los brotes, aunque no fue estadísticamente diferente al del tratamiento húmedo (Cuadro 7.9). El tratamiento seco mostró la menor longitud total de brotes y fue sólo un 75% de la del tratamiento intermedio. Este resultado muestra como aún en especies altamente tolerantes a la sequía, como lo es la candelilla, la humedad del medio de cultivo influye fuertemente en el crecimiento. Se ha reportado ampliamente en la literatura que los déficits de humedad en el suelo afectan primariamente al crecimiento (Kramer, 1983; Schuppler *et al.*, 1998).

La longitud total de los brotes a través del tiempo en cada uno de los tratamientos estudiados se presenta en la Figura 7.2. En ella se observa que la mayor tasa de crecimiento de los brotes se tuvo en el período 61 a los 76 días después de la plantación, especialmente en los tratamientos de prorrot y el testigo sin tratar y en los niveles de humedad alto e intermedio. Hasta los 61 ddp, el comportamiento del crecimiento de los brotes fue similar en los niveles de humedad alto y medio, pero en el último muestreo la humedad media produjo el mayor crecimiento de brotes. En cambio el tratamiento más seco mostró la longitud de brotes menor.

Cuadro 7.9. Medias de la longitud de brotes por estaca en cada tratamiento de humedad estudiado en el cuarto muestreo

Tratamiento de humedad	Media
H1	28.0 ab
H2	32.4 a
H3	24.4 b

†Medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes (Duncan, $\alpha=0.05$)

7.4. Longitud total de raíces

Los efectos principales de las sustancias promotoras del enraizamiento en la longitud total de raíces fueron altamente significativos, en cambio los de la humedad del sustrato y la interacción de los dos factores estudiados no fueron significativos al $\alpha = 0.05$ (Cuadro 7.10).

Cuadro 7.10. Análisis de varianza para la variable longitud total de raíces

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F _c
Repetición	4	779.141	194.785	1.26 NS
Humedad	2	344.100	172.050	1.12 NS
Enraizador	2	4071.868	2035.934	13.22 **
HumXEnraiza	4	794.144	198.536	1.29 NS
Error	32	4929.619		
Total	44	10918.872		

* Significativo a un $\alpha = 0.05$, ** altamente significativo a un $\alpha = 0.01$

N.S. No significativo a un $\alpha > 0.05$.

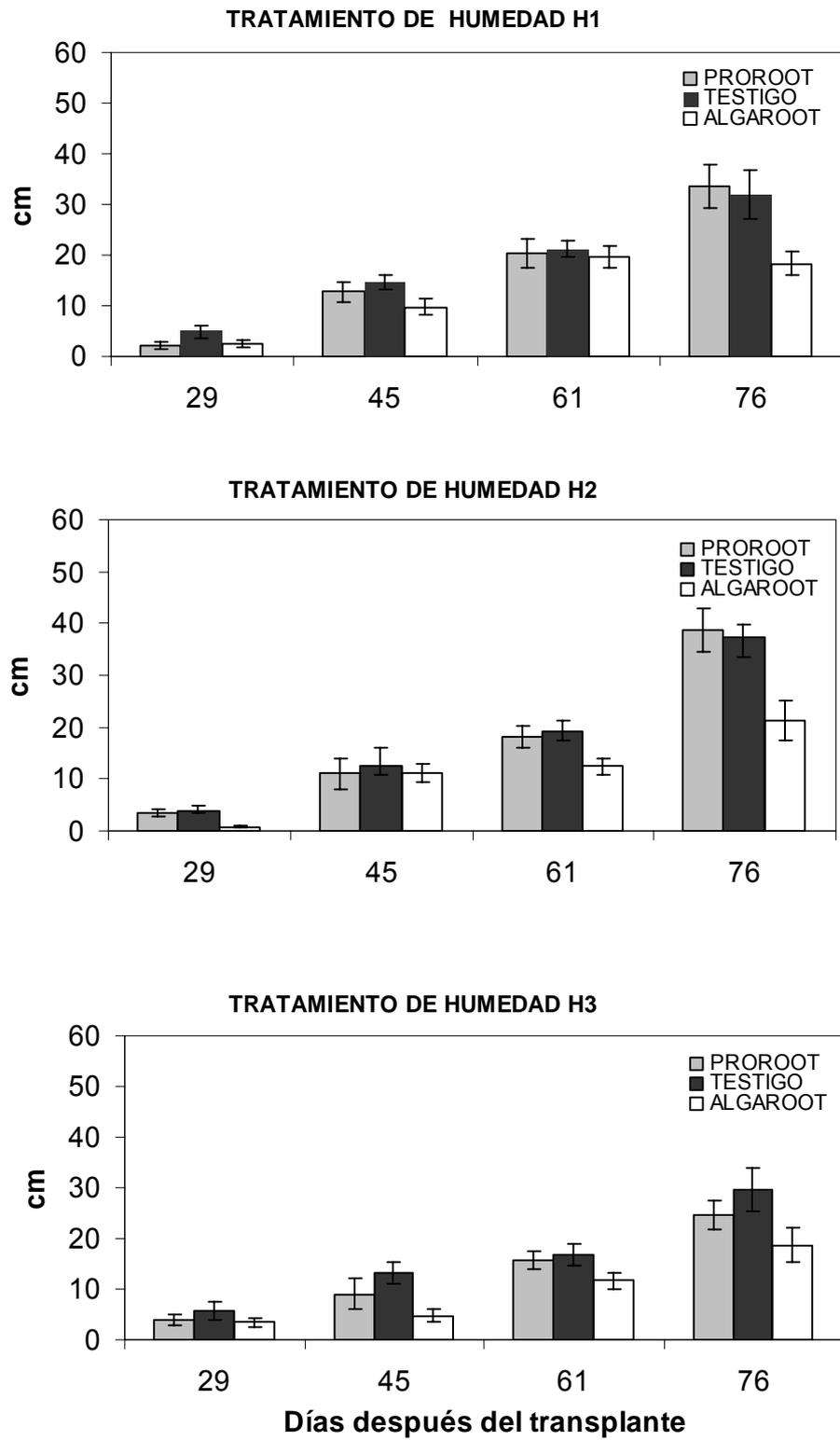


Fig. 7.2. Longitud de brotes en cada tratamiento estudiado a través del tiempo.

Las estacas sin tratamiento químico tuvieron un 53 y 172% más de longitud de raíces que las tratadas con proroot y algaroot, respectivamente (Cuadro 7.11).

Cuadro 7.11. Medias de la longitud de raíces por estaca en cada promotor del enraizamiento

Promotor del enraizamiento	Media
Algaroot	13.5 c
Proroot	23.9 b
Sin aplicación	36.7 a

†Medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes (Duncan, $\alpha=0.05$)

VIII. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados y los objetivos del presente trabajo se concluye lo siguiente:

El efecto de la humedad del sustrato se reflejó en las variables de número y longitud de brotes. El nivel de humedad medio, 80% de abatimiento de humedad, tensión de -2.3 bar y una frecuencia de riegos de cada 11 días, produjo el mayor número de brotes al final del estudio (76 ddp).

El tratamiento más húmedo, 63% de abatimiento de la humedad, -1.0 bar y una frecuencia de riego de cada cuatro días, causó la mayor longitud de brotes hasta los 61 ddp. Después de este tiempo y hasta los 76 ddp este tratamiento y el de la humedad media mostraron un crecimiento de brotes similar.

La aplicación de sustancias químicas no promovieron una mayor emisión y longitud de brotes, ni una mayor enraizamiento de estacas de candelilla, Las tratadas con proroot y las que no fueron tratadas con sustancias químicas mostraron similar número y longitud total de brotes.

El tratamiento sin aplicación de químicos tuvo el valor más alto de la longitud de raíces por estaca.

El tratamiento de estacas con algaroot mostró el menor número y longitud de brotes, y longitud de raíces.

IX. LITERATURA CITADA

- Alvarez R. y N. Lorusso. 2004. La candelilla: Recurso del Desierto Chihuahuense. Revista Probatura N. %. México, D.F.
- Andrade, F. J. 1958. la cera de candelilla en México. Revista Chapingo. ENA. Chapingo, México.
- Anónimo. 1991. Memoria general, estudios técnicos justificados y avisos de acción preliminar para el aprovechamiento de la hierba de candelilla en la Región Lagunera Coahuila-Durango. SARH, SEDUE; FIDEHCAN, RSA Y Asociación Nacional de Uniones de Ejidos Productores de cera de candelilla.
- Ansorena, J. 1994. Sustratos, propiedades y caracterización. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. España. 172 pp.
- Arteca R. N: 1995. Plant growth substances. Principles and applications. Chapman & Hall Editors. New York., U.S.A., 332 p.
- Beltrán, E. 1964. Zonas áridas del centro y noreste de México y el aprovechamiento de sus recursos. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México.
- Campos L. E. y O. Chávez P. 1981. Candelilla. Serie del Desierto. Vol. 5 CIQA. Saltillo, Coah, Méx.
- Castellanos, J. Z. 2003. La calidad del agua. P. 61-73. En J. J. Muñoz-Ramos y J. Z. Castellanos (Eds). Manual de producción hortícola en invernadero. INCAPA. México.
- Cervantes. M. G. 1988. Respuesta de la candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*) a cortes realizados a diferentes alturas en la Comarca Lagunera. Tesis de Licenciatura. UJED. Ejido Venecia, Durango.
- Comercio Exterior. 1960 Informe de comercialización de ceras. México, D.F.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2006. La Candelilla. http://www.conafor.gob.mx/revista_forestal/vol207). Consultado el 23 de septiembre del 2006.
- Chapa, R.M.T 1959. Estudio morfológico de la candelilla. Tesis profesional. ESAAN. Universidad de Coagula. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.

- Dávila, A. H. 1981. Métodos de reproducción de candelilla (*Euphorbia antispyhilitica*). Primera Reunión Nacional sobre Ecología, Manejo y Domesticación de las Plantas Útiles del Desierto, Publicación Especial No. 31, INIF.. México, D.F. pp 346-350.
- De la Cruz, C. J. A. 1958. Contribución al estudio de la candelilla. Tesis profesional. ESAAN. Universidad de Coahuila. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- De la Cruz, C. J. A. y J. G., Medina T. 1991. La candelilla. Folleto informativo. Productividad Rural. Gobierno del Estado de Coahuila. Secretaria de Desarrollo Rural. Saltillo, Coahuila, México.
- De la Garza De La P. F E., C. A. Berlanga. R. y F. J. Tovar V. 1992. Guía para el establecimiento y manejo de plantaciones de candelilla. Folleto Divulgativo No. 2. SARH-INIFAP. Campo experimental" La Sauceda" Saltillo, Coahuila, México.
- De la Garza De La P, F E. y C. A. Berlanga. R. 1993. Metodología para la evaluación y manejo de candelilla en condiciones naturales. Folleto Técnico No.5. SARH-INIFAP. Campo experimental" La Sauceda" Saltillo, Coahuila; México.
- De Rafols, W. 1964. Aprovechamiento industrial de los productos agrícolas. Salvat Editores. Barcelona – Madrid, España
- Escudero J. 1993. Cultivo hidropónico del tomate. En: Curso Superior de Especialización sobre Cultivos sin Suelo. F. Canovas y J.R. Díaz (Eds.). I.E.A./F.I.A.P.A., Almería, España. p. 261-297.
- Esparza M., J. F. 1992. Plantas medicinales en el Ejido "Charcos de Risa", municipio de Francisco I. Madero, Coah. (Estudio Etnobotánico) Tesis de Licenciatura. UAAAN – UL, Torreón, Coah. México.
- Espinoza, M. A.1962. Estudio agronómico y socioeconómico de la candelilla (*Euphorbia Antisyphilitica*) en el Norte de México, Tesis profesional-ITESM Monterrey, N. L. México.
- Esquivel. W. M. 1979. La candelilla (*Euphorbia antispyhilitica Zucc*). Tesis profesional. Facultad de Biología. UANL. Monterrey, Nuevo León, México.

- Fick, G. W., D.A. Holt y D.G Lugg. 1988. Environmental physiology and crop growth. pp 163-195. In alfalfa and alfalfa improvement. Number 29. The Series of Agronomy Madison Wisconsin, USA.
- Flores, C. E. 1941. La candelilla (*Euphorbia cerifera* Alc.). Primer Congreso Forestal. México, D. F.
- Flores, M. J. C., S. A. Ortega, R. y E. Villavicencio R. 1994. El cultivo de la candelilla en la Comarca Lagunera. Folleto para Productores No. 2. INIFAP. Campo Experimental de la Laguna. Matamoros, Coahuila., México.
- Foskett, D. E. 1994. Plant growth and development. Academic Press. San Diego, CA. USA.
- Carlos F y R. De la Vega. 1992. Principales productos forestales no maderables de México. Primera Edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Esparza M., J. F. 1992. Plantas medicinales en el Ejido "Charcos de Risa", Municipio de Francisco I. Madero, Coah. (Estudio Etnobotánico) Tesis de Licenciatura. UAAAN – UL, Torreón, Coah. México
- García, C. M. 1939. Estudio económico – comercial de la candelilla. PAPP. México. D. F.
- García Rodríguez H. U. 1993. Influencia de tres densidades de plantación y dos niveles de fertilización nitrogenada en el crecimiento de la candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc). Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Hagenmaier, R. D. 2000. Evaluation of a polyethylene-candelilla coating for 'Valencia' oranges. Postharvest Biol. Technol. 19 (2): 147-154.
- Hartmann H. T., D. E. Kester, F. T. Davies, Jr. and R. L. Geneve. 2002. Plant propagation. Seventh Edition. Prentice Hall. New Jersey USA.
- <http://www.candelilla.org/es/>
- http://www.mexicoforestal.gob.mx/nuestros_arboles.php?id=21 - 17k –
- Kramer, P. J 1980. Drought stress and the origin of adaptations of plant to water and high temperature stress. Ed. By Turner, M.C y Kramer, P.J. John Willey and Sons, USA.

- Kramer, P. J. 1983. Water Relations of Plant. Academic Press. New York. U.S.A. 489 p.
- Lacshminarayana, S. 1975. Evaluación de Formulaciones de cera de candelilla con limón mexicano. SAG: México.
- La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2007. Sistema integrado de información taxonómica.
http://siit.conabio.gob.mx/pls/itisca/taxastep?king=every&p_action=containing&tax_a=Euphorbia+antisyphilitica&p_format=&p_ifx=itismx&p_lang=es.
- Louw, G. N., and Seely, M. K., 1982. Ecology of desert organisms. Longman eds. 257 p.
- Maldonado A. L. J. 1979. Investigación desarrollada en candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc). INIFAP. Publicación Especial N. 31. México.
- Marroquín J. S, G. Borja, R. Velázquez y J. A. de la Cruz. 1964. Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del norte de México. INIF: México, D. F.
- Marroquín J. S., G. Borja L., R. Velázquez C y J. A. de la Cruz. 1981. Estudio ecológico desanómico de las zonas áridas del norte de México. Publicación especial No. 2. Segunda Edición. INIF. México.
- Mehrotra, N. K. and Ansari, S. R. 1992. Response of micronutrients application to biomass, candelilla wax and biocrude of *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. grown on gomti uplan allubium. Annals of Arid Zone. 31:49-52.
- Mendoza, M.S.F., M. A. Inzunza I., M.M. Villa C., E. A. Catalán V., A. Román L., J. Martínez S., H. Macías R. y C. Potisek T. 2004. Respuesta del chile jalapeño al acolchado plástico y niveles de humedad con riego por goteo (cintilla). En XV Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Dgo. pp:489-494.
- Merrill, K.R.1981. Development of water stress plants. Hortscience. 161: 34-36.
- Monasterio, M. 1992 Informe de consultor sobre los recursos naturales “tradicionales” usados por la población local en la comarca lagunera: una propuesta para un desarrollo sustentable. México,
- Muñoz, V. T. 1998, Respuesta productiva a la aplicación de reguladores de crecimiento en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot.) en Ramos Arizpe,

- Coahuila. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo Coahuila, México.
- National Academy of. Sci. (NAS). 1975. Underexploited tropical plants promising economic value. Washington. D. C. U.S.A.
- National Plant Data Center. 2000. The plants database, <http://plants.usda.gov> NRCS, USDA. Baton Rouge, LA 70874-4490 USA.
- Nieto, R. R. 1987. La candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc.) implicaciones sobre su domesticación y mejoramiento genético. Monografía. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Norero 1984, S.A. 1984. El clima y la producción de cultivos, relaciones físicas básicas. Curso de modelos agronómicos, CIDIAT, Mérida, Venezuela.
- Ortega, R. S. A. 1981. Métodos y épocas de corte en candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc.). INIFAP. Pub. Esp. No. 31. Monterrey, N. L., México.
- Palacios, V. E. 1978 funciones de respuesta de los cultivos a diferentes tensiones de la humedad del suelo. Rama de Riego y Drenaje, C.P., Chapingo, México.
- Pérez, R.L J. Gasto y R. Nava. 1982. Análisis y descripción de ecosistemas naturales de (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc.). Monografía Técnico Científico UAAAN. Saltillo , Coahuila México.
- Pruneda, O. C. 1985. Candelilla: la necesidad de un cambio. Paper presented at a "Symposium on Management and Utilization of Arid Land Plants". Saltillo, Coahuila, México.
- Robles S. R. 1985. Producción de oleaginosas y textiles. Ed. Segunda. Ed. Limusa. México, D. F.
- Rojas, G.M. 1993. Control hormonal del desarrollo de las plantas. Fisiología-Tecnología-Experimentación. Editorial Limusa. México.
- Robles, R.S. Producción de oleaginosas y textiles, editorial limusa, Segunda edición 1985.
- Roux Lopez J, 1966, Estudio morfológico de la epidermis de algunas xerófitas mexicanas. Biol. Abstr. 47 79 pp.
- Salisbury, L.F. B; Clean, W .R. 1991. Fisiología Vegetal. Utah State University. Colorado State University. Editorial Iberoamericana.

- Salter, P.S. y Gode, J.E. 1967. Crop responses to water at different stages of growth. Bucks, England Common Wealt agricultural Bureaw, Farnhan Royal.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1991. Inventario forestal de gran visión. Subsecretaría Forestal y de la Fauna Silvestre. Documento Interno. 145 p.
- SAS Institute Inc. 1999. SAS/STAT User's guide, Version 6. Fourth edition Volume 2.
- Schuppler U., P. He, P John y R. Minns. 1998. Effects of water stress on cell division and cell-division cycle-2-like cell cycle kinase activity in wheta leaves. *Plant Physiol* 117: 667-678.
- Slatyer, R. O. 1967. Plant water relationships. Academic Press London at New York. U.S.A. 257 p.
- Steudle, E. 2000. Water uptake by roots: effects of water deficit. *Journal of Experimental Botany*. 51: 1531-1542.
- The Universidad of Texas at Austin. 2004. From desert plants to dollars: Candelilla, wax making, and wax products.
<http://www.texasbeyondhistory.net/waxcamps/techniques.html>.
- Valera M. R. 2004. Aprovechamiento de la candelilla en el estado de Coahuila. *Revista hiparía de Alejandría* No. 4. saltillo, Coahuila, México.
- Villa C. M, E. A. Catalán V y M. A. Inzunza I. 2005. Análisis de la información climática para usos agrícolas. *Revista AGROFAZ*. 5:717-724.
- Villa, N. M. A. 1992. Comportamiento de la candelilla (*Euphorbia antispyhillitica* Zucc.) bajo diferentes grados de salinidad a un año de transplante. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coah., México.
- Weaver, R.J. 1976 Reguladores de crecimiento en las plantas en la agricultura. Editorial Trillas. México.
- Zamora M, J. M. Torres, L. Zamora. 2001. Análisis de la información sobre productos forestales no madereros en México. Reporte del Proyecto Información y Análisis para el Manejo Forestal Sostenible: Integrando Esfuerzos Nacionales e Internacionales en 13 Países Tropicales en América Latina. FAO. Santiago de Chile. 120 pp.